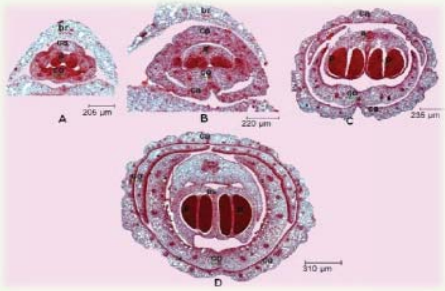
รายงาน
การประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2553



ISBN 978-974-8444-97-0

26–27 พฤษภาคม 2553
ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ
สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ภาคบรรยาย

คำนำ

รายงานเล่มนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อรายงานผลการนำเสนอผลงานทางวิชาการจากที่ประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2553 ในวันที่ 26-27 พฤษภาคม พ.ศ. 2553 ณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ โดยมีเป้าหมายในการนำเสนอความก้าวหน้าด้านการวิจัย ตลอดจนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและความเคลื่อนไหวทางด้านวิชาการทั้งในปัจจุบันและอนาคต เนื้อหาของรายงานประกอบด้วยภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์รวมทั้งสิ้น 126 เรื่อง มีสาขาวิชาต่างๆ ได้แก่ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร และสาขาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ ซึ่งในการประชุมครั้งนี้มีการอภิปรายและเสวนา 4 เรื่อง คือ “*ความมั่นคงด้านอาหาร ความยั่งยืนของเกษตรไทย*” “*ความยั่งยืนของการจัดการศึกษาด้านการเกษตร*” “*ชาวสวนลำไยมืออาชีพทำสวนอย่างไรจึงจะประสบผลสำเร็จ*” และ ”*ความมั่นคงด้านอาหารระดับชุมชน*” ซึ่งทั้ง 2 หัวข้อหลังได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และศูนย์วิจัยและพัฒนาลำไยแม่โจ้

สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตรขอขอบคุณวิทยากร นักวิจัย นักวิชาการและผู้เข้าร่วมประชุม และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่เสียสละเวลาในการตรวจผลงานและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนคณะผู้จัดทำและแหล่งทุนที่ให้การสนับสนุนการประชุมทางวิชาการในครั้งนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวงการวิจัยของไทยและผู้สนใจทั่วไป

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย)
ประธานคณะกรรมการดำเนินงาน
การประชุมทางวิชาการประจำปี 2553

สารบัญ

หน้า

ผลงานทางวิชาการภาคบรรยาย

สาขาเกษตรศาสตร์: พืชศาสตร์ **1-154**

การพัฒนาวิธี Reverse Transcription-PCR เพื่อการตรวจสอบ *Potato virus Y* ในมันฝรั่งที่มีการติดเชื้อ
พิภัทร เจียมพิริยะกุล และอุษณีย์ แสนสบาย 1

ความสามารถในการผสมและการต้านทานโรคแอนแทรคโนสของลูกผสมข้ามชนิดของพริก
นงนุช คูสันเทียะ วรวรรณ ชาลีพรหม และเฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี 9

สัณฐานวิทยา กายวิภาควิทยา และแคริโอไทป์ของผักนางแลว
พิชัย ใจกล้า พรรัตน์ ศิริคำ และฉันทนา สุวรรณธาดา 17

พัฒนาการของดอกของเอื้องกลีบม้วน
อภิชัย ทหารไทย และฉันทนา สุวรรณธาดา 25

Production of Triploid Seedling Progenies from Sweet and Sour Calamondin (x *Citrofortunella mitis* Ingram & Moore) by Chemical Applications
Arbind Mani Tripathi, Sahha Toolapong, Sureeporn Jariangprasert and Settha Siripin 32

Land Use Efficiency Study on Different Types of Intercrop in Young Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) Orchard
Saw Hto Lwe Htoo, Nopadol Jarassamrit, Nipon Jayamangkala Pawin Manochai and Ratana Pothisuwan 44

ผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อการออกดอกและการติดผลสำหรับการผลิตลำไยพันธุ์อีดอนอกฤดูในสภาพพื้นที่ดอน
ณัฐวรรณ ธรรมสุวรรณ์ ธีรนุช เจริญกิจ พาวิน มะโนชัย และอดิศักดิ์ จูมวงษ์ 53

การควบคุมทรงพุ่มลำไยที่ปลูกระยะชิดโดยการตัดแต่งกิ่งและการใช้สารพาโคลบิวทราโซล
เฉลิมชัย แสงอรุณ พาวิน มะโนชัย เสกสันต์ อุสสหตานนท์ มนัส กัมพุกุล และจิรนันท์ เสนานาญ 62

ผลของการตัดแต่ง 4 รูปแบบต่อการผลิใบ การออกดอก ผลผลิต ต้นทุน และผลตอบแทนของลำไยพันธุ์ดอ
จิรนันท์ เสนานาญ พาวิน มะโนชัย วรินทร์ สุทนต์ เสกสันต์ อุสสหตานนท์ และจำนงค์ ศรีจันทร์ 72

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ผลของวัสดุห่อช่อผลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย
จิรนันท์ เสนานาญ ยงยุทธ ข้ามสี่ พาวิน มะโนชัย พิชัย สมบูรณ์วงศ์ และนิคม วงศ์นันตา 84

พันธุ์ข้าวโพดหวานสองสีลูกผสมคุณภาพดี "หวานแม่โจ้ 84"
ประวิตร พุทธานนท์ ศิริชัย อุ่นศรีส่ง สุรินทร์ ดีสีปาน เศรษฐา ศิริพินทุ์ จินดา จันทร์อ่อน และเสกสรร สงจันทึก 94

การอาศัยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) เพื่อตรวจหาสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน
นภดล หอมหวาน เศรษฐา ศิริพินทุ์ ประวิตร พุทธานนท์ และดนุวัต เพ็งอ้น 102

Indentification of Myanmar Landraces Soybean by SSR Marker
Nang Hmwe Hmwe and Pornpan Pooprompan 111

การประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบและการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุลของอายุวันออกดอกในถั่วเหลืองฝักสด
ศุกระกาญจน์ ศรีบุญ และพรพันธ์ ภู่พร้อมพันธุ์ 119

ผลของการต้มต่อสารหอมในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ต่างกัน
เศรษฐา ศิริพินทุ์ สุทธิรักษ์ ผลเจริญ และมัลลิกา จินดาซิงห์ 127

การประเมินการเจริญเติบโต การพัฒนา ศักยภาพการให้ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของงาขี้ม้อนและคาเมลีน่า
วิสิทธิศักดิ์ วโรรส เศรษฐา ศิริพินทุ์ ประวิตร พุทธานนท์ และวราภรณ์ จำปา 136

การระบุชนิดของ Cannabinoids ในเฮมพ์ (*Canabis sativa* L.) พันธุ์ไทย
สุทธิรักษ์ ผลเจริญ เศรษฐา ศิริพินทุ์ ดนุวัต เพ็งอ้น และวีรชัย พุทธวงศ์ 146

สาขาเกษตรศาสตร์: ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม **155-193**

ความหลากชนิดของนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
ประภากร ธาราฉาย 155

ความสัมพันธ์ระหว่างกลูมาลินและอินทรีย์คาร์บอนกับเสถียรภาพเม็ดดินภายใต้การใช้ที่ดินแบบต่าง ๆ
ศุภธิดา อ่ำทอง พงษ์สุดา ศิรินิกร พิทวัส สุสิงสา และนงลักษณ์ เมืองใจ 167

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ผลกระทบของลักษณะกับการขยายตัวของเมืองเชิงพื้นที่ต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ในเขตเมืองเชียงใหม่
มานัส ศรีวณิช 176

การประเมินการสัมผัสสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน ในผู้ขายอาหารปิ้งย่าง เขตกรุงเทพมหานคร
อัญชุลี การดี พรพิมล กองทิพย์ วิทยา อยู่สุข สุทธินันท์ ฉันท์ธนกุล และดุสิต สุจิรารัตน์ 186

สาขาเกษตรศาสตร์: สัตวศาสตร์ **195-257**

ระบบฐานข้อมูลการจัดการฟาร์มโคนม
เพ็ญพิมล นิรานนท์ สุพัตร์ ฟ้ารุ่งสาง ศุภพร ไทยภักดี และศิริภัทรา เหมือนมาลัย 195

ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและปัจจัยที่มีผลต่อความสมบูรณ์พันธุ์ของโคนมลูกผสม โฮลสไตน์ฟรีเซียนในฟาร์มโคนม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อังค์วรา ศรีวิชัย และณัฐพล จงกสิกิจ 203

การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะการให้นมในฟาร์มโคนม ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ภาคภูมิ กิติเงิน และณัฐพล จงกสิกิจ 212

อิทธิพลของเดือนและระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียนต่อองค์ประกอบน้ำนม ของโคนมลูกผสมในอำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่
จิตติกาญจน์ สมพงศ์นวกิจ และณัฐพล จงกสิกิจ 220

ผลการเสริมซาร์ซาโปนินต่อการเจริญเติบโตของโคนมรุ่นเพศเมีย
ทิวาวรรณ ญาณตาล และโชค มิเกล็ด 228

ไขมันและองค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอกของโคลูกผสม บราห์มัน x พื้นเมืองไทย และชาร์โรเลส์ x พื้นเมืองไทย
อำพล วริทธิธรรม คริสเตียน ลัมแบซ ฮานส์-เยอร์เกน ลางโฮล์ซ โวล์ฟกัง บรันชายด์ มิชาเอล วิคเคอ และมัธทีอัส เกาลี 233

การใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวในสูตรอาหารสุกรระยะเจริญเติบโต-ขุน
อภิชัย เมฆบังวัน ปณิตา ศศิภัทรกุล รัตติกาล พันธุ์หลง สุชาติ ปานกล่ำ และอัมธิกา หลวงติ๊บ 241

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ความหนาแน่นที่เหมาะสมของสุกรและคุณภาพปุ๋ยหมักในระบบการเลี้ยงสุกรหลุม
รำไพพรรณ กันยะมูล สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ สมพร ชุนห์ลือชานนท์
และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล 249

สาขาเกษตรศาสตร์: เทคโนโลยีการประมง **259-294**

การศึกษาดัพภวิทยาปลาเลียหิน (*Garra cambodgiensis* Tirant, 1884)
ณัฏฐกานต์ มุกดาจตุรพักตร์ และอภินันท์ สุวรรณรักษ์ 259

สหสัมพันธ์ของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก
องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืช และคุณภาพน้ำที่เลี้ยงในคอกแบบพัฒนา
ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม บัญญัติ มนเทียรอาสน์ นิวุฒิ หวังชัย และจงกล พรมยะ 266

ผลของการใช้มันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิตและระบบภูมิคุ้มกันในกุ้งขาวแวนนาไม
(*Litopenaeus vannamei*)
กมลเนตร ทรงลักษณ์ อุทัย คันโธ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และอรพินท์ จินตสถาพร 278

การมีส่วนร่วมของประมงอาสาที่มีต่องานอนุรักษ์ทรัพยากรประมงในแม่น้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่
เกษตร กันธิยะวงค์ ประจวบ ฉายบุ และชนกันต์ จิตต์มนัส 286

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **295-375**

การพัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอสำหรับความต้านทานโรคไหม้ในข้าวไทย
แสงทอง พงษ์เจริญกิต วราภรณ์ แสงทอง สายนที คำบุญสูง และอภิศักดิ์ หลักฐาน 295

ผลของความเข้มข้นของอะโกรแบคทีเรียมต่อประสิทธิภาพการถ่ายยีนในใบสบู่ดำ
ชมนาด เจนจิตรศิลป์ ช่อทิพา สกูลสิงหาโรจน์ วารุณี เหิมหาญ วราภรณ์ แสงทอง
และนลินี รุ่งเรืองศรี 303

ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของส่วนสกัดจากพืชในวงศ์ขิงข่าต่อ *Staphyllococcus aureus*
สายพันธุ์ที่ดื้อต่อยาและสายพันธุ์ที่ไวต่อยาเมทิซิลลิน
ภาวิณี อุ่นกอง เอกรัฐ ศรีสุข กล่าวขวัญ ศรีสุข และกาญจนา หริ่มเพ็ง 311

การทนต่อกรด เกลือน้ำดี และสภาวะในระบบทางเดินอาหารของเชื้อแลคติคแอสิดแบคทีเรีย
ที่มีถิ่นกำเนิดจากมนุษย์
วิรัชนีย์ แก่นแสนดี สมพร มูลมั่งมี และปริยาภรณ์ อิศรานุวัฒน์ 320

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่สามารถกำจัดสีในน้ำเสียที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบ
สุภาพร แป้นสุวรรณ์ ศิราภรณ์ ชื่นบาล และฐปน ชื่นบาล 328

วิธีการสกัดและสมบัติของน้ำมันมะเยาหิน
อุกฤต สมัครสมาน ณัฐวุฒิ ดุษฎี นิกราน หอมดวง กิตติกร สาสุจิตต์ และอัจฉรา แกล้วกล้า 335

การหาสภาวะที่เหมาะสมโดยวิธีพื้นผิวตอบสนอง สำหรับการย่อยสลายสีย้อมด้วยปฏิกิริยาการเร่งด้วยแสงบน TiO2/GAC ภายใต้การฉายแสงยูวี
สุฌานี หวันตาหลา นุรักษ์ กฤษดานุรักษ์ และปีติ พูนไชยศรี 343

การตรวจวิเคราะห์โคตินินในปัสสาวะด้วยเครื่องไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโตกราฟฟี ไดโอดแอเรย์ดีเทคเตอร์
ธนวรรณ บัวเจริญ พรพิมล กองทิพย์ ประพิน ธารภูผายาม สุทธินันท์ ฉันท์ธนกุล และดุสิต สุจิรารัตน์ 352

1-hydroxypyrene ในปัสสาวะเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพของการสัมผัสสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ในพนักงานเก็บค่าผ่านทางพิเศษ
กรรณิกา ลมูลพักตร์ พรพิมล กองทิพย์ วิทยา อยู่สุข สุทธินันท์ ฉันท์ธนกุล และดุสิต สุจิรารัตน์ 359

วิธีวิเคราะห์สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในอากาศโดยแก๊สโครมาโทกราฟฟีแมสสเปกโตรเมตรี
นภัธ เยาวะบุตร พรพิมล กองทิพย์ วิทยา อยู่สุข สุทธินันท์ ฉันท์ธนกุล และดุสิต สุจิรารัตน์ 367

สาขาวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร **377-523**

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลเสริมใบเตย
ศิริพร พจนการุณ สมชาย จอมดวง และสุกัญญา วงค์พรชัย 377

ผลของอายุเก็บรักษาต่อคุณภาพน้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเรสเตอรอล
ศิริพร พจนการุณ สมชาย จอมดวง และสุกัญญา วงค์พรชัย 389

การย้อมสีและการยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้เหลืองแผ่น
เบญจวรรณ ทานะขันธ์ ธเนศ แก้วกำเนิด กรผกา อรรคนิตย์ และปราณี วราสวัสดิ์ 398

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การปรับปรุงเนื้อสัมผัสเต้าหู้หลอดไข่ไก่โดยใช้เอนโซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนส
พิมพ์พิชญ์ สังข์แป้น วิตรา แดงปรก ฉวีวรรณ พันธ์ไชยศรี และปราณี วราสวัสดิ์ 411

ผลการเติมอินูลินต่อคุณภาพทางกายภาพและสมบัติทางประสาทสัมผัส
ของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ
รวีพร ศรีสำราญ ฉวีวรรณ พันธ์ไชยศรี ธเนศ แก้วกำเนิด และวิจิตรา แดงปรก 421

การเตรียมใยอาหารกลุ่มไม่ละลายน้ำเพื่อใช้ผสมในโยเกิร์ต
ณัฐกานต์ เกียรติเมธา ธารารัตน์ ชือตอฟ สกุณณี บวรสมบัติ และสิทธิสิน บวรสมบัติ 429

การใช้รำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ
ดริญญา มูลชัย 437

พอลิเมอร์นาโนคอมโพสีทระหว่างน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำที่มีหมู่อีพอกซี
กับมอนท์มอริลโลไนท์ที่ปรับปรุงสมบัติเพื่อใช้เป็นพอลิเมอร์อิเล็คโตรไลต์
ฐิตินันท์ รัตนพรหม 445

การพัฒนาเครื่องมือวัดความแข็งแรงของบุคคลโดยใช้ Load Cell และ Digital Display
วรลักษณ์ จันทร์กระจ่าง ภูวนัย ประสมเพชร วรวุธ เพชรไพร และณัฐพงษ์ นนทสิทธิ์ 454

การประยุกต์ใช้เครื่องวัดความขุ่นในการตรวจวัดปริมาณสารแขวนลอย
ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง
อรณิชา ศรีจันทร์ และฉัตรเพชร ยศพล 463

การทดสอบหาประสิทธิภาพของใบกวนผสมปุ๋ยอินทรีย์
นำพร ปัญโญใหญ่ ภาสกร เรือนนาค และนิพนธ์ หย่งกิจ 473

ผลกระทบจากความล้าของตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นแบบสปริงขด
อภิสิทธิ์ ประมูลสาร และพิพัฒน์ ปราโมทย์ 481

สมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหิน
นิกราน หอมดวง ณัฐวุฒิ ดุษฎี อุกฤต สมัครสมาน กิตติกร สาสุจิตต์
และธเนศ ไชยชนะ 489

การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากเตาเผาถ่านแบบเคลื่อนที่ได้
สมิต อินทร์ศิริพงษ์ เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์ และณัฐ จันท์ครบ 499

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การผลิตน้ำมันชีวภาพจากไม้และพลาสติกเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน
ธนศิษฏ์ วงศ์ศิริอำนวย นำพร ปัญโญใหญ่ และเสมอขวัญ ตันติกุล 507

การศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานเพื่อการผลิตเอทานอล (น้ำตาลจากแตงโม)
ระหว่างแบบดั้งเดิมและแบบใหม่: กรณีศึกษาจากโรงงานต้นแบบ
ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่เฉลิมพระเกียรติ
ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี ลักขณา วิกาหะ และอนุกูล จันทร์แก้ว 515

สาขาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ **525-625**

ปัญหาและอุปสรรคของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม กรณีศึกษาพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ
ตำบลเขาย้อย อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี
รัชธิดา พิมพ์จันทร์ มุจลินท์ สิงห์สาครเดชา และพิทักษ์ ศิริวงศ์ 525

มาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทชุมชนเกาะพิทักษ์ อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร
ชลดรงค์ ทองสง และอำนาจ รักษาพล 534

ผลของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวผู้ประกอบการต่อคุณภาพ สัมพันธภาพระหว่างผู้ประกอบการ
กับผู้บริโภคในธุรกิจสปาขนาดกลางและขนาดย่อมในเขตกรุงเทพมหานคร
ปิยะพร ไทยสรวง และสมบัติ ธำรงสินถาวร 543

ผลของการลงทุนของร้านค้าปลีกขนาดกลางและขนาดย่อม ในชุมชน
ต่อความสัมพันธ์ที่ยั่งยืนระหว่างร้านค้าปลีกและผู้บริโภคในจังหวัดชลบุรี
ณัฐิณี แซ่โง้ว และสมบัติ ธำรงสินถาวร 554

ผลของความรู้ของผู้บริโภคและการเป็นที่ยอมรับในสังคมของธุรกิจต่อความไว้วางใจ
ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมธุรกิจผักไฮโดรโปนิกส์ในเขตกรุงเทพมหานคร
จรัสพงษ์ สินศิริพงษ์ และสมบัติ ธำรงสินถาวร 562

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่
สุดารัตน์ อุทธารัตน์ 570

การวิเคราะห์ผลกระทบของโครงการ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์" ที่มีต่อการยกระดับฐานะ
ความเป็นอยู่ของประชาชนในชุมชน
ศรัณยา บุนนาค และสิทธิ์ชัย ลิมาพร 579

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การจัดการนิคมการเกษตรข้าวโพดแบบบูรณาการ
จำเนียร บุญมาก ประเสริฐ จรรยาสุภาพ และพัชรินทร์ สุภาพันธ์ 587

การรับรู้ตนเองของครูสอนภาษาอังกฤษด้านการสอนวัฒนธรรม: กรณีศึกษา
โรงเรียนระดับมัธยมศึกษาในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
แวววรรณ พุทธรักษา สุมิตรา สุรรัตน์เดชา กฤตยา อกนิษฐ์ และสุนิดา ศิวปฐมชัย 596

ความคิดเห็นของนักศึกษาต่อวิชา ศท 344 ภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว 1
กรรณิการ์ กาญจันดา 605

การปรับรื้อระบบการบริหารการคลังภาครัฐสำหรับการสร้างระบบแผนที่
ทางยุทธศาสตร์แบบเมทริกส์
ปณัยกร บุญกอบ 612

ระบบการบริหารจัดการโดยมุ่งผลสัมฤทธิ์: RBM การก้าวเข้าสู่ระบบรายงานผลปฏิบัติการ
แบบเมทริกส์ของกระบวนทัศน์ของระบบงบประมาณแบบแสดงแผนงาน
ปณัยกร บุญกอบ 619

ผลงานทางวิชาการ

ภาคบรรยาย

สาขาเกษตรศาสตร์: พืชศาสตร์

การพัฒนาวิธี Reverse Transcription-PCR เพื่อการตรวจสอบ *Potato virus Y* ในมันฝรั่งที่มีการติดเชื้อ

Development of a Reverse Transcription-PCR Assay for Detecting *Potato virus Y* in Infected Potato Plants

พิภัทร เจียมพิริยะกุล* และอุษณีย์ แสนสบาย

Pipat Chiampiriyakul* and Usanee Sansabai

ภาควิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: pipat@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาการตรวจสอบ *Potato virus Y* (PVY) โดยเทคนิควิธีการ reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) ด้วยคู่ของดีเอ็นเอไพร์เมอร์ที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อไวรัส ซึ่งได้มีการออกแบบในการวิจัยนี้โดยอาศัยลำดับนิวคลีโอไทด์ของไวรัสจากฐานข้อมูลทางพันธุกรรม GenBank คู่ของดีเอ็นเอไพร์เมอร์มีระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมของการเกิด annealing กับดีเอ็นเอแม่แบบ ที่ 64.5 ^{o}ซ ผลการตรวจสอบ PVY จากตัวอย่างเนื้อเยื่อใบของมันฝรั่งที่มีการติดเชื้อไวรัส โดยวิธี RT-PCR แสดงให้เห็นถึงความจำเพาะเจาะจงที่มีต่อ PVY ด้วยการปรากฏแถบดีเอ็นเอขนาด 313 คู่เบส แต่ไม่พบการปรากฏของแถบดีเอ็นเอขนาดดังกล่าว เมื่อตรวจสอบกับตัวอย่างเนื้อเยื่อใบของมันฝรั่งที่มีการติดเชื้อไวรัสชนิดอื่น (PVA, PVS และ PVX) และตัวอย่างเนื้อเยื่อใบของมันฝรั่งปกติ

คำสำคัญ: การตรวจสอบไวรัส มันฝรั่ง โรคไวรัสของมันฝรั่ง

Abstract

The purpose of this research was to develop the detection of *Potato virus Y* by reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) using virus-specific primers. One specific primer pair was designed on aligned PVY sequences available in the GenBank database. The optimum annealing temperature for PVY amplification was 64.5^{o}C. The specificity of the primers was first examined by RT-PCR with a large number of virus-infected potato leaf tissue samples. Only one fragment of 313 base pairs was amplified for PVY but no fragments were amplified with samples infected by other potato viruses (PVA, PVS and PVX), as well as with samples from healthy potato plants.

Keywords: *Potato virus Y*, PVY, detection, RT-PCR, potato

คำนำ

Potato virus Y (PVY) เป็นไวรัสสาเหตุโรคของพืชที่จัดอยู่ในวงค์ Potyviridae ซึ่งมีลักษณะรูปร่างของอนุภาคแบบท่อนยาวคด (filamentous) ขนาดความยาว 740 นาโนเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 นาโนเมตร โดยมีสารพันธุกรรมชนิดอาร์เอ็นเอสายเดี่ยว (ssRNA) อยู่ภายในอนุภาคซึ่งห่อหุ้มไว้ด้วยโปรตีน PVY จัดเป็นไวรัสที่มีความสำคัญเนื่องจากสามารถติดเชื้อก่อโรคและสร้างความเสียหายต่อผลผลิตของพืชเศรษฐกิจหลายชนิดในวงศ์ Solanaceae ได้แก่ มะเขือเทศ พริก ยาสูบ และมันฝรั่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการเป็นสาเหตุและการแพร่ระบาดของโรคสร้างความเสียหายต่อการผลิตทั่วทุกพื้นที่ของโลกที่มีการเพาะปลูกมันฝรั่ง ทั้งในการผลิตมันฝรั่งเพื่อการบริโภคและการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งทางการค้าเพื่อใช้ในการเพาะปลูก ซึ่งส่งผลให้เกิดความสูญเสียของผลผลิตได้ตั้งแต่ร้อยละ 10 จนถึงระดับที่รุนแรงโดยสูญเสียผลผลิตทั้งหมด (Hull, 2002) ทั้งนี้ เนื่องจากไวรัสชนิดนี้มีการถ่ายทอดเชื้อและการแพร่ระบาดของโรคในธรรมชาติได้หลายวิธี ได้แก่ การถ่ายทอดผ่านทางเพลี้ยอ่อนแมลงพาหะ ผ่านทางการสัมผัสหรือวิธีกลอันเนื่องมาจากการปฏิบัติของมนุษย์ อีกทั้งยังสามารถอาศัยอยู่ในหัวมันฝรั่งซึ่งนับเป็นแหล่งที่สำคัญของเชื้อไวรัส ในการติดเชื้อและก่อให้เกิดโรคกับมันฝรั่ง ตลอดจนการแพร่ระบาดในระดับแปลงปลูก

การวินิจฉัยโรคและการตรวจสอบสาเหตุโรคของพืชที่มีประสิทธิภาพซึ่งให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วนับว่ามีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการผลิตพืช เนื่องจากทำให้ทราบถึงสาเหตุของโรคที่แท้จริงและใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการพิจารณากำหนดแนวทางวิธีการในการจัดการหรือควบคุมโรคได้อย่างเหมาะสมและให้ประสิทธิผลในการปฏิบัติ ในขณะที่การวินิจฉัยโรคและการตรวจสอบไวรัสนั้นมักจำเป็นต้องอาศัยเทคนิควิธีการที่มีขั้นตอนปฏิบัติที่ยุ่งยากซับซ้อน (Singh *et al*., 1996) เช่น วิธีการทางเซรุ่มวิทยา วิธีการดีเอ็นเอไฮบริไดเซชั่น หรือวิธีการตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน เป็นต้น

การวินิจฉัยโรคและการตรวจสอบไวรัส โดยอาศัยเทคนิควิธีการระดับโมเลกุลที่เรียกว่า reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) (Nie and Singh, 2000) เป็นปฏิกิริยาการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอเป้าหมายที่มีความจำเพาะในลำดับนิวคลีโอไทด์และขนาดของชิ้นดีเอ็นเอในหลอดทดลอง โดยใช้แม่แบบซึ่งเป็นโมเลกุลดีเอ็นเอที่ได้จากการถอดรหัสแบบย้อนกลับจากโมเลกุลอาร์เอ็นเอสายเดี่ยว ซึ่งเป็นสารพันธุกรรมของไวรัสชนิดนั้นๆ ซึ่งการที่จะสามารถตรวจสอบไวรัสได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนา ในความถูกต้องแม่นยำ ความจำเพาะเจาะจงต่อเป้าหมายและความไวในการตรวจสอบ ตลอดจนสามารถปฏิบัติได้โดยสะดวก ให้ผลการตรวจในเวลาอันรวดเร็ว เพื่อให้ได้วิธีการที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการปฏิบัติเพื่อตรวจสอบไวรัสเป้าหมาย ในการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการตรวจสอบ PVY ในมันฝรั่งโดยอาศัยเทคนิควิธีการของ RT-PCR

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดแยกอาร์เอ็นเอจากใบมันฝรั่ง

บดเนื้อเยื่อใบมันฝรั่งน้ำหนัก 150 มก. ในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้สำหรับการสกัด ปริมาตร 1,500 ไมโครลิตร ซึ่งมีส่วนผสมของ Tris-Cl, ที่ pH 8.0 ความเข้มข้น 150 มิลลิโมลาร์ NaCl ความเข้มข้น 500 มิลลิโมลาร์ EDTA ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ และ SDS ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

จนละเอียด แล้วนำน้ำคั้นบดที่ได้หมุนเหวี่ยงที่ระดับ 10,000 xg เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนน้ำใสแล้วเติมด้วยคลอโรฟอร์มปริมาตร 1 เท่าของน้ำใส ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ระดับ 16,000 xg เป็นเวลา 10 นาที ตกตะกอนจากน้ำใสส่วนบนด้วยการเติมไอโซโพรพานอล ปริมาตร 1 เท่าของน้ำใส (ส่วนบน) โดยเก็บตะกอนที่ได้หลังจากการหมุนเหวี่ยงที่ระดับ 16,000 xg เป็นเวลา 20 นาที แล้วผึ่งให้แห้งในอากาศก่อนละลายตะกอนที่ได้ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ TE ซึ่งมีส่วนผสมของ Tris-Cl, ที่ pH 8.0 ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ และ EDTA ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 200 ไมโครลิตร เพื่อใช้เป็นอาร์เอ็นเอแม่แบบในขั้นตอนต่อไปของการตรวจสอบไวรัส โดยเทคนิควิธีการของปฏิกิริยาการถอดรหัสแบบย้อนกลับ (reverse transcription: RT) และ การเพิ่มปริมาณชิ้น DNA ในหลอดทดลอง โดยเทคนิควิธีการของปฏิกิริยาลูกโซ่ของเอนไซม์ดีเอ็นเอโพลีเมอเรส (polymerase chain reaction: PCR) ตามลำดับ

ปฏิกิริยาการถอดรหัสแบบย้อนกลับ (reverse transcription: RT)

RT เป็นปฏิกิริยาการสังเคราะห์ first – strand cDNA ซึ่งจะนำไปใช้ใน PCR ขั้นตอนต่อไป โดยที่ปฏิกิริยา RT มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ first – stand cDNA ที่ 42°ซ เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้ oligo $(dT)_{24}$ เป็น DNA primer (reverse) ซึ่งส่วนผสมของสารละลายของปฏิกิริยา มีดังนี้ อาร์เอ็นเอแม่แบบ (template RNA: total RNA) ปริมาณ 0.1-1.0 ไมโครกรัม ดีเอ็นเอไพร์เมอร์ (poly $(dT)_{24}$ primer) ปริมาณ 100 พิโคโมล สารละลายบัฟเฟอร์ (ความเข้มข้น 5 เท่า) ปริมาตร 4 ไมโครลิตร สารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ RNase ปริมาณ 20 หน่วย สารละลายผสมรวมของดีอ๊อกซีนิวคลีโอไทด์ไตรฟอสเฟต (ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ของ A, G, C และ T แต่ละเบส) ปริมาตร 2 ไมโครลิตร เอนไซม์ M-MuLV reverse transcriptase ปริมาณ 200 หน่วย และปรับปริมาตรของสารละลายด้วยน้ำให้ได้ปริมาตรสุทธิ 20 ไมโครลิตร

ปฏิกิริยาลูกโซ่ของเอนไซม์ดีเอ็นเอโพลีเมอเรส (polymerase chain reaction: PCR)

PCR เป็นปฏิกิริยาที่สามารถเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอบริเวณที่ต้องการในหลอดทดลอง โดยใช้ cDNA ที่สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยา RT ซึ่งได้อธิบายไว้ข้างต้นเป็นแม่แบบดีเอ็นเอ ความจำเพาะเจาะจงในชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่มีการเพิ่มปริมาณในปฏิกิริยา ได้จากการกำหนดและออกแบบลำดับเบสในความยาวที่ต้องการของแต่ละเส้นของคู่ดีเอ็นเอไพร์เมอร์ ให้มีความจำเพาะต่อลำดับเบสบนดีเอ็นเอแม่แบบ โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ DNA polymerase ภายใต้สภาพการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นรอบ ซึ่งหมุนเวียนตามระดับอุณหภูมิเป็นลำดับในแต่ละรอบ ซึ่งประกอบด้วย ระดับอุณหภูมิที่ 94°ซ เป็นเวลา 60 วินาที ระดับอุณหภูมิที่ 55-68°ซ เป็นเวลา 60 วินาที และ ระดับอุณหภูมิที่ 72°ซ เป็นเวลา 60 วินาที ตามลำดับ เป็นจำนวน 35 รอบ โดยที่ก่อนและหลังสภาพการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นรอบจำนวน 35 รอบนี้ มีการปรับระดับอุณหภูมิที่ 94°ซ เป็นเวลา 2 นาที และระดับอุณหภูมิที่ 72°ซ เป็นเวลา 5 นาที ตามลำดับ

ส่วนผสมของสารละลายของปฏิกิริยา มีดังนี้ ดีเอ็นเอแม่แบบ (cDNA) ปริมาตร 2 ไมโครลิตร สารละลายผสมรวมของดีอ๊อกซีนิวคลีโอไทด์ไตรฟอสเฟต (ความเข้มข้น 2.5 มิลลิโมลาร์ ของ A, G, C และ T แต่ละเบส) ปริมาตร 4 ไมโครลิตร สารละลายบัฟเฟอร์ (ความเข้มข้น 10 เท่า) ปริมาตร 5 ไมโครลิตร เอนไซม์ *Taq* DNA polymerase ปริมาณ 0.25 หน่วย ดีเอ็นเอไพร์เมอร์ สำหรับเริ่มต้นการจำลองชิ้นส่วนดีเอ็นเอในทิศทางไปข้างหน้าและย้อนกลับที่ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 2 ไมโครลิตรของแต่ละไพร์เมอร์ และปรับปริมาตรของสารละลายด้วยน้ำให้ได้ปริมาตรสุทธิ 50 ไมโครลิตร

การออกแบบดีเอ็นเอไพร์เมอร์ที่มีความจำเพาะเจาะจงกับ *Potato virus Y* (PVY)

คู่ของดีเอ็นเอไพร์เมอร์ 'Y02F': 5'-GCTGCGGCGTTTACCTGA-3' และ 'Y03R': 5'-ATCCTCGG TGGTGTGCCTC-3' สำหรับเริ่มต้นการจำลองชิ้นส่วนดีเอ็นเอในทิศทางไปข้างหน้าและย้อนกลับ มีความจำเพาะเจาะจงกับนิวคลีโอไทด์ของ *Potato virus Y* (PVY) ที่ตำแหน่ง 9014-9036 และ 9308-9326 ตามลำดับ ซึ่งให้ผลผลิตของปฏิกิริยา (PCR products) ในการเพิ่มปริมาณเป็นชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาด 313 คู่เบส ซึ่งมีการพัฒนาและออกแบบในการศึกษาวิจัยนี้ จากข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ (nucleotide sequence) ของพันธุกรรม PVY ที่ได้จากการสืบค้นและรวบรวมจากฐานข้อมูลออนไลน์ GenBank: National Center for Biotechnology Information (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank) โดยโปรแกรม PrimerSelect และ MegAlign ใน DNAStar biocomputing software (DNAStar, Inc.) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความจำเพาะต่อ PVY ในลำดับนิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอไพร์เมอร์ ด้วยโปรแกรม Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi)

เจลอิเล็คโตรโฟรีซีส (Agarose gel electrophoresis)

การวิเคราะห์ประเมินผลของปฏิกิริยา RT-PCR ปฏิบัติได้โดยอาศัยเทคนิควิธีการอิเล็คโตรโฟรีซีสในแผ่นเจลอะกาโรส (2% ในสารละลายบัฟเฟอร์ TAE) ขนาดความยาว 6 ซม. อิเล็คโตรโฟรีซีสทำงานภายใต้การให้ไฟฟ้ากระแสตรงที่ 100 โวลต์ เป็นเวลา 50 นาที โดยย้อมแถบดีเอ็นเอด้วยสารละลายเอธิเดียมโบร์ไมด์ ภายหลังอิเล็คโตรโฟรีซีส จากนั้นล้างสีย้อมส่วนเกินบนแผ่นเจลออกด้วยน้ำสะอาด และทำการวิเคราะห์ประเมินผลการแสดงรูปแบบของแถบดีเอ็นเอที่ได้จากปฏิกิริยาซึ่งปรากฏในแผ่นเจลบน UV transiluminator (302 nm)

ผลการวิจัย

สภาพอุณหภูมิที่เหมาะสมของปฏิกิริยาลูกโซ่ของเอนไซม์ดีเอ็นเอโพลีเมอเรส

สภาพอุณหภูมิ (temperature profile) ของการเกิดปฏิกิริยาซึ่งประกอบด้วยการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิสามระดับเป็นรอบอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของดีเอ็นเอ ได้แก่ denaturation, annealing และ extension ตามลำดับในแต่ละรอบ ซึ่งในการทดลองนี้ได้กำหนดระดับอุณหภูมิสำหรับการ denature และ extension ดีเอ็นเอในปฏิกิริยาที่ 94°ซ เป็นเวลา 1 นาที และ 72°ซ เป็นเวลา 1 นาที ตามลำดับ ในแต่ละรอบ จำนวน 35 รอบ

ประสิทธิภาพของการเกิดปฏิกิริยาของ PCR ในสารละลายผสมรวมของสารต่างๆ และเอนไซม์ที่จำเป็นในการเกิดปฏิกิริยาที่ครบถ้วนในปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสมนั้น จำเป็นต้องใช้คู่ของดีเอ็นเอไพร์เมอร์ที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ และเกิดปฏิกิริยาภายใต้สภาพของระดับอุณหภูมิของการเกิด annealing ที่เหมาะสมต่อคู่ดีเอ็นเอไพร์เมอร์นั้น ในการทดลองนี้ได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิผลของปฏิกิริยาที่ใช้ระดับอุณหภูมิของการเกิด annealing ที่แตกต่างกันในช่วงอุณหภูมิ 55-68°ซ จำนวน 7 ระดับ ได้แก่ 55.8, 58.1, 60.0, 61.9, 64.5, 65.9 และ 68.0°ซ ที่ให้ระยะเวลา 1 นาทีเท่ากัน ในทุกระดับอุณหภูมิ ด้วย MultiGene Gradient Thermal Cycler (Labnet, USA) โดยพิจารณาเปรียบเทียบ ความจำเพาะเจาะจงของการให้ผลผลิตดีเอ็นเอ ปริมาณความเข้มของแถบดีเอ็นเอ

และคุณภาพการแสดงรูปแบบของแถบดีเอ็นเอบนแผ่นเจลอะกาโรส ภายใต้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 302 นาโนเมตร

ผลของการทดลองซึ่งแสดงรูปแบบของแถบผลผลิตดีเอ็นเอบนแผ่นเจลดังแสดงใน Figure 1 ปรากฏแถบดีเอ็นเอจำนวน 1 แถบ ที่ขนาดความยาว 313 คู่เบส ในทุกระดับอุณหภูมิของปฏิกิริยา เมื่อเทียบกับขนาดความยาวของโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน (GeneRuler™ 100 bp Plus DNA Ladder, Fermentas Life Sciences) โดยมีความเข้มของแถบดีเอ็นเอที่สูงมากในทุกระดับอุณหภูมิของปฏิกิริยา (เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความเข้มของโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน ที่ขนาดความยาว 300 คู่เบสซึ่งมีปริมาณ 6 นาโนกรัม) โดยให้ผลในความเข้มของแถบดีเอ็นเอสูงสุดที่ระดับอุณหภูมิ 64.5°ซ ของปฏิกิริยา และแสดงรูปแบบของแถบดีเอ็นเอที่มีคุณภาพ ที่ระดับอุณหภูมิ 64.5, 65.9 และ 68.0°ซ ของปฏิกิริยา ซึ่งให้พื้นหลังของแต่ละช่องเจลที่สะอาดชัดเจนและปราศจากปื้น (smear) จากการติดสีย้อมของดีเอ็นเอที่ไม่จำเพาะ เมื่อเปรียบเทียบกับผลของระดับอุณหภูมิที่ 55.8, 58.1, 60.0 และ 61.9°ซ และพบการปรากฏไดเมอร์ของไพร์เมอร์ในทุกระดับอุณหภูมิของปฏิกิริยา แต่พบมีปริมาณที่ลดต่ำลงเมื่อระดับอุณหภูมิสูงขึ้น และปรากฏแถบไดเมอร์ของไพร์เมอร์ที่จางที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 68.0°ซ เมื่อเปรียบเทียบกับทุกระดับอุณหภูมิของปฏิกิริยา

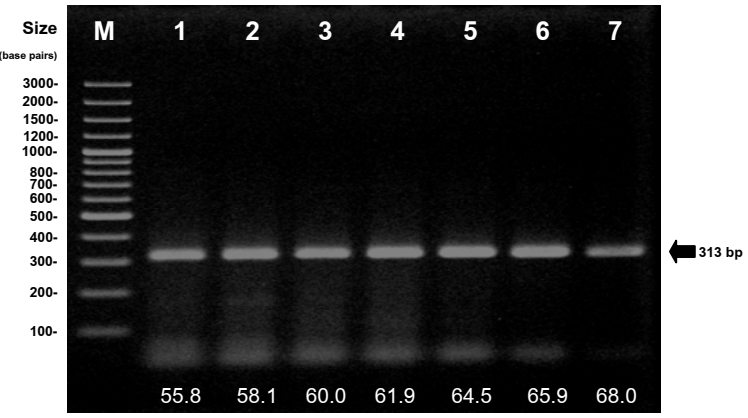


Figure 1 Optimization of PCR experiment conditions. Gradient of 55 to 68°C in PCR was set and used in the experiment in order to determine the optimal annealing temperature. The results of reactions were determined by 2.0% agarose gel electrophoresis with ethidium bromide staining. Seven samples, Lane 1 to 7, were loaded across the block in well 2, 4, 5, 6, 8, 9 and 12 (of the cycler) where the temperature were 55.8, 58.1, 60.0, 61.9, 64.5, 65.9 and 68.0°C respectively. The annealing temperature (°C) for each condition is shown below each lane. Size of each DNA fragment of standard marker (in base pair) is shown in the left of figure (Lane M). The PCR product, DNA fragment of 313 base pairs, is depicted by an arrow with size at the right of the figure.

ความจำเพาะเจาะจง (specificity) ในการตรวจสอบ *Potato virus Y* จากเนื้อเยื่อใบของมันฝรั่ง

การประเมินวิเคราะห์ความจำเพาะเจาะจงต่อไวรัสเป้าหมายในการตรวจสอบซึ่งได้แก่ *Potato virus Y* (PVY) ที่มีการติดเชื้อบนมันฝรั่งโดยธรรมชาติในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกร โดยการตรวจสอบ

ไวรัสจากตัวอย่างเนื้อเยื่อใบของมันฝรั่ง ซึ่งทำการศึกษาตรวจสอบควบคู่ไปกับการตรวจสอบไวรัสที่สำคัญของมันฝรั่งอีก 3 ชนิด ได้แก่ *Potato virus A* (PVA), *Potato virus S* (PVS) และ *Potato virus X* (PVX) (Figure 2) โดยผลการตรวจสอบการติดเชื้อ PVY โดยวิธี RT-PCR ด้วยคู่ของดีเอ็นเอไพร์เมอร์ 'Y02F': 5'-GCT GCGGCGTTTACCTGA-3' และ 'Y03R': 5'-ATCCTCGGTGGTGTGCCTC-3' แสดงให้เห็นถึงความจำเพาะเจาะจงต่อไวรัส โดยการปรากฏแถบดีเอ็นเอจำนวน 1 แถบ ที่มีขนาด 313 คู่เบส ซึ่งจำเพาะต่อ PVY และไม่พบแถบดีเอ็นเอที่มีขนาดอื่น ในตัวอย่าง S109 (Figure 2A, Lane 3) ผลการตรวจสอบ PVY กับตัวอย่างมันฝรั่งที่ปราศจากการติดเชื้อ PVY ไม่พบการปรากฏของแถบดีเอ็นเอใดๆ แม้ว่าตัวอย่างเหล่านั้นมีการติดเชื้อ PVA, PVS และ PVX ก็ตาม (Figure 2A) ตัวอย่าง S109 ที่มีการติดเชื้อ PVY (Figure 2A, Lane 3) แต่ปราศจากการติดเชื้อ PVA (Figure 2B, Lane 3) ในขณะที่ ตัวอย่าง S107 S108 S110 S111 และ S112 ไม่พบการติดเชื้อ PVY (ไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอที่มีขนาด 313 คู่เบส) (Figure 2A) แต่พบการติดเชื้อ PVA จากการตรวจสอบด้วยคู่ของดีเอ็นเอไพร์เมอร์ที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อ PVA โดยปรากฏแถบดีเอ็นเอที่มีขนาด 447 คู่เบส (Figure 2B) นอกจากนี้ การตรวจสอบไวรัสอีก 2 ชนิด ได้แก่ PVS และ PVX ด้วยคู่ของดีเอ็นเอไพร์เมอร์ที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อไวรัสแต่ละชนิด โดยให้ผลการตรวจสอบการติดเชื้อไวรัสด้วยการปรากฏแถบดีเอ็นเอที่มีขนาด 683 คู่เบส และขนาด 801 คู่เบส ซึ่งจำเพาะต่อ PVS และ PVX ตามลำดับ (Figure 2C and 2D) พบการติดเชื้อ PVS ในตัวอย่าง S112 (Figure 2C, Lane 6) และตรวจสอบพบการติดเชื้อ PVX ซึ่งปรากฏแถบดีเอ็นเอที่มีขนาด 801 คู่เบส ในตัวอย่าง S108 และ S111 (Figure 2D, Lane 2 and 5)

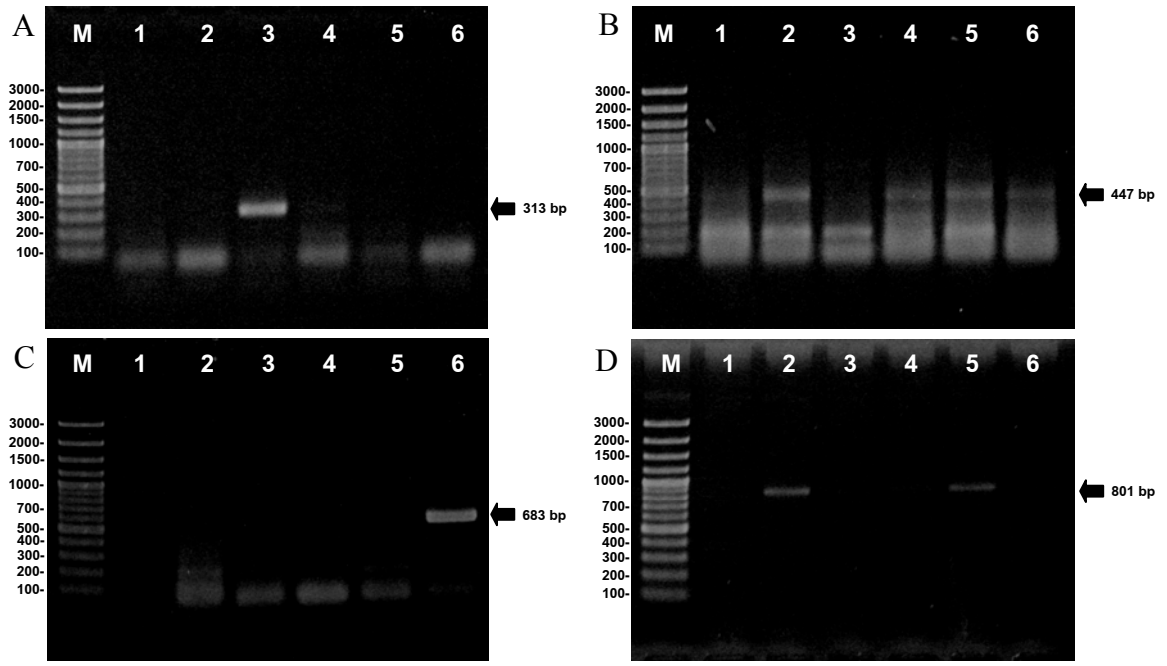


Figure 2 Detection of four different potato viruses from potato leave extracts by RT-PCR using virus specific primers. The specificity of amplification and detection of viral target 'PVY' was confirmed in RT-PCR. The primer pair of 'Y02F' and 'Y03R' was used to amplify and

detect specific sequence of the PVY (homologous target) and not those of others or host plant (A). Detection of *Potato virus A* (PVA), *Potato virus S* (PVS) and *Potato virus X* (PVX) by separate RT-PCR using virus-specific primers amplify the virus-specific DNA fragments of 447, 683 and 801 base pairs, respectively (B, C and D). The results of reactions were determined by 2.0% agarose gel electrophoresis with ethidium bromide staining. Size of each DNA fragment of standard marker (in base pair) is shown in the left of each figure (Lane M). Lane 1-6: Six different samples of potato leaf tissues, S107, S108, S109, S110, S111 and S112, used for detection of the four potato viruses in the separated RT-PCRs, respectively.

ความไว (sensitivity) ในการตรวจสอบ *Potato virus Y* จากเนื้อเยื่อใบของมันฝรั่ง

การประเมินความไวในการตรวจสอบ PVY ที่มุ่งเน้นการพัฒนาให้สามารถนำไปสู่การใช้ตรวจสอบไวรัสได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพการปฏิบัติการจริงสำหรับมันฝรั่งที่มีการเพาะปลูกในสภาพแปลงเพาะปลูกของเกษตรกรและการเพาะปลูกแบบควบคุมภายใต้สภาพเรือนกระจกเพาะปลูกพืชทดลอง ดังนั้นความไวในการตรวจสอบไวรัส จึงทำการประเมินจากการตรวจสอบไวรัสที่มีการติดเชื้อในมันฝรั่งโดยใช้ตัวอย่างจากเนื้อเยื่อใบของมันฝรั่งในสภาพธรรมชาติ และการปลูกเชื้อไวรัสบนมันฝรั่งที่เพาะปลูกภายใต้สภาพเรือนกระจกเพาะปลูกพืชทดลอง จากปริมาณเนื้อเยื่อใบมันฝรั่งน้ำหนัก 60 มก. ผ่านการสกัดแยกจนได้สารละลายอาร์เอ็นเอจากใบมันฝรั่งปริมาตร 400 ไมโครลิตร ก่อนการตรวจสอบไวรัสโดยวิธี RT-PCR ใน RT ปริมาตร 20 ไมโครลิตร มีการใช้สารละลายอาร์เอ็นเอจากใบมันฝรั่งปริมาตร 4 ไมโครลิตร และมีการใช้ส่วนผสมที่ได้จากส่วนผสมของ RT สัดส่วนปริมาตร 1 ไมโครลิตร ในทุก 10 ไมโครลิตร ของส่วนผสม PCR

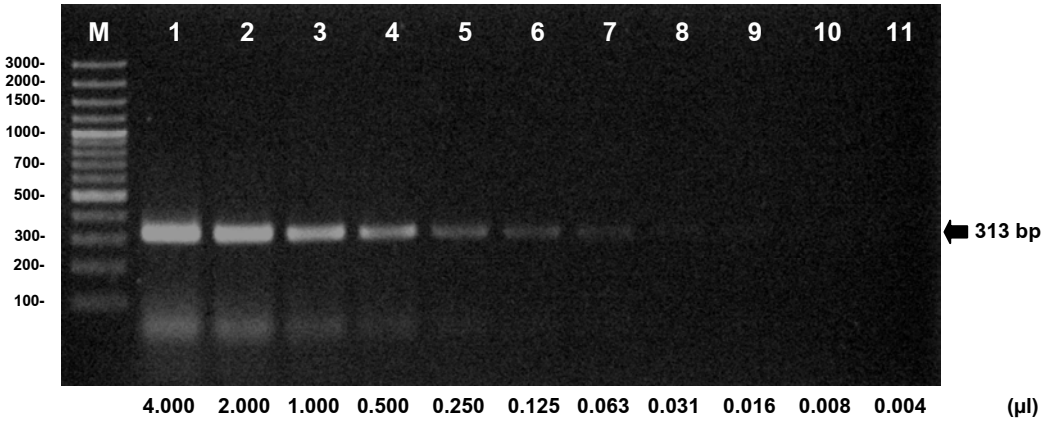


Figure 3 Dilution end-point of PCR product amplified by using the PVY-specific primers 'Y02F' and 'Y03R'. The results of reactions were determined by 2.0% agarose gel electrophoresis with ethidium bromide staining. Size of each DNA fragment of standard marker (in base pair) is shown in the left of figure (Lane M). The volume of PCR product mixture (µl) loaded for each condition is shown below each lane (Lane 1-11). The PCR product, DNA fragment of 313 base pairs, is depicted by an arrow with size at the right of the figure.

ผลการประเมินความไวในการตรวจสอบ PVY โดยการศึกษาเปรียบเทียบหาจุดสุดท้ายของปริมาตรต่ำสุดของผลผลิตจาก PCR ที่ได้จากการใช้คู่ของดีเอ็นเอไพร์เมอร์ 'Y02F' และ 'Y03R' ในปฏิกิริยาของ PCR ที่ปรากฏแถบดีเอ็นเอขนาด 313 คู่เบส บนแผ่นเจลอะกาโรส ภายใต้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 302 นาโนเมตร ในการตรวจสอบ PVY จากเนื้อเยื่อใบของพืช พบว่า ที่ระดับปริมาตรต่ำสุดของผลผลิตจาก PCR ซึ่งสามารถตรวจสอบได้เท่ากับ 0.016 ไมโครลิตร (Figure 3)

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาการตรวจสอบ *Potato virus Y* ในมันฝรั่งที่มีการติดเชื้อ โดยวิธี RT-PCR ด้วยคู่ของดีเอ็นเอไพร์เมอร์ 'Y02F' และ 'Y03R' ที่ได้ออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพในการศึกษาวิจัยนี้ พบว่าให้ผลในการตรวจสอบ PVY จากตัวอย่างเนื้อเยื่อใบของมันฝรั่งได้อย่างถูกต้องแม่นยำและมีความจำเพาะเจาะจง (specificity) สูงต่อ PVY ด้วยการปรากฏแถบดีเอ็นเอขนาด 313 คู่เบสเท่านั้น และไม่พบแถบดีเอ็นเอขนาดอื่นซึ่งอาจเกิดจากสารพันธุกรรมของมันฝรั่ง หรือไวรัสชนิดอื่นที่มีการติดเชื้อในมันฝรั่ง ได้แก่ PVA, PVS และ PVX แสดงว่าไม่เกิดปฏิกิริยาข้ามกับไวรัสชนิดอื่น โดยเฉพาะกับ PVA ซึ่งมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดทางพันธุกรรมกับ PVY (จัดอยู่ในสกุลเดียวกัน) โดยการตรวจสอบ PVY วิธีนี้มีความไว (sensitivity) สูง โดยสามารถตรวจสอบไวรัสได้จากปริมาณเนื้อเยื่อใบมันฝรั่งเพียง 48 นาโนกรัม โดยการคำนวณเปรียบเทียบจากปริมาณเนื้อเยื่อใบที่ใช้ในการเตรียมเพื่อแยกสกัดอาร์เอ็นเอ การตรวจสอบโดยวิธีนี้ใช้เวลาในการปฏิบัติตั้งแต่ขั้นตอนการแยกสกัดอาร์เอ็นเอจากใบมันฝรั่ง จนแสดงผลการตรวจสอบอยู่ในช่วงเวลา 5-6 ชั่วโมง

การตรวจสอบ PVY จากเนื้อเยื่อใบของมันฝรั่ง โดยวิธี RT-PCR ด้วยคู่ของดีเอ็นเอไพร์เมอร์ 'Y02F' และ 'Y03R' ที่ได้ทำการวิจัยและพัฒนานี้ เป็นวิธีการตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพ และควรมีการพัฒนาต่อยอด เพื่อการตรวจสอบไวรัสที่สำคัญชนิดอื่นของมันฝรั่งในลักษณะ multiplex RT-PCR หรือการพัฒนาให้ได้วิธีการตรวจสอบที่มีความสะดวกมากขึ้นในขั้นตอนการเตรียม RNA ก่อนปฏิกิริยาของ RT-PCR

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยและพัฒนาการวินิจฉัยโรคไวรัสของมันฝรั่งโดยเทคนิควิธีการระดับโมเลกุล ซึ่งได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2551-2552

เอกสารอ้างอิง

Hull, R. 2002. **Matthew's Plant Virology**. 4th ed. Academic Press, Bath, Great Britain.

Nie, X. and R.P. Singh. 2000. Detection of multiple potato viruses using an oligo(dT) as a common cDNA primer in multiplex RT-PCR. **J. Virol. Methods.** 86: 179-185.

Singh, R.P., J. Kurz and G. Boiteau. 1996. Detection of stylet-borne and circulative potato viruses in aphids by duplex reverse transcription polymerase chain reaction. **J. Virol. Methods**. 59: 189-196.

ความสามารถในการผสมและการต้านทานโรคแอนแทรคโนส ของลูกผสมข้ามชนิดของพริก

Cross Ability and Anthracnose Resistance in F_1 Hybrid of Interspecific Capsicum

นงนุช คูสันเทียะ[1*] วรวรรณ ชาลีพรหม[2] และเฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี[1]

Nongnuch Khusanthia[1*], Worawan Chaleeprom [2] and Chalermsri Nontaswatsri[1]

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]ภาควิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang mai, Thailand 50290

[2]Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang mai, Thailand 50290

*Corresponding author: nuchoh32@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาความสามารถในการผสมข้ามชนิดระหว่างพริกพันธุ์การค้าของไทยกับพริก PBC932 (*Capsicum chinense*) และพริก PBC80 (*Capsicum baccatum*) พบว่า พริก PBC932 สามารถผสมกับพริกพันธุ์การค้าของไทยได้ดีกว่าพริก PBC80 นอกจากนี้การสร้างลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) และลูกผสมกลับชั่วต่างๆ นั้นสามารถผสมได้ดีกว่าพริก PBC80 อีกด้วย ส่วนการศึกษาความสามารถในการต้านทานโรคแอนแทรคโนส หรือโรคกุ้งแห้ง พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) และลูกผสมชั่วที่ 2 ของการผสมกลับครั้งที่ 1 BC_1F_2 บางต้นแสดงความสามารถในการต้านทานโรคโดยต้นต้านทานจะไม่แสดงอาการของโรคเลย หรือแสดงอาการของโรคน้อยมากหลังจากที่ทำการปลูกเชื้อ 3-7 วัน

คำสำคัญ: *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum*, โรคแอนแทรคโนส โรคกุ้งแห้ง พริก

Abstract

A study on cross ability of interspecific hybridization of commercial varieties of Thai capsicum with PBC932 (*Capsicum chinense*) and PBC80 (*Capsicum baccatum*),found that PBC932 could crosses with commercial varieties of Thai capsicum better than PBC80. In addition the production of F_2 and Backcross population of PBC932 with commercial varieties of Thai capsicum were better than PBC80. The study on anthracnose resistance ability found that some plants of the F_2 and BC_1F_2 generation showed resistance to anthracnose (not showed any symptoms or only few symptoms) after inoculation 3 - 7 day.

Keywords: *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum*, anthracnose disease,Chili

คำนำ

พริก (*Capsicum* spp.) เป็นพืชผักที่ใช้ในการปรุงแต่งรสชาติอาหารที่สำคัญยิ่งพืชหนึ่ง สำหรับอาหารไทยพริกเป็นตัวเสริมกลิ่น สีสันและรสชาติของอาหาร พริกที่นิยมปลูกมากที่สุด คือ พริกขี้หนูใหญ่ พริกชี้ฟ้า พริกขี้หนูเล็ก พริกหยวก และพริกหวาน ตามลำดับ นอกจากนี้มีการนำเข้าและส่งออกเมล็ดพันธุ์พริกเพื่อการค้า โดยมีมูลค่าการนำเข้าพริกกว่าปีละ 6.75 ล้านบาท และส่งออกพริกปีละกว่า 181.43 ล้านบาท (กฤษฎา, 2535) พริกเป็นพืชที่มีความสำคัญและมีการปลูกจำนวนมากโรคที่สำคัญของพริกมีหลายโรค เช่น โรคเหี่ยวจากสาเหตุของเชื้อรา *Fusarium oxysporum* และเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas solanacearum* โรคแอนแทรคโนส สาเหตุจากเชื้อรา *Colletotrichum capsici* และ *C. acutatum* เป็นต้น โรคแอนแทรคโนสหรือโรคกุ้งแห้ง มักจะแสดงอาการบนผลพริกเป็นแผลบุ๋มอาจมีเมือกเยิ้มสีส้มอ่อนบริเวณบาดแผล ซึ่งเป็นโรคที่มีปัญหารุนแรงและมักพบอยู่เสมอ (สุชีลา, 2549) และในการปรับปรุงพันธุ์ให้ต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสนั้นสามารถทำได้ยาก เนื่องจากลักษณะต้านทานต่อโรคนี้ไม่มีในพันธุ์พริกของไทย ทำให้ไม่มีแหล่งต้านทานในการปรับปรุงพันธุ์พริก โดยลักษณะความต้านทานของโรคนี้พบในพริกบางสปีชีส์ เช่น *Capsicum chinense* และ *C. baccatum*

งานวิจัยนี้จะมุ่งศึกษา ความสามารถในการผสมข้ามชนิด ความสามารถในการผสมของลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) และความสามารถในการต้านทานโรคแอนแทรคโนส เพื่อช่วยลดปัญหาโรคแอนแทรคโนส หรือโรคกุ้งแห้ง ในพริกให้แก่เกษตรกร และเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์พืชที่ต้องการต่อไป

การตรวจเอกสาร

พริกมีแหล่งกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกา ได้แก่ อเมริกาใต้และอเมริกากลาง จากการสำรวจพันธุ์พริกในเขตร้อนทวีปเอเชีย พบว่าพริกถูกนำเข้าไปเผยแพร่ในประเทศสเปน สำหรับประเทศไทยเข้าใจว่าพริกถูกนำเข้าโดยชาวโปรตุเกสเป็นเวลาหลายร้อยปีและได้รับการยอมรับอย่างมากว่าเป็นอาหารชูรสที่สำคัญของประชากรในประเทศ (มณีฉัตร, 2541) สารชูรสที่สำคัญของพริก ได้แก่ รสชาติที่เผ็ดอันเนื่องมาจากสาร capsaicin ในรูป vanillylamide ของ isodecyanic acid ที่อยู่ในไส้พริกเผ็ด เช่น พริกขี้หนู พริกชี้ฟ้า พริกกลาง และพริก Tabasco พริกมีแหล่งปลูกในเขตร้อน มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก ใช้ในการบริโภคภายในประเทศและแปรรูปส่งออกไปยังประเทศเขตอบอุ่นเป็นพริกแห้งหรือสดบรรจุกระป๋อง ส่วนพริกหวาน (sweet pepper) ปลูกในประเทศเขตอบอุ่น และเขตร้อนในทวีปอัฟริกาตอนเหนือ ปลูกพริกหวานเพื่อส่งออกไปยังประเทศในทวีปยุโรป คุณค่าทางอาหารของพริกมีค่อนข้างสูง พริกเป็นแหล่งวิตามิน A วิตามิน C และวิตามินอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณทางยาและเป็นไม้ประดับอีกด้วย (สุชีลา, 2549)

โรคแอนแทรคโนส (Anthracnose)

โรคนี้สร้างความเสียหายแก่พริก ทั้งในแปลงปลูกและหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งเป็นโรคที่มีความสำคัญมากในทางเศรษฐกิจโดย Kim *et al.* (2008b) ได้ทำการศึกษาพบว่า ยีน recessive เป็นยีนสำคัญในการต้านทานโรค anthracnose ที่เกิดจากเชื้อ *C. capsici* และได้พบสายพันธุ์พริก *C. annuum*

var. Daepoong-Cho ซึ่งมีความต้านทานต่อเชื้อ *C. capsici* ได้จากการทดสอบ allelism ในรุ่นลูก F_1 และ F_2 จากการผสมระหว่างพริกพันธุ์ Daepoong-Cho X AR Kim *et al.* (2008a) พบว่า พริกพันธุ์ *C. baccatum* PI594137 มีความต้านทานต่อเชื้อ *C. acutatum* ซึ่งความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสของ PI594137 นั้นมีการควบคุมโดย single dominant gene Montri *et al*. (2009) ได้ทำการปลูกเชื้อ *C. capsici* ที่ pericarp ของผลพริกสุกสายพันธุ์ *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense* และ *C. frutescens* พบว่า เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อของผลพริกมีความแตกต่างกัน โดยพริกสายพันธุ์ *C. annuum*, *C. frutescens* มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อสูงที่สุด ในขณะที่พริกสายพันธุ์ *C.baccatum* ไม่มีการติดเชื้อ และสรุปว่าพริก *C. baccatum* มีความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากเชื้อ *C. capsici* Kim *et al*. (2004) พบว่า สายพันธุ์ *C. annuum* (cv. Jejujaerae) อ่อนแอต่อเชื้อ *C. goeosporioides* ส่วน *C. baccatum* cv. PBC80 ต้านทานต่อเชื้อ *C. acutatum*

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. พริกที่ใช้ในการทดลองเป็นพริกพันธุ์การค้าของไทยซึ่งอ่อนแอต่อโรคแอนแทรคโนส ได้แก่ พริกขี้หนู พริกชี้ฟ้า *C. frutescens* CA155 และ *C. annuum* CA 365, CA 398, CA758 และพริกพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส คือ พริก *C. chinense* cv. PBC932 และ *C. baccatum* cv. PBC80
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมเกสรพริก, อุปกรณ์ในการเพาะเมล็ด, อุปกรณ์ในการทดสอบความมีชีวิตและความสามารถในการงอกของ pollen และสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืชและแมลง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อแอนแทรคโนส และอุปกรณ์ในการปลูกเชื้อแอนแทรคโนส

วิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาความสามารถในการผสมข้ามชนิดของพริก

ทำการผสมข้ามระหว่างพริกพันธุ์การค้าของไทยที่อ่อนแอต่อโรคแอนแทรคโนส กับพริกพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส PBC932 และ PBC80 โดยเลือกดอกที่พร้อมผสมในวันรุ่งขึ้น แล้วตอนดอกพริก (emasculation) ในตอนเย็น ในการตอนทุกครั้งจะต้องทำความสะอาดปากคีบด้วยแอลกอฮอล์เพื่อฆ่าละอองเกสรที่ติดมา คลุมดอกพริกด้วยสำลี เพื่อป้องกันการเข้ามาผสมของแมลง ทำการผสมเกสรในวันรุ่งขึ้นโดยใช้พู่กันแตะเกสรตัวผู้ของพริกต้นที่ต้องการวางบนยอดเกสรตัวเมีย (stigma) ติดป้ายชื่อ คู่ผสมที่ทำการผสมไว้ที่ดอก บันทึกการติดผล จำนวนเมล็ดต่อผล และเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด

การทดสอบความมีชีวิตและความสามารถในการงอกของละอองเกสรของลูกผสมชั่วที่ 1 ผสมแบบสลับพ่อแม่ (reciprocal cross)

นำละอองเกสรของพริกลูกผสม F_1 มาเคาะลงบนสไลด์ ย้อมสีด้วย acetocarmine ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที ปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ นำไปส่องดูใต้กล้องจุลทรรศน์ บันทึกเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต จากการติดสีของละอองเกสร การตรวจสอบความสามารถในการงอกหลอดของละอองเกสร โดยทำการเพาะเลี้ยงละอองเกสร ในอาหารเพาะเลี้ยงสูตร GS (Germination Solution) ซึ่งประกอบด้วย H_3BO_3 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร, Ca (NO_3) $4H_2O$ 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำตาล 100 กรัมต่อลิตร หยดอาหารเพาะเลี้ยงละอองเกสรลงบนแผ่นสไลด์ และเคาะละอองเกสรลงบนแผ่นสไลด์ จากนั้นคว่ำแผ่นสไลด์ลงให้อาหารเพาะเลี้ยงละอองเกสร

ห้อยติดอยู่กับแผ่นสไลด์ แล้วเก็บไว้ในกล่องที่มีความชื้น ทิ้งไว้ประมาณ 4-5 ชั่วโมง ทำการบันทึกความสามารถในการงอกของละอองเกสร

การทดลองที่ 2 การศึกษาความสามารถในการต้านทานโรคแอนแทรคโนส

ทำการตรวจสอบความต้านทานโรคของพริกลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) และ BC_1F_2 โดยนำผลระยะต่างๆ 4 ระยะ คือ ระยะสีแดง ระยะสีเหลืองแดง ระยะสีเขียวเข้ม และระยะสีเขียวอ่อน มาทำความสะอาด โดยแช่ด้วยสารละลาย 1% sodium hypochlorite เป็นเวลา 5 นาที ล้างด้วยน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 2 ครั้งและซับให้แห้ง เรียงผลพริกตามระยะต่างๆ ในกล่องที่มีน้ำ (เพื่อช่วยเพิ่มความชื้นภายในกล่อง) จากนั้นทำการปลูกเชื้อ *C. capsici* ที่มีอายุ 21 วัน และ *C. acutatum* ที่มีอายุ 14 วัน โดยใช้เครื่อง microinjection ดูด spore suspension ของเชื้อที่มีความเข้มข้นของเชื้อประมาณ 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร (นับสปอร์ด้วย Haemacytometer) จำนวน 1 ไมโครลิตร ฉีดลงบริเวณกลางผลลึก 1 มิลลิเมตร ทิ้งไว้ประมาณ 3-7 วัน บันทึกการเกิดโรคในแต่ละผล และคัดเลือกพริกที่มีความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส

บันทึกข้อมูล

มีการประเมินความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนส ดังนี้

0	มีความต้านทานสูง	คือ	ไม่มีการติดเชื้อ
1	มีความต้านทาน	คือ	1-2% ของผลที่มีการเกิดโรค
3	มีความต้านทานขนาดกลาง	คือ	3-5% ของผลที่มีการเกิดโรค
5	มีความอ่อนแอขนาดกลาง	คือ	6-15% ของผลที่มีการเกิดโรค
7	มีความอ่อนแอ	คือ	15-25% ของผลที่มีการเกิดโรค
9	มีความอ่อนแอสูง	คือ	> 25% ของผลที่มีการเกิดโรค

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาความสามารถในการผสมข้ามชนิด F_1 ของพริกพันธุ์การค้าของไทย (พันธุ์อ่อนแอ) กับพริกพันธุ์ที่มีความต้านทานโรคแอนแทรคโนส (PBC932 และ PBC80) พบว่า คู่ผสมของพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC932 มีเปอร์เซ็นต์การผสมติด จำนวนเมล็ดต่อผล และเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดสูงกว่าการผสมระหว่างพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC80 (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับ มงคล (2531) ที่ได้รายงานว่าการผสมข้ามชนิดของพริก 3 สายพันธุ์ คือ *C. annuum, C. chinense* และ *C. bcacatum* พบว่ามีการผสมติดน้อย เนื่องจากเกิดอุปสรรคในขั้นตอนการปฏิสนธิ คือ การเข้ากันไม่ได้ (incompatibility) ระหว่างเกสรตัวเมียและละอองเกสรตัวผู้ อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไปอาจทำให้การติดผลลดลง และมีผลทำให้การงอกของละอองเกสรตัวผู้ลดลง และบางกรณีทำให้เกสรตัวผู้ตาย (นิตย์ศรี, 2542) จานุลักษณ์ (2541) กล่าวว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับระยะออกดอกและผสมเกสรของพริก ควรต่ำกว่า 18-25 องศาเซลเซียส ซึ่งตลอดระยะเวลาในการผสมเกสร อุณหภูมิสูงทำให้ดอกร่วง การติดเมล็ดน้อย ลักษณะเมล็ดลีบหรือมีสีดำที่ผนังรังไข่มาก และตลอดระยะเวลาการผสมเกสรไม่ควรมีฝนตก

Table 1 Number of pollinated flowers, number of fruits setting, fruit setting percentage, number of seeds per fruit and seed germination percentage of interspecific hybridization Capsicum

Parents' generation Crosses	Number of pollinated flowers	Number of fruits setting	Fruit setting percentage	Number of seeds per fruit	Seed germination percentage
CA155XPBC932	169	39	23.08	15.00	86.87
CA365XPBC932	330	40	12.12	11.00	89.19
CA398XPBC932	400	60	15.00	16.00	88.89
CA758XPBC932	300	200	66.67	42.00	96.77
CA155XPBC80	300	5	1.67	28.00	77.72
CA365XPBC80	300	2	0.66	2.50	40.00
CA398XPBC80	300	3	1.00	1.66	0.20
CA758XPBC80	300	4	1.30	1.50	0.33

การตรวจสอบความสามารถในการผสมเกสรของลูกผสมชั่วที่1 (F_1) โดยศึกษาความมีชีวิตของ pollen และเปอร์เซ็นต์ความงอกของ pollen พบว่า ลูกผสมระหว่างพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC932 pollen สามารถติดสีและงอกได้ดีกว่าต้นลูกผสมชั่วที่1 (F_1) ของพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC80 (Table 2*)*

Table 2 Pollen viability and pollen germination of F_1 chili plants

F_1	Pollen viability (%)	Pollen germination at sucrose concentrations 10 (%)
F_1CA155XPBC932	55.05	49.51
F_1CA365XPBC932	31.19	20.83
F_1CA398XPBC932	65.23	61.54
F_1CA758XPBC932	20.25	7.89
F_1CA155XPBC80	15.36	3.28
F_1CA398XPBC80	2.50	0.00
F_1CA365XPBC80	5.75	0.00
F_1CA758XPBC80	5.25	1.18

เมื่อทำการผสมตัวเองลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) เพื่อสร้างประชากรชั่วที่ 2 (F_2) พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ของพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC932 มีเปอร์เซ็นต์การผสมติด จำนวนเมล็ดต่อผล และเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดที่สูงกว่าลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ของพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC80 ซึ่งผสมตัวเองไม่ติดเลย (Table 3) การผสมตัวเองไม่ติดของลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ของพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC80 อาจเกิดเนื่องจากความห่างไกลทางพันธุกรรม การมีจำนวน pollen ที่น้อยของลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) หรืออุปสรรคความเข้ากันไม่ได้ของโครโมโซม ทำให้ไม่สามารถสร้างเมล็ดได้ ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ไม่สามารถสร้าง

ประชากรชั่วที่ 2 (F_2) จากลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ของพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC80 จึงแก้ปัญหาการผสมตัวเองไม่ติดของลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) โดยทำการผสมกลับไปยังสายพันธุ์การค้าของไทยเพื่อสร้างประชากรลูกผสมกลับชั่วที่ 1 (BC_1F_1) แล้วทำการผสมตัวเองเพื่อสร้างประชากรลูกผสมกลับชั่วที่ 2 (BC_1F_2) และตรวจสอบความต้านทานโรคต่อไป

Table 3 Number of pollinated flowers, number of fruits setting, fruit setting percentage, number of seeds per fruit and seed germination percentage of F_1 generation chili plants

Crosses	Number of pollinated flowers	Number of fruits setting	Fruit setting percentage	Number of seeds per fruit	Seed germination percentage
F_1CA155XPBC932	30	11	36.67	12.00	83.33
F_1CA365XPBC932	33	4	12.12	9.00	89.19
F_1CA398XPBC932	62	6	9.68	5.00	91.88
F_1CA758XPBC932	126	7	5.56	1.57	50.00
F_1CA155XBCP80	66	0	0.00	0.00	0.00
F_1CA365XPBC80	85	0	0.00	0.00	0.00
F_1CA398XPBC80	60	0	0.00	0.00	0.00
F_1CA758XPBC80	90	0	0.00	0.00	0.00

การศึกษาความสามารถในการต้านทานโรคแอนแทรคโนส โดยทดสอบกับลูกผสมของพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC932 ในลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) จำนวน 205 ต้น พบต้นต้านทาน 11 ต้น ลูกผสมกลับชั่วที่ 2 คือ BC_1F_2CA758XPBC932 จำนวน 7 ต้น พบต้นต้านทาน 1 ต้น ส่วนต้นลูกผสม BC_1F_2 คู่อื่นๆ จะทำการทดสอบความต้านทานโรคต่อไป เมื่อต้นมีขนาดใหญ่ และมีจำนวนผลและขนาดผลที่จะทำการทดสอบโรคได้ ส่วนการทดสอบความต้านทานโรคแอนแทรคโนสของลูกผสมพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC80 ในลูกผสมชั่วที่ BC_1F_2 คือ BC_1F_2CA758XPBC80 จำนวน 26 ต้น พบต้นต้านทาน 2 ต้น ส่วนลูกผสม BC_1F_2CA155XPBC80, BC_1F_2CA365XPBC80 และ BC_1F_2CA398XPBC80 จะทำการทดสอบความต้านทานต่อไป เมื่อต้นลูกผสมเหล่านี้เติบโตและผลมีขนาดและปริมาณมากพอ ถึงแม้ว่าการทดสอบประชากรลูกผสมกลับชั่วที่ 2 (BC_1F_2) นั้นยังทำไม่ครบทุกคู่ผสม แต่จากการศึกษานี้ก็สามารถพบต้นต้านทาน โดยต้นต้านทานจะมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคที่ต่ำ คือ ต่ำกว่า 1.63 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับคะแนนการเกิดโรคต่ำกว่า 1 ซึ่งแสดงว่าไม่เกิดอาการของโรคเลย หรือเกิดอาการของโรคน้อยมาก (Table 4)

Table 4 Anthracnose resistance ability in F_2 and BC_1F_2 hybrid of some interspecific Capsicum

No. of lines	Screen Plants Number	Resistant Plants Number	% Disease anthracnose	Scores degree
1. F_2CA155XPBC932	15	2	0.44, 0	0, 0
2. F_2CA398XPBC932	14	1	0.00	0
3. F_2CA365XPBC932	14	6	0.00	0
4. F_2CA758XPBC932	12	2	0.63, 0.15	0, 0
5. BC_1F_2CA758XPBC932	7	1	1.63	1
6. BC_1F_2CA758XPBC80	7	2	1.05, 0.23	1, 0

การตรวจสอบความต้านทานของลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) และ BC_1F_2 ของพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC932 และลูกผสมชั่วที่ BC_1F_2 ของพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC80 พบต้นที่ไม่เป็นโรคเลย หรือมีการแสดงอาการของโรคน้อยมาก (Figure 1) ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมกลับกับพริกพันธุ์การค้าของไทยและคัดเลือกต้นต้านทาน จนได้ต้นพริกที่มีลักษณะทางการค้าที่ดี และมีความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสต่อไป

Figure 1 Anthracnose resistance of chili fruits in F_2 and BC_1F_2 hybrid after inoculated by *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum capsici*

A F_2 (CA365XPBC932) showed resistance to anthracnose (*C. capsici*)

B BC_1F_2 (CA758XPBC80) showed resistance to anthracnose (*C. acutatum*)

C F_2 (CA365XPBC932) showed susceptible to anthracnose (*C. capsici*)

D BC_1F_2 (CA758XPBC80) showed susceptible to anthracnose (*C. acutatum*)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาความสามารถในการผสมและความสามารถในการต้านทานโรคแอนแทรคโนสของลูกผสมข้ามชนิดของพริก พบว่า การผสมข้ามระหว่างพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC932 สามารถผสมติดได้ดี สามารถสร้างประชากรชั่วที่ 2 (F_2) และประชากรผสมกลับได้ง่ายกว่าการผสมข้ามระหว่างพริกพันธุ์การค้าของไทยกับ PBC80 เมื่อตรวจสอบความสามารถในการต้านทานโรค พบว่า สามารถพบต้นต้านทานโรค ที่ไม่แสดงอาการของโรคเลยหรือแสดงอาการของโรคที่น้อยมากหลังจากการทดสอบความต้านทานโรคโดยการปลูกเชื้อ

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2535. **การปรับปรุงพันธุ์พริก**.ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ. 79 หน้า.

จานุลักษณ์ ขนบดี. 2541. **การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก**.พิมพ์ครั้งที่ 2. โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ. 204 หน้า.

นิตย์ศรี แสงเดือน. 2542. **พันธุศาสตร์พืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ . 295 หน้า.

มงคล พุทธวงษ์. 2531. **การประเมินและการปรับปรุงพันธุ์พริกพื้นเมือง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.126 หน้า.

มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2541. **การปรับปรุงพันธุ์และผลิตเมล็ดพันธุ์ผักลูกผสม**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 255 หน้า.

สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร. 2549. **พริกการผลิตการจัดการและการปรับปรุงพันธุ์**. บริษัท เพรส มีเดีย จำกัด*:* กรุงเทพฯ. 151 หน้า.

Kim, S.H., J.B. Yoon*,* H.G. Park, E.W.Park and Y. H. Kim . 2004. Structural modifications and programmed cell death of chili pepper fruit related to resistance responses to *Colletotrichum gloeosporioides* infection. **Genetics Resistance**. 94: 1295-1304.

Kim, S.H., J.B. Yoon and H.G. Park. 2008a. Inheritance of anthracnose resistance in a new genetic resource *Capsicum baccatum* PI594137. **J. Crop Science and Biotechnology**. 11(1)*:* 13-16.

Kim, S.H., J.B. Yoon, J.W. Do and H.G. Park. 2008b. A major recessive gene associated with anthracnose resistance to *Colletotrichum capsici* in chili pepper (*Capsicum annuum* L .) **Breeding Science.** 58: 137-141.

Montri, P., P.W.J. Taylor and O. Mongkolporn. 2009. Pathotypes of *Colletotrichum capsici* the causal agent of chili anthracnose in Thailand. **Plant Diseases**. 93: 17-20.

สัณฐานวิทยา กายวิภาควิทยา และแคริโอไทป์ของผักนางแลว

Morphological, Anatomic and Karyotypic Characteristics of *Peliosanthes teta* Andr.

พิชัย ใจกล้า[1*] พรรัตน์ ศิริคำ[1,2] และฉันทนา สุวรรณธาดา[2]

Phichai Chaikla[1*], Pornrat Sirikhum[1,2] and Chuntana Suwanthada[2]

[1]ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[2]ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ 50220

[1]Department of Plant Sciences and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

[2]Huai Hong Khrai Royal Development Study Center, Doi Saket, Chiang Mai, Thailand 50220

*Corresponding author: pchaikla@hotmail.com

บทคัดย่อ

นางแลว (*Peliosanthes teta* Andr.) พืชผักพื้นบ้านชนิดหนึ่งซึ่งมีศักยภาพสูงในทางการค้า เป็นพืชป่าที่มีการนำออกมาปลูกเลี้ยงและใช้ประโยชน์ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ ได้สำรวจและรวบรวมพันธุ์ของพืชชนิดนี้จากพื้นที่ในภาคเหนือตอนบนบางส่วน แล้วนำมาปลูกเลี้ยงไว้ในแปลงรวบรวมพันธุ์ภายในศูนย์ฯ นำตัวอย่างของต้นนางแลวรวม 73 ตัวอย่างที่แตกต่างกันมาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะทางกายวิภาควิทยาของ ราก ลำต้น ใบ ดอก รวมทั้งศึกษาโครโมโซมของนางแลวจาก 16 ตัวอย่างที่แตกต่างกัน พบว่าต้นนางแลวในตัวอย่างต่างๆ ที่ศึกษามีโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาควิทยาคล้ายคลึงกันมาก ต้นพืชจากตัวอย่างที่แตกต่างกัน 16 ตัวอย่าง มีจำนวนโครโมโซม 2n เท่ากัน คือ 54 มีสูตรแคริโอไทป์เป็น $L_2^m + L_2^a + L_2^{sm} + M_2^a + S_4^a + S_{36}^m + S_6^{sm}$

คำสำคัญ: นางแลว การศึกษาลักษณะ สัณฐานวิทยา กายวิภาควิทยา แคริโอไทป์

Abstract

Peliosanthes teta Andr., domesticated indigenous vegetable, obtains high potential for commercial production. Huai Hong Khrai Royal Development Study Center, Doi Saket, Chiang Mai carried out surveys and collections of the plants in the areas of the upper north. The plants were then grown in the collection plots inside the center. Samples of 73 accessions were taken for characterization, morphologically and anatomically. Plant parts studies included roots, stems, leaves and flowers. The chromosomes were also investigated. Studies showed that the plant accessions shared similar morphological and anatomical structures. Chromosome number checked from 16 accessions were the same, i.e. 2n = 54. Karyotypic formula was $L_2^m + L_2^a + L_2^{sm} + M_2^a + S_4^a + S_{36}^m + S_6^{sm}$.

Keywords: *Peliosanthes teta* Andr., characterization, morphological, anatomic, karyotypic

คำนำ

นางแลว (*Peliosanthes teta* Andr.) อยู่ในวงศ์ Liliaceae (Jessop, 1979) เป็นพืชป่าซึ่งชาวบ้านนำออกมาปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ โดยการนำช่อดอกอ่อนไปประกอบอาหาร (ปริทรรศน์ และชูศรี, 2542; เพ็ญนภา, 2548) ปัจจุบันได้รับความนิยมจึงมีการปลูกเลี้ยงมากขึ้นตามชนบทบางแห่งในภาคเหนือ ด้วยเหตุที่นางแลวออกดอกตามฤดูกาลและช่อดอกจำหน่ายได้ราคาดี จึงควรที่จะต้องมีการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของพืชชนิดนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาต่อเนื่องหากจะมีการผลิตเพื่อการค้าต่อไปในอนาคต

ในปี พ.ศ. 2552 พรรัตน์ และคณะ ได้สำรวจแหล่งพันธุกรรมของนางแลวในบางพื้นที่ของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน น่าน พะเยา แพร่ ลำปาง และลำพูน และได้นำต้นพืชตัวอย่างรวม 73 ตัวอย่างที่แตกต่างกันไปปลูกเลี้ยงไว้ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา กายวิภาควิทยา และแคริโอไทป์ของตัวอย่างดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาต่อเนื่อง โดยมีจุดประสงค์ในการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของลักษณะของนางแลวซึ่งกระจายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆ ที่มีนิเวศวิทยาแตกต่างกัน ข้อมูลที่บันทึกได้จากการศึกษานี้อาจจะมีประโยชน์ในการใช้ประกอบข้อมูลด้านอื่นๆ เพื่อการจำแนกพันธุ์ตลอดจนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชชนิดนี้ได้หากจะมีการปรับปรุงพันธุ์นางแลวในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของส่วนประกอบของต้นนางแลวอันได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ดอก และผลนั้นใช้ต้นพืชจากแปลงปลูกนางแลว 73 ตัวอย่างที่แตกต่างกันเป็นตัวอย่างเพื่อการศึกษา แปลงปลูกเหล่านั้นอยู่ในบริเวณพื้นที่รวบรวมพันธุ์พืชผักพื้นบ้านภายในศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ การบันทึกข้อมูลทำในระยะที่ส่วนประกอบของต้นพืชเจริญเติบโตเต็มที่

ลักษณะทางกายวิภาควิทยาของ ราก ลำต้น ใบ และดอกของพืชตัวอย่างนั้นศึกษาจากเนื้อเยื่อที่ตัดตามยาวและตัดตามขวาง โดยใช้ตัวอย่างจากต้นนางแลวซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันทางสัณฐานวิทยา เตรียมเนื้อเยื่อตัวอย่างด้วยเทคนิคการฝังเนื้อเยื่อในพาราฟินและย้อมเนื้อเยื่อที่ตัดแล้วด้วยสี hematoxylin ตามวิธีการที่บรรยายโดย Johansen (1940)

การศึกษาโครโมโซมของนางแลวเป็นการศึกษาจากเนื้อเยื่อปลายรากด้วยวิธีขยี้เซลล์ตามวิธีการของ Dyer (1979) ซึ่งดัดแปลงโดยดวงทิพย์ (2539) ใช้ตัวอย่างปลายรากจากต้นพืช 16 ต้น

ผลการวิจัย

การศึกษาลักษณะของต้นนางแลวโดยใช้ตัวอย่างที่แตกต่างกันจำนวน 73 ตัวอย่าง ซึ่งต้นพืชดังกล่าวได้มาจากการขยายพันธุ์จากต้นพืชที่มาจากแหล่งปลูกเลี้ยงและแหล่งกระจายพันธุ์แตกต่างกัน ผลการศึกษามีดังนี้

1. ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

นางแลวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว **ราก** มีลักษณะอวบ มีขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลางของราก คือ 0.22-0.30 เซนติเมตร (ซม.) รากยาว 12.1-24.0 ซม. มี 9-12 รากต่อกอ **ลำต้น** เป็นไรโซมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.01-1.46 ซม. **ใบ** เป็นใบเดี่ยว สีเขียว ใบเรียวยาว ปลายใบแหลม ขอบใบเรียบ ขนาดกว้าง 3.3-4.0 ซม. ยาว 17.8-25.3 ซม. มีแกนกลางใบชัดเจน เส้นใบมี 7-10 เส้น **ช่อดอก** เป็นช่อแบบช่อกระจะ ก้านช่อดอกสีขาว ตั้งตรง **ดอก** เป็นดอกสมบูรณ์เพศมีสมมาตร สีขาวอมม่วง กลีบเลี้ยงมี 3 กลีบ กลีบดอกมี 3 กลีบ อับเรณูสีเหลืองมี 6 อัน เกสรเพศเมียมี 1 อัน เป็นแบบมีก้าน ยอดเกสรเพศเมียมีลักษณะกลม รังไข่อยู่ใต้วงกลีบ มี 3 คาร์เพล **ผล** เป็นผลเดี่ยว มีสีน้ำเงิน (Figure 1)

Figure 1 *Peliosanthes teta* Andr.: whole plant (A), leaves (B), inflorescence (C), flower (D) and fruits (E)

2. ลักษณะทางกายวิภาควิทยา

จากเนื้อเยื่อของส่วนประกอบของต้นนางแลวซึ่งตัดตามยาวและตามขวางพบว่าลักษณะทางกายวิภาควิทยาของส่วนประกอบของต้นพืชมีดังนี้

2.1 ราก เนื้อเยื่อผิวประกอบด้วยเซลล์ชั้นเดียว เซลล์ผิวในภาคตัดขวางมีลักษณะยาวเรียวในแนวตั้ง ผนังเซลล์ด้านนอกไม่หนามาก มีชั้นใต้ผิวใบเป็นเซลล์รูปร่างค่อนข้างกลมและมีขนาดเล็ก ผนังเซลล์ค่อนข้างหนา มี 1 ชั้นเซลล์ เนื้อเยื่อคอร์เท็กซ์เป็นเซลล์พาเรงคิมาที่มีรูปร่างและขนาดไม่แน่นอน เซลล์ค่อนข้าง

กลม เนื้อเยื่อระบบนี้ครอบคลุมพื้นที่ค่อนข้างมาก ในขณะที่กระบอกท่อลำเลียงมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับพื้นที่ของเนื้อเยื่อคอร์เท็กซ์ รอบนอกของกระบอกท่อลำเลียงมีชั้นของเซลล์เอ็นโดเดอร์มิสที่มีแถบคาสพาเรียน กระบอกท่อลำเลียงมีเนื้อเยื่อโฟลเอ็มอยู่ด้านนอกของเนื้อเยื่อไซเล็ม (Figure 2)

2.2 ลำต้น จากภาคตัดขวางพบว่าผิวนอกของลำต้นมีลักษณะเป็นคลื่น เนื้อเยื่อผิวมี 1 ชั้น เซลล์ผิวมีรูปร่างสี่เหลี่ยมและมีขนาดไม่แตกต่างจากเซลล์ในชั้นถัดเข้าไปมากนัก เป็นเซลล์พาเรงคิมามีรูปร่างสี่เหลี่ยม ผนังเซลล์ด้านนอกมีคิวทินเคลือบบางๆ เนื้อเยื่อใต้ชั้นเซลล์ผิวมีประมาณ 3-4 ชั้นเซลล์เรียงตัวกันแน่น เซลล์มีรูปร่างกลมและมีผนังเซลล์หนา เนื้อเยื่อพื้นประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมารูปร่างไม่แน่นอน จากรูปร่างกลมจนถึงรูปหลายเหลี่ยม มัดท่อลำเลียงกระจายอยู่เฉพาะในเนื้อเยื่อพื้นด้านใน โดยที่เนื้อเยื่อพื้นด้านนอกซึ่งครอบคลุมพื้นที่ในแนวรัศมีของภาคตัดขวางของลำต้นในปริมาณที่ใกล้เคียงกับเนื้อเยื่อพื้นด้านในนั้นแยกออกจากเนื้อเยื่อพื้นด้านในเห็นเป็นขอบเขตชัดเจน เนื่องจากมีชั้นของเซลล์พื้นที่มีขนาดเล็กกว่าเซลล์พื้นอื่นๆ ค่อนข้างมากเรียงตัวคั่นอยู่ 3-4 ชั้น (Figure 2)

2.3 ใบ ภาคตัดขวางของเนื้อเยื่อใบแสดงชัดเจนว่าใบของนางแลวเป็นแบบใบพับจีบ ประกอบด้วยเนื้อเยื่อผิวด้านบนใบและด้านใต้ใบด้านละ 1 ชั้น เซลล์ผิวเหล่านั้นมีรูปร่างค่อนข้างกลมจนถึงสี่เหลี่ยม มีคิวทินเคลือบหนา ชั้นของมีโซฟิลล์เป็นเนื้อเยื่อของเซลล์พาเรงคิมาเรียงตัวกันค่อนข้างแน่น เซลล์มีขนาดและรูปร่างไม่แน่นอน ไม่แบ่งเป็นชั้นแพลิเซดและสปอนจี พบผลึกรูปเข็มในเนื้อเยื่อชั้นนี้ ปากใบปรากฏเฉพาะที่ผิวใบด้านใต้ใบ เซลล์ข้างมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์คุม ท่อลำเลียงเป็นแบบท่อลำเลียงเคียงข้าง มีเซลล์ไซเล็มอยู่ด้านผิวใบด้านบน (Figure 2)

2.4 ดอก มีสมมาตร จากภาคตัดตามขวางพบว่าอับเรณูของดอกตูมมีเซลล์ที่ให้กำเนิดเรณูบรรจุอยู่เต็มและในดอกบานที่อยู่ในระยะปลดปล่อยเรณูนั้นในอับเรณูมีเรณูที่สมบูรณ์เป็นส่วนใหญ่ รังไข่ที่เห็นจากภาคตัดขวางของดอกตูมนั้นมีออวุลที่พัฒนาเต็มที่แล้วและออวุลอยู่ในลักษณะที่สมบูรณ์ บางอันเกิดโพรงรังไข่แล้ว (Figure 3)

3. แคริโอไทป์

นางแลวมีโครโมโซม 2n = 54 ประกอบด้วยโครโมโซม 3 ขนาด คือ **โครโมโซมขนาดใหญ่** ซึ่งมีความยาว 7.395-4.413 ไมครอน มี 3 คู่ คู่ที่ 1 เป็น metacentric chromosome คู่ที่ 2 เป็น acrocentric chromosome และคู่ที่ 3 เป็น submetacentric chromosome **โครโมโซมขนาดกลาง** มีความยาว 4.412-3.698 ไมครอน เป็น acrocentric chromosome มีเพียง 1 คู่ คือ คู่ที่ 4 นอกจากนั้นเป็น**โครโมโซมขนาดเล็ก** ซึ่งมีความยาว 3.697-1.430 ไมครอน มี 23 คู่ เป็น acrocentric chromosome 2 คู่ คือ โครโมโซมคู่ที่ 5 และ 8 เป็น submetacentric chromosome 3 คู่ คือ โครโมโซมคู่ที่ 7, 9 และ 15 ส่วนที่เหลือเป็น metacentric chromosome คือ คู่ที่ 6, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 และ 27 (Figure 4A และ Table 1)

เมื่อจัดเรียงขนาดของโครโมโซมจากขนาดใหญ่ไปหาขนาดเล็กสามารถเขียนสูตรแคริโอไทป์คือ $L_2^{m} + L_2^{a} + L_2^{sm} + M_2^{a} + S_4^{a} + S_{36}^{m} + S_6^{sm}$

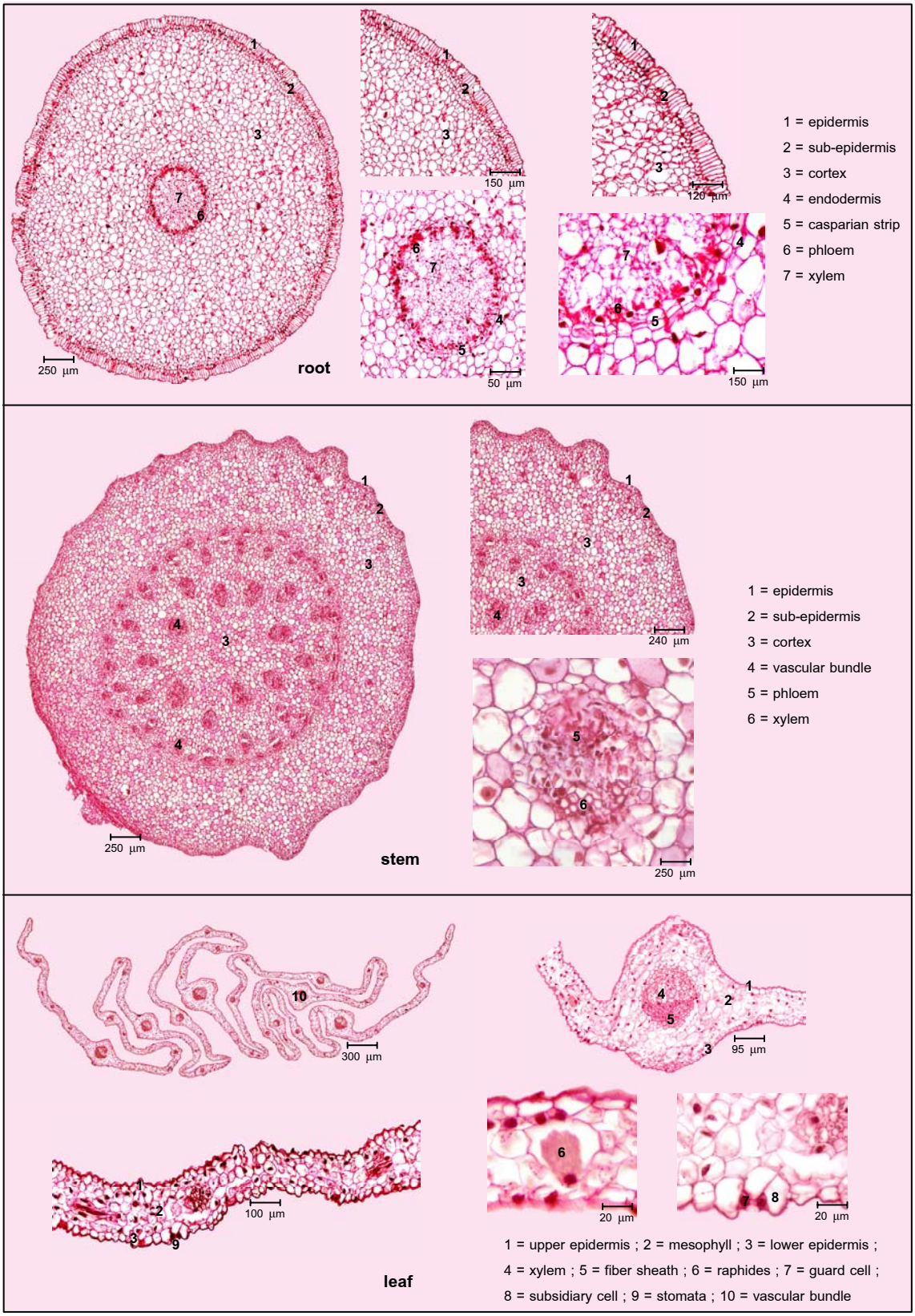


Figure 2 Cross sections of root, stem and leaf

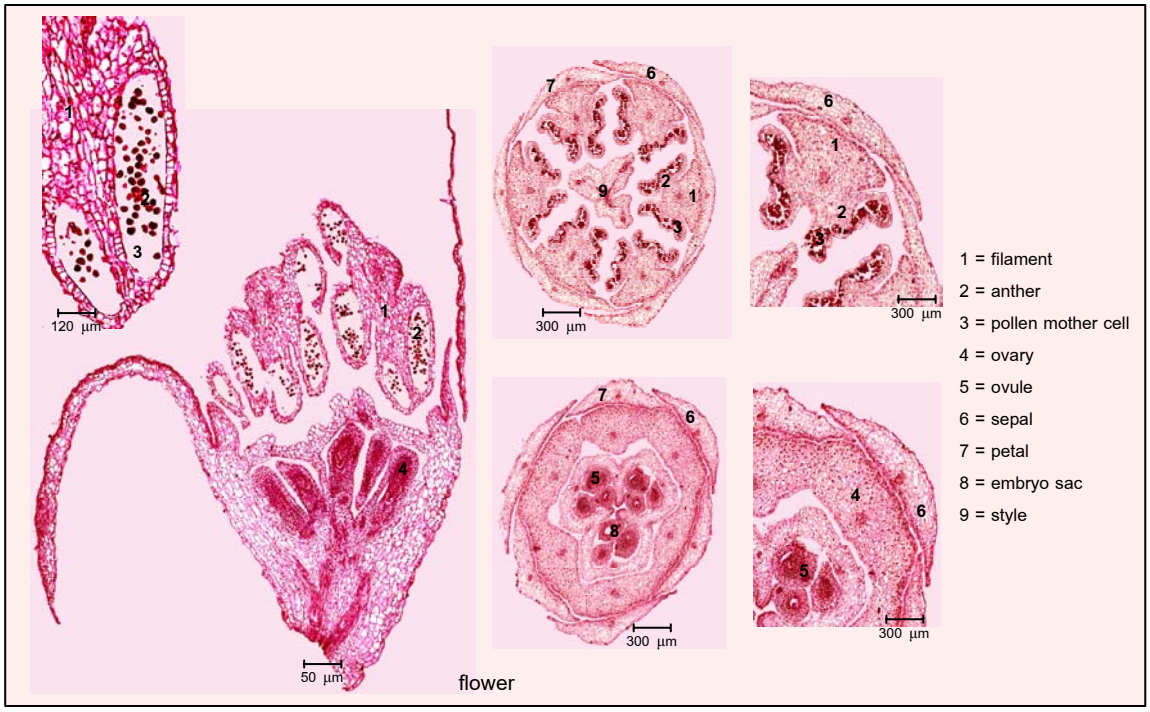


Figure 3 Long and cross sections of the flower

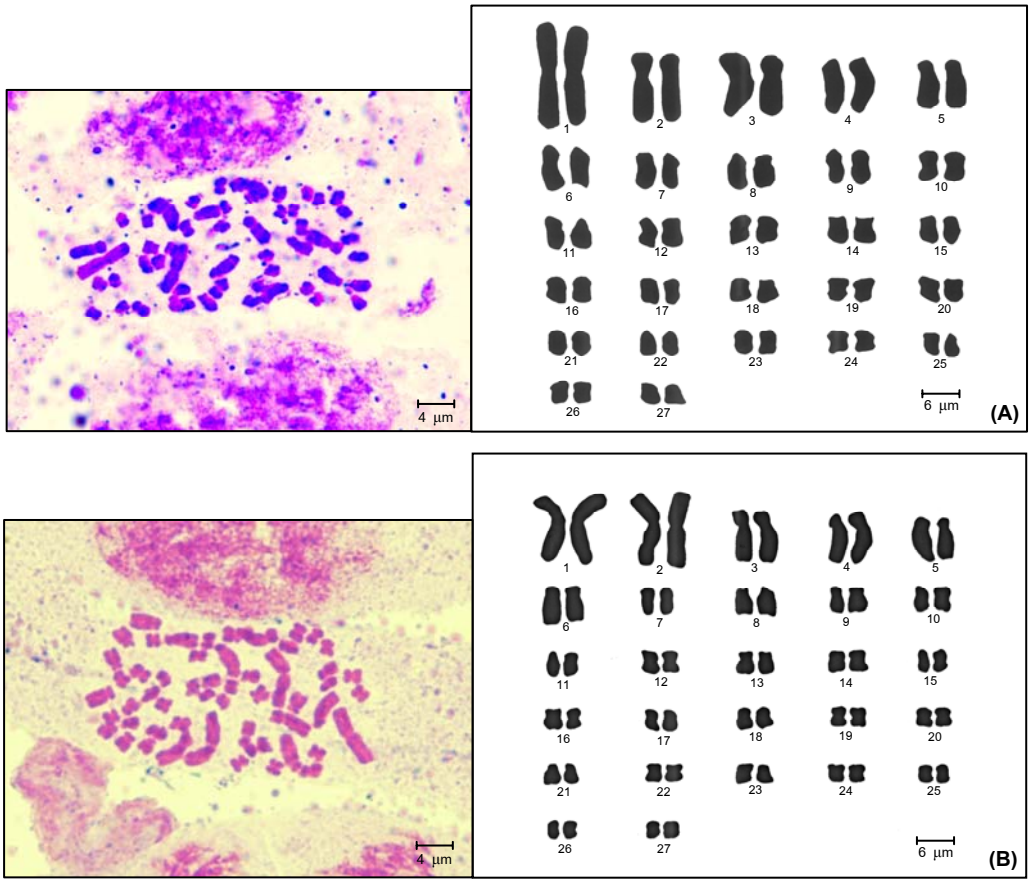


Figure 4 Somatic chromosomes (2n = 54) and idiogram of *Peliosanthes teta* Andr.

Table 1 Chromosome length and centromeric index

Number	Short arm length (Ls)	Long arm length (LI)	Total length (LT)	Relative length (RL)	Centromeric index (CI)
1	3.668	3.728	7.395	0.113	0.504
2	1.448	3.380	4.828	0.074	0.700
3	1.758	2.670	4.428	0.068	0.603
4	1.080	2.983	4.063	0.062	0.734
5	0.833	2.560	3.393	0.052	0.755
6	1.353	1.870	3.223	0.049	0.580
7	0.838	1.843	2.680	0.041	0.688
8	0.718	1.733	2.450	0.037	0.707
9	0.893	1.550	2.443	0.037	0.635
10	0.980	1.205	2.185	0.033	0.551
11	0.903	1.150	2.053	0.031	0.560
12	0.833	1.200	2.033	0.031	0.590
13	0.863	1.070	1.933	0.030	0.554
14	0.815	1.075	1.890	0.029	0.569
15	0.678	1.188	1.865	0.029	0.637
16	0.785	0.918	1.703	0.026	0.539
17	0.698	0.955	1.653	0.025	0.578
18	0.705	0.905	1.610	0.025	0.562
19	0.700	0.895	1.595	0.024	0.561
20	0.710	0.870	1.580	0.024	0.551
21	0.735	0.838	1.573	0.024	0.533
22	0.723	0.825	1.548	0.024	0.533
23	0.675	0.810	1.485	0.023	0.545
24	0.693	0.775	1.468	0.022	0.528
25	0.608	0.850	1.458	0.022	0.583
26	0.625	0.825	1.450	0.022	0.569
27	0.618	0.813	1.430	0.022	0.568

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการสำรวจแหล่งปลูกเลี้ยงและแหล่งกระจายพันธุ์ของนางแลวในบางพื้นที่ของภาคเหนือตอนบน พบว่านางแลวเป็นผักพื้นเมืองที่มีการบริโภคในท้องที่ต่างๆ ของภาคเหนือมากและน้อยแตกต่างกันไป เช่น ในจังหวัดเชียงราย ลำปาง แพร่ และพะเยา มีการปลูกเลี้ยงและจำหน่ายตามตลาดท้องถิ่นค่อนข้างมาก ส่วนในจังหวัดน่าน เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน และลำพูน ปลูกเลี้ยงกันค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับสี่จังหวัดแรก แต่มีความต้องการผักชนิดนี้ในตลาดในเมืองค่อนข้างสูงและราคาดี ด้วยเหตุที่นางแลวเป็นพืชพื้นเมืองที่มีศักยภาพสูงในทางการค้าและสามารถใช้เป็นพืชผักทางเลือกให้กับผู้บริโภคอีกทั้งการปลูกเลี้ยงยังไม่แพร่หลาย ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับแหล่งกระจายพันธุ์ การรวบรวมพันธุ์ และการศึกษาพันธุกรรมของพืชชนิดนี้จึงมีประโยชน์สำหรับการศึกษาต่อเนื่องเพื่อผลักดันให้เป็นพืชผักเศรษฐกิจทางเลือกในอนาคต

ผลการศึกษาลักษณะของนางแลว 73 ตัวอย่างที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่านางแลวที่รวบรวมตัวอย่างมาจากป่ามีส่วนประกอบของต้นที่มีขนาดใหญ่กว่ากลุ่มที่มีการนำออกจากป่าไปปลูกเลี้ยงโดยเฉพาะใบมีขนาดใหญ่กว่า ก้านใบยาวกว่า และมีสีเขียวเข้มกว่า เนื่องจากมีสภาพทางนิเวศที่เอื้อต่อการเจริญเติบโต

มากกว่า แต่สิ่งที่น่าสนใจที่พบจากการศึกษาและสังเกตได้จากนางแลวกลุ่มที่มีการนำออกจากป่าไปปลูกเลี้ยง เมื่อเทียบกับกลุ่มที่เก็บตัวอย่างมาจากป่าในจังหวัดเดียวกัน คือ ต้นที่นำมาปลูกเลี้ยงมีการปรับตัวให้ทนกับสภาพแห้งแล้งได้มากขึ้นและออกดอกดีกว่า ทำให้ควรจะต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยของสภาพปลูกเลี้ยงที่จะมีผลในการเพิ่มผลผลิตของช่อดอก

สำหรับลักษณะทางกายวิภาคนั้นเท่าที่สรุปได้ในขั้นต้นจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าลักษณะของกลุ่มท่อลำเลียงน่าจะสามารถใช้แยกกลุ่มของพันธุ์นางแลวได้ในระดับหนึ่ง ในขณะที่การศึกษาโครโมโซมของตัวอย่างที่เป็นตัวแทนกลุ่มยังไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ อย่างไรก็ตามยังคงต้องมีการศึกษาในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องอีกต่อไปเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่มีรายละเอียดมากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

นางแลวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว รากมีลักษณะอวบขนาดใหญ่ ใบเรียวยาว ปลายใบแหลม ขอบใบเรียบ ช่อดอกแบบช่อกระจะ ผลเป็นผลเดี่ยวสีน้ำเงิน โครงสร้างทางกายวิภาควิทยามีลักษณะเช่นเดียวกับพืชใบเลี้ยงเดี่ยวทั่วไป ลักษณะที่น่าจะถือได้ว่าเป็นลักษณะจำเพาะคือเนื้อเยื่อรากมีแถบคาสพาเรียนที่เอ็นโดเดอร์มีสและลักษณะที่กลุ่มท่อลำเลียงของลำต้นกระจายอยู่เฉพาะที่บริเวณของเนื้อเยื่อพื้นด้านใน โครโมโซมจากเนื้อเยื่อปลายรากมี 2n = 54 สูตรแคริโอไทป์ คือ $L_2^{m} + L_2^{a} + L_2^{sm} + M_2^{a} + S_4^{a} + S_{36}^{m} + S_6^{sm}$

คำขอบคุณ

ขอบคุณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาโครงการเครือข่ายเชิงกลยุทธ์เพื่อการผลิต และพัฒนาอาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษาที่สนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ดวงทิพย์ วิทยศักย์. 2539. **ลักษณะทางสัณฐานวิทยา กายวิภาควิทยา และเซลล์วิทยาของว่านสี่ทิศ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

ปริทรรศน์ ไตรสนธิ และชูศรี ไตรสนธิ. 2542. **การสำรวจพืชผักพื้นเมืองในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย.** ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

พรรัตน์ ศิริคำ พิชัย ใจกล้า ฉันทลักษณ์ ติยายน ศิวาพร ธรรมดี และฉันทนา สุวรรณธาดา. 2552. การสำรวจผักพื้นเมืองในบางพื้นที่ของภาคเหนือตอนบน. **เอกสารการประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 4 "ทรัพยากรไทย: ผันสู่วิถีใหม่ในฐานไทย"**. ชลบุรี, 20-23 ตุลาคม 2552: 367-372.

เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ. 2548. **ผักพื้นบ้านภาคเหนือ.** บริษัทสามเจริญพาณิชย์ (กรุงเทพ) จำกัด: กรุงเทพฯ. 280 น.

Dyer, A.F. 1979. **Investigating Chromosome.** Edward Arnold Ltd: London. 139 p.

Jessop, J.P. 1979. Liliaceae. *In*: Steenis, C.G. and G.J. Van (eds) **Flora Malesiana Serial 1 Volume a Part 1.** Noorhoff: Netherlands. pp. 189-235.

Johansen, D.A. 1940. **Plant Microtechnique.** McGraw-Hill Book Co., Inc.: New York. 523 p.

พัฒนาการของดอกของเอื้องกลีบม้วน

Floral Development of *Liparis paradoxa* (Lindl.) Rchb. f.

อภิชัย ทหารไทย[1*] และฉันทนา สุวรรณธาดา[2]

Apichai Thahanthai[1*] and Chuntana Suwanthada[2]

[1]ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[2]ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ. ดอยสะเก็ด จ. เชียงใหม่ 50220

[1]Department of Plant Sciences and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

[2]Huai Hong Khrai Royal Development Study Centre, Doi Saket, Chiang Mai, Thailand 50220

*Coresponding author: thai_nobeta@hotmail.com

บทคัดย่อ

ศึกษาพัฒนาการของดอกของกล้วยไม้ดินชนิดเอื้องกลีบม้วน {*Liparis paradoxa* (Lindl.) Rchb. f.} ในฤดูกาลเจริญเติบโตของปี พ.ศ. 2552 จากเนื้อเยื่อของตายอดของต้นพืชและจากตาดอกที่มีพัฒนาการในระยะต่าง ๆ ด้วยเทคนิคการฝังเนื้อเยื่อในพาราฟิน พบว่า ต้นเอื้องกลีบม้วนเริ่มสร้างดอกโดยเกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเจริญทางใบไปเป็นจุดกำเนิดช่อดอกในสัปดาห์ที่สามของเดือนเมษายน จุดกำเนิดดอกย่อยดอกแรกเกิดในสัปดาห์แรกของเดือนพฤษภาคม เป็นส่วนประกอบของดอกเกิดเป็นลำดับจากวงนอกสุดของกลีบเลี้ยงเข้าไปด้านในสุดจนถึงเกสรเพศเมีย ดอกย่อยเกิดจากโคนช่อดอกไปหาปลาย พัฒนาการของช่อดอกเกิดจากการยืดตัวของเนื้อเยื่อปลายยอดเป็นแกนช่อดอกไปจนถึงระยะที่เกิดจุดกำเนิดของดอกย่อยดอกสุดท้ายบนแกนช่อดอกนั้น ใช้เวลาทั้งสิ้น 4 สัปดาห์

คำสำคัญ: พัฒนาการของดอก เอื้องกลีบม้วน

Abstract

Floral development of a terrestrial orchid species, *Liparis paradoxa* (Lindl.) Rchb. f. was studied during the growing season of the year 2009. Histology of apical buds and floral buds at different stages of floral development was investigated via paraffin embedding technique for plant tissue. It revealed that floral development started in the third week of April. The first floral primordium occurred in the first week of May. Development of floral parts took place in order from the outermost whorl of sepals inwards that of pistil. Development of an inflorescence from initiation to the rachis to that of the terminal floret took the whole four weeks.

Keywords: floral development, *Liparis paradoxa* (Lindl.) Rchb. f.

คำนำ

กล้วยไม้ดินในสกุลลิพาริสมีหลายชนิดที่มีลักษณะของทรงต้นตลอดจนช่อดอกและดอกเหมาะสมในการใช้เป็นไม้ดอกกระถาง เช่น เอื้องกลีบม้วน {*Liparis paradoxa* (Lindl.) Rchb. f.} เอื้องหางกระรอก (*L. regnieri* Finet) เอื้องฉัตรมรกต (*L. siamensis* Rolfe ex Downie) เอื้องมรกต (*L. sutepensis* Rolfe ex Downie) สำหรับเอื้องกลีบม้วนนั้นในธรรมชาติพบขึ้นเป็นกอตามพื้นดิน แต่ละต้นมีใบ 3-4 ใบ (สลิล, 2549; อบฉันท์, 2544) ใบมีสีเขียวและมีแถบสีม่วงที่บริเวณเส้นกลางใบเป็นแถบขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่แตกต่างกันไป ช่อดอกเกิดที่ปลายยอด ดอกเกิดค่อนไปทางปลายช่อ ก้านดอกยาว 6-7 มิลลิเมตร (มม.) ดอกยาว 7 มม. สีเขียวนวล (White and Sharma, 2000) หรือสีแดงอมม่วง (Seidenfaden, 1976) เอื้องกลีบม้วนนี้เมื่อทดสอบคุณสมบัติในการประดับในลักษณะของไม้กระถางในร่มพบว่าดอกบานอยู่กับต้นได้นาน จึงน่าจะมีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการค้า แต่อย่างไรก็ตามการผลักดันให้กล้วยไม้ชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นไม้ดอกกระถางได้อย่างครบวงจรนั้น จะต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับการเจริญและพัฒนาการของดอกควบคู่ไปด้วย อันเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่จะสามารถช่วยให้การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตของกล้วยไม้เหล่านั้นสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาพัฒนาการของดอกเอื้องกลีบม้วนตั้งแต่การเริ่มสร้างช่อดอกจนกระทั่งดอกบานเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาต่อเนื่องที่จะตามมา

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาพัฒนาการของดอกของเอื้องกลีบม้วนดำเนินการในฤดูกาลเจริญเติบโตของปี พ.ศ. 2552 โดยเก็บตัวอย่างของตายอดทุกๆ 2 สัปดาห์จากต้นพืชที่กำลังมีการเจริญเติบโต นำตัวอย่างลงแช่ในน้ำยา FAA (formalin-acetic acid-alcohol) เพื่อตรึงเซลล์และรักษาเนื้อเยื่อ ในระยะที่ต้นพืชมีการเจริญเติบโตของช่อดอกอ่อนนั้นเก็บตัวอย่างของดอกอ่อนที่มีระยะการเจริญและพัฒนาของดอกที่แตกต่างกันโดยเก็บตัวอย่างดอกอ่อนที่มีขนาดเล็กมากไปจนถึงดอกอ่อนมีขนาดใหญ่ที่สุด นำตัวอย่างลงแช่ใน FAA เช่นกัน การศึกษาเนื้อเยื่อของตายอดและดอกอ่อนขนาดต่างๆ ทำโดยการนำตัวอย่างของเนื้อเยื่อเหล่านั้นไปตัดตามยาวและตามขวาง โดยใช้วิธีการเตรียมเนื้อเยื่อถาวรแบบฝังในพาราฟินตามวิธีการของ Johansen (1940) เมื่อตัดเนื้อเยื่อที่ต้องการศึกษาให้มีความหนา 13-15 ไมครอน แล้วจึงนำมาย้อมด้วยสี safranin และ fast green ตามวิธีการของ Johansen (1940) เช่นกัน ก่อนที่จะปิดสไลด์อย่างถาวร จากนั้นนำสไลด์ที่เตรียมไว้ไปศึกษาเนื้อเยื่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์พร้อมบันทึกภาพ

ผลการวิจัย

การศึกษาการเจริญและพัฒนาของดอกของเอื้องกลีบม้วนจากเนื้อเยื่อของตายอดและดอกอ่อนซึ่งอยู่ในระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน พบว่าในสัปดาห์ที่สามของเดือนเมษายนเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดจากจุดเจริญที่ให้กำเนิดใบไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญทางดอก โดยพบว่ามีการแบ่งเซลล์ในส่วนของเนื้อเยื่อเจริญแนวตั้ง ทำให้เนื้อเยื่อมีการยืดตัวสูงขึ้นเพื่อพัฒนาไปเป็นแกนช่อดอก (r) (Figure 1A, 1B) ในสัปดาห์แรกของเดือนพฤษภาคม เนื้อเยื่อด้านนอกของแกนช่อดอกเกิดจุดเจริญเป็นตุ่มเล็กๆ ขึ้นมา 2 ตุ่ม

ในลักษณะสลับ ตุ่มทั้ง 2 นี้เป็นจุดกำเนิดของกาบรองดอก (bp) (Figure 1C) ซึ่งต่อมายืดตัวได้อย่างรวดเร็ว และมีการเกิดจุดกำเนิด (fp) ขึ้นมา 1 อัน ที่ซอกของกาบรองดอกนี้ (Figure 1D) การเกิดจุดกำเนิดดอกเกิดขึ้นทยอยกันไปจากโคนของแกนช่อดอกไปทางปลายในลักษณะสลับ การเกิดของจุดกำเนิดดอกเกิดขึ้นตั้งแต่สัปดาห์แรกของเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไปจนกระทั่งถึงจุดกำเนิดดอกสุดท้ายที่ปลายของแกนช่อดอกในสัปดาห์ที่สามของเดือนพฤษภาคม (Figure 1E)

พัฒนาการของดอกจากจุดกำเนิดดอกแต่ละอัน มีขั้นตอนของการเกิดส่วนประกอบของดอกเป็นลำดับจากวงดอกวงนอกสุดเข้าไปด้านใน กล่าวคือ มีการสร้างวงของกลีบเลี้ยง (calyx) ขึ้นก่อนจากจุดกำเนิดของกลีบเลี้ยง (sp) (Figure 2B) แล้วจึงมีการสร้างวงของกลีบดอก (corolla) จากจุดกำเนิดกลีบดอก (pp) ซึ่งอยู่ด้านในของจุดกำเนิดของกลีบเลี้ยง (Figure 2C) ต่อมามีการเกิดจุดกำเนิดของเส้าเกสร (cp) ซึ่งเป็นจุดกำเนิดรวมของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย (Figure 2D) การเจริญและพัฒนาของส่วนประกอบของวงต่างๆ นั้นเกิดขึ้นตามกันไปเป็นลำดับ ทำให้ตาดอกมีการขยายขนาดออกเรื่อยๆ ทั้งทางด้านกว้างและด้านยาวไปพร้อมๆ กัน

การเกิดเกสรเพศผู้และเพศเมียสังเกตได้เมื่อเส้าเกสรมีการยืดตัวควบคู่ไปกับการยืดตัวของกลีบดอกกลีบที่แปรรูปเป็นกลีบปาก (l) ซึ่งเจริญรวดเร็วกว่ากลีบดอกอีก 2 กลีบ (Figure 2E) จากนั้นเส้าเกสรจะเริ่มสร้างจุดกำเนิดของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย โดยที่เนื้อเยื่อส่วนบนของเส้าเกสรมีการเกิดตุ่มนูนซึ่งเป็นจุดกำเนิดเกสรเพศผู้ (ap) ในขณะที่เนื้อเยื่อส่วนล่างซึ่งเชื่อมกับเนื้อเยื้อส่วนโคนของกลีบดอกมีการเจริญและพัฒนาไปเป็นจุดกำเนิดของจงอย (rp) (Figure 2F) ซึ่งต่อมาพัฒนาเป็นส่วนที่กั้นระหว่างเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย (ro) (Figure 2G) ในขณะที่เกสรเพศผู้มีการเจริญและขยายยืดตัวสูงขึ้นไปนั้นบริเวณโคนของกลีบปากและกลีบดอกอีก 2 กลีบ มีการสร้างเนื้อเยื่อนูนออกมาเป็นจุดกำเนิดเกสรเพศเมีย (ptp) (Figure 2F, 4B) ต่อมาเนื้อเยื่อบริเวณนี้ขยายตัวและเชื่อมเข้ากับเนื้อเยื่อของจงอยแล้วเจริญขยายขนาดยืดยาวขึ้น โดยมีส่วนปลายแยกออกกลายเป็นยอดเกสรเพศเมีย (st) (Figure 2G, 2H) เมื่อดอกมีพัฒนาการมากขึ้น จึงมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ขึ้นในเกสรทั้ง 2 เพศ โดยที่เกสรเพศผู้มีการสร้างอับเรณู (a) ซึ่งต่อมามีเรณู (p) เกิดขึ้นอยู่ภายใน (Figure 3A-3D) ส่วนเกสรเพศเมียมีการสร้างรังไข่ (o) ซึ่งมีออวุล (ov) บรรจุอยู่ภายใน (Figure 4)

การพัฒนาของช่อดอกจากการเกิดจุดกำเนิดดอกแรกจนถึงดอกสุดท้ายที่ปลายแกนช่อดอกนั้นใช้เวลาทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ โดยที่ดอกแรกของช่อดอกเริ่มบานในสัปดาห์ที่สามของเดือนมิถุนายนและดอกสุดท้ายบานในสัปดาห์แรกของเดือนสิงหาคม

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

เอื้องกลีบม้วนออกดอกเป็นช่อจากปลายยอดของต้นดอกย่อยทยอยกันบานจากดอกที่อยู่โคนช่อไปหาปลายช่อ (Figure 5) เอื้องกลีบม้วนที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติออกดอกในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม ต้นเอื้องกลีบม้วนต้นหนึ่งๆ ใช้เวลาในการสร้างดอกจากการเริ่มกำเนิดช่อดอกจากเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของต้นพืชไปจนกระทั่งดอกย่อยดอกสุดท้ายที่ปลายช่ออยู่ในระยะเริ่มกำเนิดดอกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากระยะนี้จนถึงช่วงการแทงช่อดอกขึ้นมาเหนือดินใช้เวลาอีก 3 สัปดาห์ และดอกแรกของช่อบานในเวลาอีก 1 สัปดาห์ต่อมา การพัฒนาของดอกย่อยปรากฏว่ามีการสร้างส่วนประกอบของดอกเกิดเป็นลำดับตั้งแต่วงนอกสุดเข้าไป คือ จากวงของกลีบเลี้ยง วงของกลีบดอก ไปถึงวงของเกสรเพศผู้ เช่นเดียวกับการพัฒนาตาดอกของกล้วยไม้ *Cattleya labiata* Lindl. ดังรายงานไว้โดย Rotor and MacDaniels (1951) ส่วนการพัฒนาของช่อดอกจาก

ระยะเริ่มกำเนิดช่อดอกไปจนถึงระยะที่เกิดช่อดอกอ่อนที่ดอกมีส่วนประกอบของวงต่างๆ ครบแล้วนั้น วัชราภรณ์ (2550) ซึ่งศึกษาในกล้วยไม้ดิน 4 ชนิด คือ เอื้องพร้าว {*Phaius tankervilleae* (Banks ex L' Heritier) Blume} ช้างผสมโขลง (*Eulophia andamanensis* Rchb. f.) ลิ้นมังกร (*Habenaria rhodocheila* Hance) และอั้วสุเทพ {*H. malintana* (Blanco) Merrill} กล่าวว่าใช้เวลาแตกต่างกัน คือ 12, 5, 14 และ 17 สัปดาห์ ตามลำดับ

ข้อมูลที่ศึกษาได้ในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงขั้นตอนในการสร้างดอกของเอื้องกลีบม้วน ตลอดจนระยะเวลาของการพัฒนาของช่อดอกและดอกย่อย โดยมีช่วงเวลาของฤดูกาลกำกับทำให้เกิดประโยชน์ในการศึกษาการบังคับการออกดอกตลอดจนปัจจัยที่คาดได้ว่าจะมีผลต่อการสร้างและเจริญของดอก

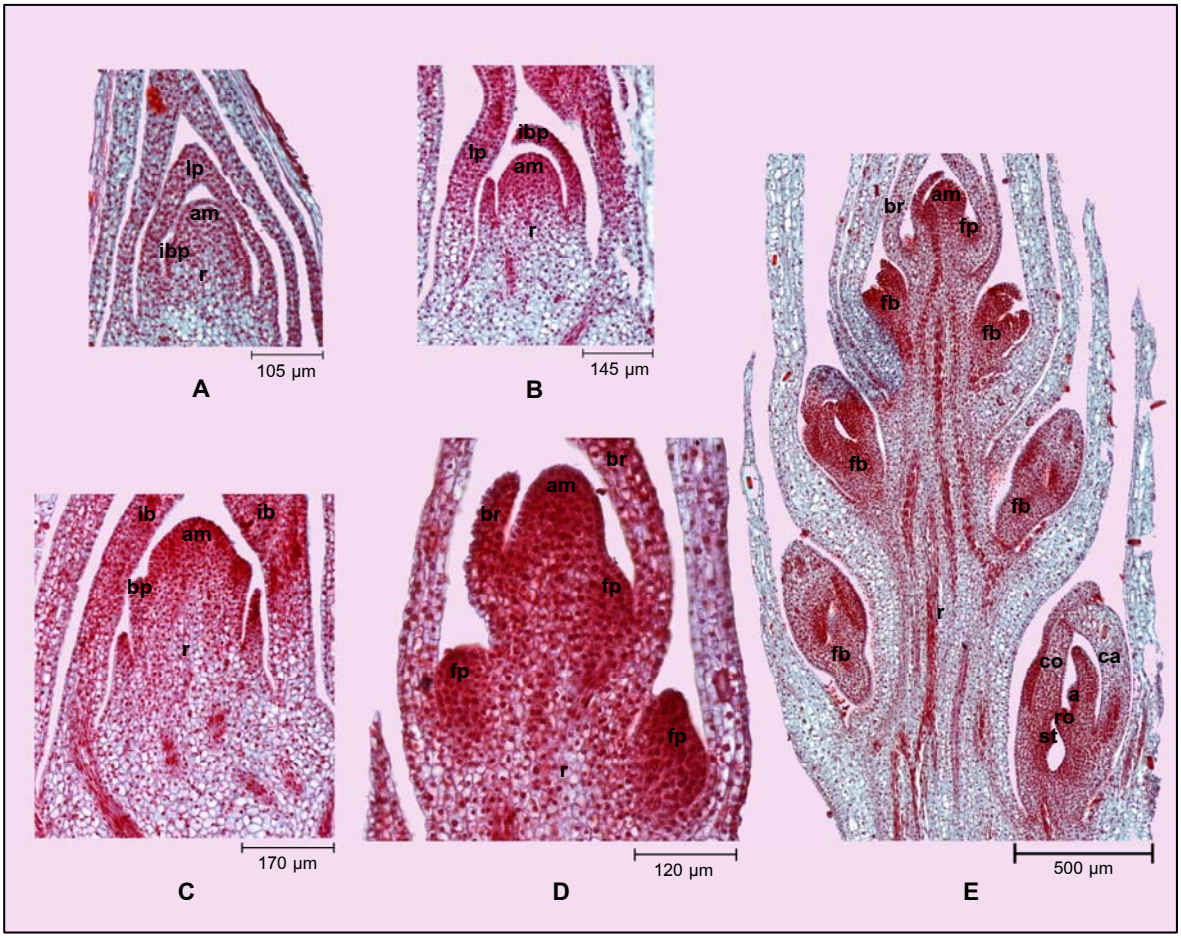


Figure 1 Long sections of apical buds and young inflorescences of *Liparis paradoxa* (Lindl.) Rchb. f.

a = anther; am = apical meristem; bp = bract primordium; br = bract; ca = calyx; co = corolla; fb = floral bud; fp = floral primordium; ib = inflorescence bract; ibp = inflorescence bract primordium; lp = leaf primordium; r = rachis; ro = rostellum; st = stigma

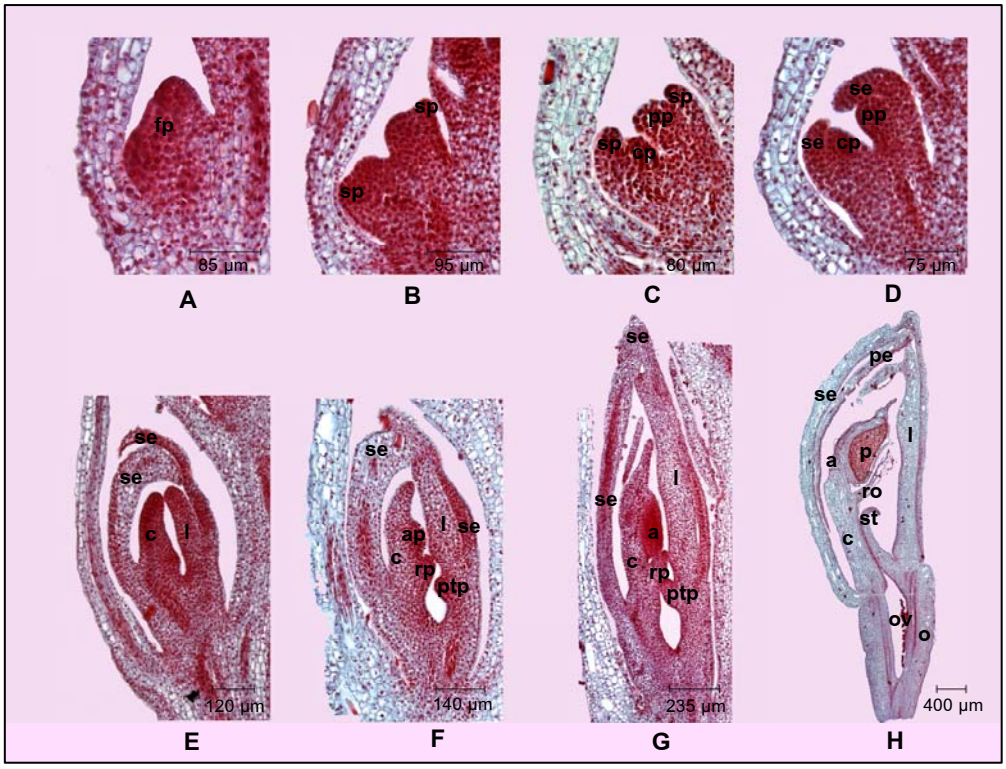


Figure 2 Long sections of floral buds of *Liparis paradoxa* (Lindl.) Rchb. f. in different stages of development

a = anther; ap = anther primordium; c = column; cp = column primordium; fp = floral primordium; l = lip; o = ovary; ov = ovul; p = pollinia; pe = petal; pp = petal primordium; ptp = pistil primordium; ro = rostellum; rp = rostellum primordium; se = sepal; sp = sepal primordium; st = stigma

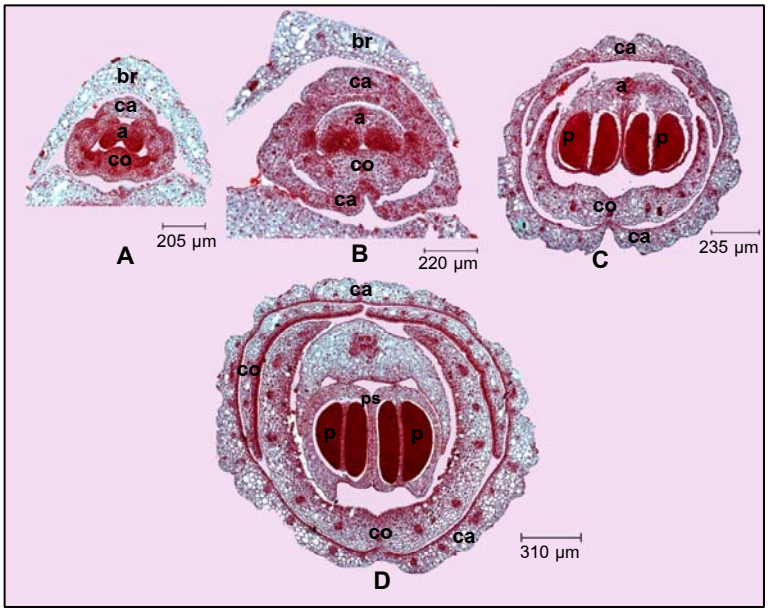


Figure 3 Cross sections of floral buds showing stamen development of *Liparis paradoxa* (Lindl.) Rchb. f.

a = anther; br = bract; ca = calyx; co = corolla; p = pollinia; ps = pollinia sac

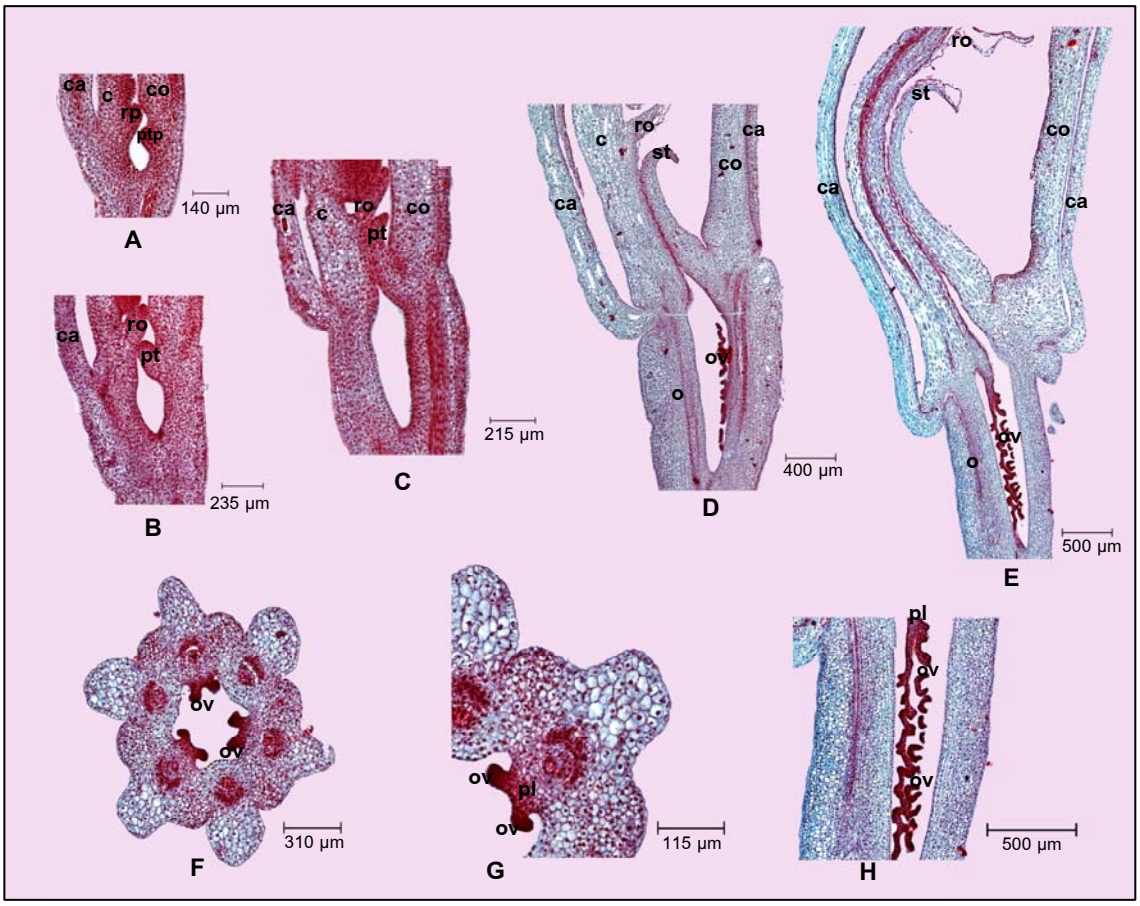


Figure 4 Cross and long sections showing pistil development of *Liparis paradoxa* (Lindl.) Rchb. f.

c = column; ca = calyx; co = corolla; o = ovary; ov = ovul; pl = placenta; pt = pistil;

ptp = pistil primordium; ro = rostellum; rp = rostellum primordium; st = stigma

Figure 5 *Liparis paradoxa* (Lindl.) Rchb. f. in bloom

คำขอบคุณ

ขอบคุณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมากจากพระราชดำริ ที่สนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

วัชราภรณ์ ชนะเคน. 2550. **ลักษณะและการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ดินบางชนิด**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

สลิล สิทธิสัจธรรม. 2549. **กล้วยไม้ป่าเมืองไทย**. อัมรินทร์พริ้นติ้ง: กรุงเทพฯ. 491 น.

อบฉันท์ ไทยทอง. 2544. **กล้วยไม้เมืองไทย**. อัมรินทร์พริ้นติ้ง: กรุงเทพฯ. 461 น.

Johansen, D.A. 1940. **Plant Microtechnique**. McGraw-Hill Book Co., Inc.: New York. 523 p.

Rotor, G. and L.H. MacDaniels. 1951. Flower bud differentiation and development in *Cattleya labiata* Lindl. **American Journal of Botany**. 38: 147-152.

Seidenfaden, G. 1976. **Orchid Genera in Thailand IV *Liparis* L. C. Rich**. Dansk Botanisk Arkiv: Denmark. 105 p.

White, K. and B. Sharma. 2000. **Wild Orchids in Napal: The Guide to the Himalayan Orchids of the Tribhuvan Rajpath and Chitwan Jungle**. White Lotus Co., Ltd.: Bangkok. 307 p.

Production of Triploid Seedling Progenies from Sweet and Sour Calamondin (x *Citrofortunella mitis* Ingram & Moore) by Chemical Applications

Arbind Mani Tripathi[1*], Sahha Toolapong[1], Sureeporn Jariangprasert[2] and Settha Siripin[3]

[1]Department of Horticulture, Faculty of Agriculture Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Division of Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[3]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: arbind.tripathi@yahoo.com

Abstract

Triploid cultivars have great economic value, and can be produced through somatic polyploidization. In this study, five doses, 0, 0.01, 0.03, 0.05, 0.07% of colchicine and trifluralin were applied to meristematic buds of sweet and sour calamondin. Statistically significant differences were found in stomata guard cell length and stomata guard cell width in sweet calamondin as well as length of shoots, number of leaf, thickness of leaf, area of leaf and stomata guard cell length in sour calamondin. In addition, 34.38% of seedlings were found from embryos and observed 0.33% triploid seedlings and others remain diploid. Two seedlings from 0.03% and one seedling from 0.05% concentration of colchicine treatments successfully produced triploid seedlings in sweet calamondin. Moreover, triploid seedlings were not found in sour calamondin and other concentrations from observed seedlings, but indicated vegetative and reproductive growth differences were found among all the treatments. However, colchicine was effective in triploid seedling production but in order to determine the exact number of ploidy levels, all embryos germination is necessary.

Keywords: colchicine, trifluraline, chromosomes, polyploidy, calamondin

Introduction

Calamondin (x *Citrofortunella mitis* Ingram & Moore) is one of the dwarf natural hybrid citrus variety which is widely distributed in Southeast Asia and related to family Rutaceae. The fruit looks like Kumquat and its flesh is juicy, sweet and sours (Takeuchi *et al*., 2005).

The world citrus market scenario and consumers' willingness, seedless citrus varieties have a distinct commercial advantage. Seedy cultivars are accepted only if seedless cultivars are not present or they are much superior in fruit characteristics than seedless cultivars. Now a days seedy citrus fruits are becoming unacceptable on international fresh markets. However, seediness is

considered as an obstacle in releasing newly selected high quality mandarins (Vardi, 1996). There are a number of cultivars with desirable horticultural characteristics which have not attained commercial importance because of their seediness (Fatta *et al*., 1992). Moreover, presence of a large number of seeds in calamondin fruits is a big obstacle in consumer acceptability even fruit posse's high good quality. Therefore, production of seedless (triploid) citrus fruits could lead to the improvement of quality of fresh fruits.

Seedless fruits derived from polyploidy breeding that the combination of two or more differentiated genomes (Stebbins, 1971). The triploid citrus (2n=3x=27) are possible between the crosses of diploid (2n=2x=18) and tetraploid (2n=4x=36) citrus. The diploids plants before crossing with diploids needs to become tetraploids that allows to produce triploid progeny. The use of mitotic inhibitors (colchicine, trifluralin *etc*.) on shoot meristems is a way to produce tetraploid plant and has been the primary method to produce somatic polyploidization in citrus (Barrett, 1974).

Since 1930s, colchicine has been widely used for polyploidization in plants (Blakeslee and Avery, 1937). Moreover, it gives the highest rate of polyploid induction such as tetraploids (Adaniya and Shirai, 2001). In addition, trifluralin (anti-microtuble herbicides) has shown greater affinity for binding to plant microtubules than animal microtubules and produce polyploidization in plants (Bayer *et al*., 1967). Furthermore, in this study, colchicine and trifluralin chemicals were used to the meristematic buds of shoots in order to produce triploid seedling progenies, triploid seedlings from sweet and sour calamondin, and find out effective chemicals and their optimum concentrations.

Materials and Methods

The experiment was carried out at the orchard of pomology division, Maejo University. Twenty six sweet and seventeen sour calamondin pot plant of approximately 2.5 feet height were selected for experiment. The plants were grown under natural daylight condition. Moreover, experiment was done in two factor completely randomized design (CRD) with four replications. Factor one was colchicine and trifluralin chemicals, and factor two was five levels (0.00, 0.01, 0.03, 0.05 and 0.07%) of chemical concentrations. So, 40 (2x5x4) healthy branches of sweet and same number of sour calamondin were selected, and removed the apex part of the selected branches except three axillary buds that had approximately 2 inches height. The cotton wool soaked with 0.00, 0.01, 0.03, 0.05 and 0.07% of colchicine and trifluralin were applied to the axillary buds, wrapped with plastic sheet and tied with thread, then covered with aluminium foil. The treatments were done during 4.00-5.00pm. After six days, all the wrapping materials were removed then the buds were started to immerge slowly.

Treated shoots started to initiate flower buds, and those matured flower buds were emasculated in evening and covered with small paraffin paper bag. Emasculated flowers' pollen grains were put under the artificial light for full blooming at least for 12 hours. Next day morning at 9.00-10.00 am. the treated emasculated flower was pollinated by untreated emasculated pollen grains and vice versa. Then, again the pollinated flowers were covered with small paraffin paper bag to control unwanted pollination. After pollination, the fertilized flower started fruit setting, then removed the paraffin paper bag completely and fruits became mature. The vegetative and reproductive phase data were collected according to objectives.

Mature fruits were obtained from the treatments, extracted seeds, and removed the outer and inner coat of seeds. After removing the outer and inner seed coats, the embryos were checked and germinated on moistened double thickness filter papers in petri dishes at room temperature and eliminated very small embryos which could not germinate. Meristematic root of well germinated embryos were examined for the ploidy level.

Chromosomes number count was carried out in meristematic cells of root tips of seedlings from sweet and sour calamondin. For pretreatment root tips were cut between 9.00-10.00 am. and treated with 0.002 M 8-hydroxyquinoline solution and kept at 15^{0}C for 18 hours. Then specimens were fixed in 3:1 mixture of 99% of ethyl alcohol and acetic acid for 24 hours at room temperature. After fixation, root tips were hydrolyzed for 3-4 times with distilled water, the specimens were cut in very small pieces as we could then immersed in 1% lacto propionic-orcein solution at least for 5 minutes and used squashing techniques to break the material according to Love and Love (1975).

Data were collected at fixed intervals, analyzed using excel programs and also statistically by using analysis of variance and mean comparisons from computer program of 'Statistical Analysis System' (SAS).

Results and Discussion

A. Result

1. Vegetative phase

After removing the chemically soaked cotton wool from treatments, treated axillary buds new growth delayed emerging in comparisons with control. Moreover, the shoot lengths revealed different height (Table 1 and 2). Additionally, the height of treated shoot showed negative relationship with chemical concentrations in sweet calamondin except 0.03% of colchicine and 0.01% of trifluralin treatment while in sour calamondin; treated shoots height showed mix relationship among treatments and they were less than control. Moreover, colchicine and trifluralin treated shoots showed 25% and 75% mortality rate in sweet calamondin respectively while 25% shoot mortality rate was found from trifluralin treatment in sour calamondin. In sweet calamondin, shoot length did not show statistically significant differences ($p > 0.05$) (Table 1), however, it was significantly less than control from colchicine treatment. Furthermore, statistically highly significant difference was found from treated shoot length in sour calamondin ($p < 0.01$) (Table 2).

The statistically significant differences were found in stomata guard cell length and stomata guard cell width from sweet calamondin as well as length of shoots, number of leaf, thickness of leaf, leaf area and stomata guard cell length in sour calamondin. No statistically significant difference was seen in the length of shoots, number of leaf, thickness of leaf and leaf area from the treatment of sweet calamondin as well as the chlorophyll content and number of stomata from the treatment of sweet and sour calamondin, and stomata guard cell width from sour calamondin. However, some indicative features were showed differences among the treatments (Table 1 and 2).

2. Reproductive phase

In reproductive phase, chemicals showed the negative relationships between number of flowers and chemical concentrations in sweet and sour calamondin. The percentage of fruit setting showed positive relationships among treatments in sweet calamondin but in sour calamondin fruit set showed negative relationship except in 0.07% of colchicine and 0.03% trifluralin treatments. However, the seed number, embryos and seedlings revealed variations among the treatment but not found positive and negative relationship with chemical concentrations. Moreover, 1.34-6.08 numbers of seeds per fruit was found in sweet calamondin while the sour calamondin showed 1.00-2.50 numbers of seeds per fruit (Table 3 and 4). In addition, the total number of 902 (34.38%) seedlings were observed from embryos (2623) and found three (0.33%) triploid seedlings and others remain diploid seedlings (Table 3 and 4, Figure 1 and 2). In the case of triploid seedlings,

two seedlings (3.7%) were recovered from 0.03% and one seedling (1.12%) from 0.05% of colchicine concentrations in sweet calamondin (Table 3, Figure 2).

B. Discussion

Phenotypically, the effect of polyploidization on vegetative and reproductive parts of plants is difficult to predict. Kermani *et al*. (2003) found significantly shorter or longer internodes within induced polyploids. However, the first evidence for chemicals activity in calamondin was delayed in emerging of new growth from the treated buds in comparisons with untreated; probably this is why the shoot lengths showed different height. Moreover, the slow growth may be due to a physiological disturbance caused by colchicine, resulting in a reduced rate of cell division (Swanson, 1957). The mortality rate of treated shoots showed probably the chemicals effectiveness in sweet and sour calamondin, and the trifluralin treated shoots mortality rate was high due to herbicidal nature of trifluralin. Zlesak *et al*. (2005) found 65% mortality rate in trifluralin-mediated polyploidization of *Rosa chinensis* minima (Sims) Voss seedlings. Moreover, in sour calamondin, the statistically significant differences were seen in thickness of leaf from colchicine but not in positive way as ploidy level. However, statistically non significant results from thickness of leaf among the treatments revealed some inductive features in sweet and sour calamondin might be related with ploidy levels (Table 1 and 2). Barrett (1974) had showed that the thickness of leaves related with polyplodization in *Citrus*. The stomata guard cell length from sweet and sour calamondin as well as stomata guard cell width from sweet calamondin showed statistically significant differences, as stomatal frequency can be predicted with 83 and 87% accuracy by measuring stomatal guard cell length in coffee (Mishra, 1997). However, the size and number of stomata perhaps varied due to chemicals and environmental effect. Hence, only the stomata counting are not an effective method to find out the ploidy level in calamondin. Madon (2005) found, as stomata counting are not an effective method to assess the ploidy level in oil palm. The only sure way to determine whether chromosome doubling has occurred is to make chromosome counts (Ray, 2002).

The relationships between the physiological processes of plants and their productivity are not well understood, although some cultural techniques (irrigation, fertilization, *etc*.) can improve it (Marini and Trout, 1984). Nevertheless, the ability of colchicine and trifluralin has common effects to induce polyploids in plants, with unexpected numbers of chromosomes.

However, citrus exhibits polyembryonic seed development, (1–40 adventive embryos) (Fusurato, 1957) and the ratio deviates from other crosses depending on the species involved. But the nucellar embryony does not prevent normal sexual reproduction in citrus (Esen and Soost,

1977). The number of embryos per seed varies greatly even on one tree, variety, and also the average number of seedlings produced per seed is commonly much smaller than the total number of embryos. Moreover, the highest number of seeds were found in Bitter sweet orange (27.9) followed by Sour orange (14.8) (Jaskani *et al*., 2006). Hence, the similar result is indicating in table 3, 4 among the treatments in sweet and sour calamondin.

From colchicine treated shoots, three triploids seedlings were found from root meristems, suggesting chromosome polyploidization (Figure 2-2) induced by colchicine, and probably the seedling being inherently triploid through the union of an n and 2n gamete. However, the 2n gamete occurs widely, though sporadically, due to environmental and genetic factors (Sanford, 1983). Nevertheless, Kuntad (2005) found two triploid seedlings one from Lime and one from Meiwa Kumquat by using colchicine. Additionally, the lateral buds treated with colchicine in citrus cultivars and grafted onto monoembryonic citrus cultivars, and found 7.68 triploids per fruit when the tetraploid Kiyomi was used as the seed parent (Kaneyoshi *et al.*, 2008). Moreover, colchicine treatment at concentrations of 0.05–0.2% produced 40–76% tetraploid seedlings and was superior to 0.02% colchicine in Japanese Barberry (Lehrer *et al*., 2008).

C. Conclusion

In this study, 2138 embryos were found from seeds, and 686 (32.09%) seedlings were found from embryos in sweet calamondin (Table 3) while in sour calamondin, 485 numbers of embryos were found from seeds and 216 (44.54%) seedlings were found from embryos (Table 4). In addition, 902 seedlings were observed from 2623 embryos and found three (0.33%) triploid seedlings and others remain diploid seedlings (Table 3 and 4). In case of triploid seedlings, two seedlings (3.7%) were recovered from 0.03% and one seedling (1.12%) from 0.05% of colchicine concentrations in sweet calamondin (Table 3, Figure 1 and 2). Furthermore, colchicine was effective in triploid seedling production, but the high considerations needed to germinate all the embryos, to check the chromosomes, and to address the issue of induced ploidy mutation breeding by colchicine and trifluralin in calamondin.

Acknowledgements

I would like to express my sincere thanks to my chief advisor Assistant Professor Dr. Sahha Toolapong, advisory committee members Dr. Sureeporn Jariangprasert and Dr. Settha Siripin, for their valuable suggestions and guidance to this research work. Also, I would like to thank the Thailand International Cooperation Agency (TICA) for the financial support to research work.

Figure 1 Seedlings of sweet calamondin
(1) Diploid seedling and
(2) Triploid seedling

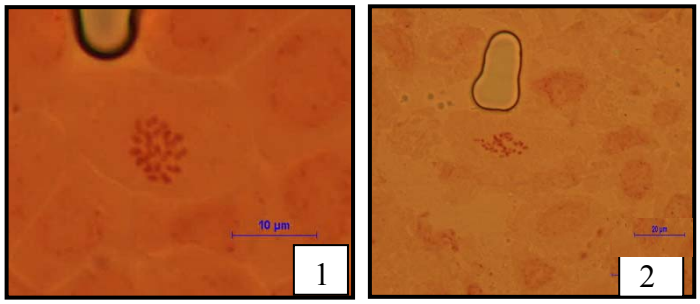


Figure 2 Chromosome number of sweet calamondin from root tip cells, (1) Diploid [2n=2x=18 and (2) Triploid [2n=3x=27]

Table 1 Shoot length, leaves, chlorophyll and stomata numbers after chemical application of sweet calamondin

Chemicals	(%)	Length of shoots (cm)	No of leaf	Thickness of leaf (mm)	Leaf area (cm^2)	Chlorophyll content	No. of stomata	Stomata length (µ)	Stomata width (µ)
	Control	9.09	14.81	0.27	11.53	69.25	65.29	6.42^{bc}	4.29^{ab}
Colchicine	0.01	5.46	10.67	0.36	11.01	65.82	69.78	7.31^{ab}	4.31^{ab}
	0.03	5.73	12.22	0.31	10.63	64.89	80.11	5.54^{c}	3.54^{b}
	0.05	3.47	9.83	0.26	9.97	66.47	75.37	6.87^{ab}	5.09^{a}
	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-
Trifluralin	0.01	11.65	14.37	0.36	13.12	69.99	66.64	7.48^{a}	3.73^{b}
	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-
	F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*
	CV (%)	77.59	50.64	30.63	35.61	12.15	10.39	9.07	14.95

Means with in columns followed by different letters differ significant by the DMRT

Table 2 Shoot length, leaves, chlorophyll and stomata numbers after chemical application of sour calamondin

Chemicals	(%)	Length of shoots (cm)	No of leaf	Thickness of leaf (mm)	Leaf area (cm^2)	Chlorophyll content	No. of stomata	Stomata length (μ)	Stomata width (μ)
Control		11.42^{a}	19.87^{a}	0.22^{a}	13.15^{ab}	56.53	90.60	5.65^{bc}	3.99
Colchicine	0.01	3.80^{bc}	6.76^{ab}	0.19^{ab}	8.46^{bc}	52.58	102.36	5.31^{bc}	3.56
	0.03	1.13^{c}	4.13^{b}	0.15^{b}	6.99^{c}	51.22	103.95	5.51^{c}	3.48
	0.05	3.18^{bc}	8.08^{ab}	0.21^{a}	8.53^{bc}	43.42	90.94	6.06^{ab}	4.56
	0.07	1.55^{c}	3.89^{b}	0.15^{b}	2.29^{d}	51.80	87.63	6.76^{a}	3.98
Trifluralin	0.01	9.25^{ab}	11.96^{ab}	0.21^{a}	13.62^{ab}	61.56	89.09	5.73^{bc}	4.06
	0.03	11.60^{a}	18.04^{ab}	0.18^{ab}	15.79^{a}	62.92	85.25	5.48^{bc}	4.23
	0.05	9.82^{ab}	14.42^{ab}	0.18^{ab}	11.05^{abc}	58.09	93.92	5.56^{bc}	3.81
	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-
F-Test		**	*	**	**	ns	ns	**	ns
CV (%)		60.52	70.90	15.23	28.89	18.07	11.24	7.99	11.77

Means with in columns followed by different letters differ significant by the DMRT

Table 3 Flowers, fruits, seeds, embryos and triploid seedlings' numbers after chemical application of sour calamondin

Chemicals		Number of								
		pollinated flowers	fruit sets (%)	seeds	seeds/ fruit	embryos	embryos/ seed	seedlings (%)	seedlings/ seed	3X seedlings (%)
Control		347	58(16.71)	303	5.22	1061	3.5	343(32.32)	1.13	-
Colchicine	0.01	71	29(40.85)	39	1.34	154	3.94	50(32.46)	1.28	-
	0.03	46	12(26.08)	48	4.00	217	4.52	54(24.88)	1.13	2(3.7)
	0.05	42	12(28.57)	73	6.08	214	2.93	89(41.58)	1.22	1(1.12)
	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	159	53(33.33)	160	11.42	585	11.39	193(32.99)	3.63	3(1.55)
	$\bar{x}$	53	17.66(33.33)	53.33	3.80	195.00	3.79	64.33(32.99)	1.21	1.5(2.33)
Trifluralin	0.01	129	30(23.25)	132	4.40	492	3.72	150(30.48)	1.14	-
	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	129	30(23.25)	132	4.40	492	3.72	150(30.48)	1.14	-
	$\bar{x}$	129	30(23.25)	132	4.40	492	3.72	150(30.48)	1.14	-

Table 4 Flowers, fruits, seeds, embryos and triploid seedlings' numbers after chemical application of sweet calamondin

Chemicals		Number of								
		pollinated flowers	fruit sets (%)	seeds	seeds/ fruit	embryos	embryos/ seed	seedlings (%)	seedlings/ seed	3X seedlings (%)
Control		100	37(37.00)	37	1.00	143	3.86	74(51.74)	2	-
Colchicine	0.01	25	5(20.00)	5	1.00	16	3.20	6(37.50)	1.20	-
	0.03	10	2(20.00)	5	2.50	18	3.60	9(50.00)	1.80	-
	0.05	14	2(14.28)	2	2.00	5	2.50	2(40.00)	1.00	-
	0.07	15	9(36.36)	14	1.55	55	3.92	25(45.45)	1.78	-
	Total	64	18(28.13)	26	7	94	13	42(44.68)	5.78	-
	$\bar{x}$	16.00	4.5(28.13)	6.5	1.75	23.50	3.25	10.5(44.68)	5.78	-
Trifluralin	0.01	54	17(31.48)	18	1.06	76	4.22	31(40.78)	1.72	-
	0.03	62	25(40.32)	29	1.16	104	3.58	44(42.30)	1.52	-
	0.05	40	11(27.50)	14	1.27	68	4.86	25(36.76)	1.78	-
	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	156	53(33.97)	61	3.49	248	12.66	100(40.32)	5.02	-
	$\bar{x}$	52.0	17.66(33.97)	20	1.16	82.7	4.22	33.33(40.32)	1.67	-

References

Adaniya, S. and D. Shirai. 2001. *In vitro* induction of tetraploid ginger (*Zingiber oficinale* Roscoe) and its pollen fertility and germinability. **Scientia Hort.** 88: 277-287.

Barrett, H. C. 1974. **Colchicine induced polyploidy in *Citrus***. Research Horticulturist, ARS, USDA, 32803.

Bayer, D. E., C. L. Foy, T. E. Mallory and E. G. Cutter. 1967. Morphological and histological effects of trifluralin on root development. **Amer. J. Bot.** 54: 945-952.

Blakeslee, A. F. and A. G. Avery. 1937. Methods of inducing doubling of chromosomes in plants by treatment with colchicine. **J Hered.** 28: 393–411.

Esen, A. and R. K. Soost. 1977. Adventive embryogenesis in citrus and its relation to pollination and fertilization. **Amer. J. Bot.** 64: 607–614.

Fatta, D. B. S., G. Matrango and G. Geraci. 1992. Micro and macrosporogenesis of two triploid hybrids of citrus. **In: Proc. Int. Soc. Citriculture**. 1: 122–124.

Fusurato, K. 1957. **Studies on polyembryony in *Citrus*.** Reports of the Kihara Institute of Biological Research. 8: 40–48.

Jaskani, M. j., H. Abbas, M. M. Khan, U. Shahzad and Z. Hussain. 2006. Morphological description of three potential citrus rootstocks. **Pak. J. Bot.** 38(2): 311-317.

Kaneyoshi, J., T. Furuta, M. Kurao and S. Yamaguchi. 2008. Induced tetraploid by colchicine treatment in some monoembryonic *Citrus* cultivars and triploidy production by using the tetraploid as seed parents. **Horticultural Research** (Japan). 7(1): 5-10.

Kermani, M. J., V. Sarasan, A.V. Roberts, A. Yokoya, J. Wentworth and V.K. Sieber. 2003. Oryzalin-induced chromosome doubling in *Rosa* and its effects on plant morphology and pollen viability. **Theor Appl Genet**. 107: 1195–1200.

Kuntad, P. 2005. **The production of seedless calamondin (*Citrus mandurensis* Lour), Lime (*C. aurantifolia* Swingle) and Meiwa Kumquat (*Fortunella crassifolia* Swingle) by using colchicine and trifluralin**. Msc. Dissertation. Maejo Univ. Thailand.

Lehrer J. M., M. H. Brand and J. D. Lubell. 2008. Induction of tetraploidy in meristematically active seeds of Japanese Barberry (*Berberis thunbergii* var. *atropurpurea*) through exposure to colchicine and oryzalin. **Scientia Hort.** 3013: 1- 5**.**

Love, A. and D. Love. 1975. **Plant chromosomes**. Strauss and Cramer, Gmbh, D-6901 Leutershausen, Germany I. VIII. pp. 107-115.

Madon, M., M. M. Clyde, H. Hashim, Y. M. Yusuf, H. Mat and S. Saratha. 2005. Polypolidy induction of oil palm trough colchicine and oryzalin treatments. **J. Oil Palm Research.** 17: 110-123.

Marini, R. P. and J. R. Trout. 1984. Sampling procedures for minimizing variation in peach fruit quality. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 109: 361-364.

Mishra, M. K. 1997. Stomatal characteristics at different ploidy levels in *Coffea* (L.). **Annals Botany**. 80: 689-692.

Ray, P. K. 2002. **Breeding tropical and subtropical fruits**. Springer-Verlag, Narosa Publishing House. pp. 11-188.

Sanford, J. C. 1983. Ploidy manipulations. James N. Moore and Jules Janick (eds). **Methods in fruit breeding**. Purdue University Press, West Lafayette, Indiana. 119 p.

Stebbins, G. l. 1971. **Chromosomal evolution of higher plants**. Edward Arnold, London.

Swanson, C. P. 1957. **Cytology and Cytogenetics**. Prentice Hall, New Jersey.

Takeuchi, H., Y. Ubukata, M. Hanafusa, S. Hayashi and S. Hashimoto. 2005. Volatile constituents of calamondin (*Citrus madurensis* Lour.) peel and juice cultivated in the Philippines. **J. Essential Oil Research.** [Online]. Available: http:// findarticles.com/p/articles/mi_qa4091/ is_ 200501/ ai_n9474293.

Vardi, A. 1996. Strategies and consideration in mandarin improvement programmes. ***In:*** **Proc. Int. Soc. Citriculture**. 1: 109–112.

Zlesak, D. C., C. A. Thill and N. O. Anderson. 2005. Trifluralin-mediated polyploidization of *Rosa chinensis* (Sims) Voss seedlings. **Euphytica.** 141: 281-290.

Land Use Efficiency Study on Different Types of Intercrop in Young Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) Orchard

Saw Hto Lwe Htoo[1*], Nopadol Jarassamrit[2], Nipon Jayamangkala[2], Pawin Manochai[2] and Ratana Pothisuwan[3]

[1] Graduate student, Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2] Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[3] Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: sawhtolwi@gmail.com

Abstract

A two seasons (July, 2008- Dec, 2009) intercropping experiment involving papaya, banana, soybean after sweetcorn, shallot after pumpkin and lemongrass as intercrops in young longan orchard was done in Ban Mae Hor Phra, Phrao district. In each study, the experimental design was CRD with 4 replications. The objectives were to make use of the available space between young longan trees in terms of soil and light resources, to generate income from intercrops when longan plants produce no fruit and to study soil fertility level and the growth of longan plants in response to intercrops. The study indicated that even though there was difference in mean values in plant height and number of branches of main crop, longan, among the treatments, no statistical significant difference for all the morphological characters was analyzed. Net return for each intercrop in the first season was negative since returns from almost all intercrops were just about half of the input spent except in lemongrass which gave the least negative net return of 10 bahts on 100 m^2 basis. In second season, there were positive net returns from all intercrops but higher in banana and papaya intercrops which yielded better than the first season. Using lemongrass as intercrop in the early stage of young longan orchard is justified economically. pH level of the area increased making macro nutrient like N, P, K, Ca and Mg more available after intercropping experiments.

Keywords: intercropping, intercrop, land use efficiency, net return

Introduction

Intercropping is the agricultural practice of cultivating two or more crops in the same space at the same time (Andrew and Kassan, 1976). A practice often associated with sustainable agriculture and organic farming and is one form of polyculture using comparison planting principles. It is commonly used in tropical parts of the world where sunshine is abundant by various indigenous peoples (Altieri, 1991). Small-acreage orchard operators just entering the business may wish to consider a soil management system of growing cultivated crops between the tree rows to derive cash income from the land while the trees are coming into bearing. While the orchard is young and non bearing, the trees of course will not need all the ground. In such cases, intercrops can be grown profitably between the trees. Such crops should consist of any cultivated crop from which money can be made (Childers, 1978).

Longan, *Dimocarpus longan* Lour. is one of the most important fruit crops in Thailand, which is currently the biggest exporter in the world. The area under longan has increased from 17,757 ha in 1989 to 52,971 ha in 2000, reflecting strong demand created by exports with production increased from 44,661 to 358,420 metric tons (Subhadrabandhu and Yapwattanaphun, 2001). Average productivity is greater in Chiang Mai and Lamphun province than the other areas and even though there are more than 15 popular longan cultivars such as 'E-Daw' ('Daw'), Chompoo, Biew Khiew and Haew, Daw is the most popular cultivar and accounts for 73% of plantings.

Intercropping benefits crop yield or the control of some kind of pest or may have other agronomic benefits. The most common goal of intercropping is to produce a greater yield on a given piece of land by making use of resources that would otherwise not be utilized by a single crop. It involves the use of rapidly maturing crops between the rows of one which is slower-starting but utilizes the land for a large part of the season. By securing two crops from the land during the same period, the high fertilizer and labour costs involved may be more than justified. Intercropping is not a major cropping system for longan cultivation in Thailand but there was found an experiment done for producing pesticide-free vegetables by intercropping them in longan orchard (Gypmantasiri *et al*.,2000). In China, intercropping in young longan orchard was done as part of soil conservation and soil fertility improvement (Cai and Yang, 2004). In connection of the main crops and the fillers, the intercrops should be removed promptly so as not to cause any dwarfing of the main crop. Planting legumes and non-legumes, deep-rooted crop with a shallow- rooted crops or planting a tall crop with a shorter crop that requires partial shade are some examples for intercropping (Auchter and Knapp, 1949).

In orchard, short duration intercrops provide some income from the land before the orchards start producing fruit. Hence, it is crucial to develop sustainable intercropping options in fruit orchards (Pohlan *et al*., 2000). But in reality, there are only a few studies that have been integrating analyses of intercropped fruit orchards and that have been assessing the multiple effects of intercrops. With the aim to take the advantage of available space between the young longan rows, to earn some early income from the alley crops while longan plants are still young and to observe the soil fertility level and longan plants development as the effect of different intercrops, the experiment was carried out.

Materials and Methods

Study sites and experimental design

The first experiment was started in July, 2008 in the rainy season till the end of April, 2009 and the second experiment was resumed in May, 2009 to December, 2009 with the same treatments and procedure. The experiments were carried out in a young longan (*Dimocarpus longan* Lour.) orchard in Mae Hor Phra village, Phrao district, in the east of Chiang Mai city. There were five intercropped treatments between young longan plants and no-intercrop arranged as Completely Randomized Design (CRD). The intercrops included fruit crop, annual crop and field crops like papaya, banana, sweet corn followed by soybean, pumpkin followed by shallot and lemongrass. The experiment had 4 replications for each treatment and each treatment unit is 135 m^2 and there were 9 longan plants in each treatment.

Longan planting: The young marcotted 'E-Daw' longan plants were grown on June 21, 2008 at the spacing of 3x5 m^2. The closely spaced longan plants were fertilized with (46-0-0) and (15-15-15) fertilizers monthly at 25 g/plant (2.5 kg/rai) and at the end of the rainy season, irrigation was given using mini sprinklers to each plant during the dry season. Intercrops took the advantage of water from mini sprinklers given for individual longan plant all through the dry season. All the flowers flushed during the study were pruned.

Papaya and Banana intercrops: Papaya ('Kak Dum') was planted at the spacing of 2x2 m^2 and there were 2 rows of 5 papaya plants between the rows of longan plants. For banana intercrop, the spacing was 2.5x2 m^2 and 4 banana plants are in 2 rows between longan plants. They were fertilized together with the main crop, longan at the same rate using the same fertilizer. For banana, all the suckers emerged were cut leaving only the main stem.

Sweetcorn and Soybean intercrops: Commercial sweet corn (super sweet ARGO) was used as intercrop and 15 DAS (days after sowing), the plots were fertilized with (46-0-0) and (15-15-15) in the ratio of 1:5 at 24 kg/rai rate. Earthen up was done after 30 days together with (15-15-15) fertilizer application at the rate of 60 kg/rai and 45 DAS (15-15-15) fertilizer was applied again at the same rate. The ears were harvested 70 DAS and 65 DAS in each experiment and the stubs were chopped down and placed at the base of longan plants. After sweet corn, CM 60 soybean variety was grown in the same plot as sequential intercrop and 15 DAS, the plots were fertilized with (46-0-0) and (15-15-15) in the ratio of 1:1 at 24 kg/rai rate and thinning out was done. (15-15-15) fertilizer was again applied at the rate of 35 kg/rai 45 DAS. Soybean was harvested 106 DAS and 100 DAS respectively.

Pumpkin and Shallot intercrops: Pumpkin ('Nan Kang Kog') was planted in the spacing of 2.5x2 m^2 between the longan rows and the shoots were pruned weekly starting from 20 days after transplanting to help flowering as well as for selling. The plants were fertilized at the same time with longan plants at 25 g/plant (2.5 kg/rai). Shallot ('Hom Dang') sets were sown after pumpkin was harvested 90 DAP (days after planting). Two 1 meter wide beds were prepared between longan rows and the sets were treated with fungicide to prevent fungal diseases before grown at 15x10 cm^2. 15 DAS, the beds were fertilized with (46-0-0) and (15-15-15) in the ratio of 1:1 at 24 kg/rai rate and thinning out was done. (15-15-15) fertilizer was again applied at the rate of 35 kg/rai 45 DAS. The emerged shallot buds were cut and the bulbs were harvested 100 and 98 DAP in each experiment.

Lemongrass: They were grown from division at the spacing of 0.5x0.3 m^2 and (46-0-0) fertilizer was applied monthly at the rate of 60 kg/rai. The crop was let grown for 298 days before harvest in the first experiment but harvested 180 DAP in the second experiment.

Data collection: Since July, 2008 different intercropping systems were evaluated monthly till December, 2009, as to their effects on growth parameters of the component crops. Growth of young longan plants was assessed by girth measurement, plant height, number of branches, leaf flushing rate and leaf count. Yield and yield components of the intercrops were determined too. Soils were sampled before the study and after the studies for analysis in the laboratory. Soil samples were taken at 0-30 cm depth. Expenditure and return from each intercropping were recorded in order to make economical analysis.

Statistical analysis: Data were analyzed by analysis of variance (ANOVA), using the general linear model (GLM) procedure of SAS.

Results and Discussion

Growth of young longan plants: There was no significant difference in plant height, stem diameter, number of leaves, number of branches and canopy of the main crop longan in response to different intercrops (Table 1). Plant height of main crop in each treatment increased with time while that of sweetcorn/soybean intercropped was highest in mean (Figure 1). Mean number of branches of each plant was found highest also in sweetcorn/soybean intercropping and pumpkin/onion intercropping (Figure 2). This may be due to the higher fertilizer rate applied in those treatments with crop requirements. According to Nissen (1999), it was also found that farmers in the Philippines often intercrop young timber species with well-fertilized annuals in expectation that inter- species competition for nutrients and light will be minimal while the trees are small, and that the trees will benefit from intensive nutrient and weed management of the intercrop. Leaf flushing of the longan was low in the first experiment but gradually increasing in second experiment when the crops established itself (Figure 3).

Soil analysis: According to the laboratory test results, there were some alterations in soil properties after the experiment (Table 2). Soil pH level increased after first experiment but seem to be stable after second experiment due to the original high level of Ca in the soil. The condition led to the availability of macronutrients like N, P, K, Ca and Mg but bound metals like Zn, Mn, Fe and Cu to the soil (McCauley *et al*., 2009). Jones *et al*., (2002) also found that fertilized/ cultivated soils, practices such as crop removal during harvest and tilling decrease organic matter levels and subsequently acid production. These operations increases surface and sub-surface soil mixing, moving $CaCO_3$ from the sub-surface closer to the soil surface.

***Cost and return*:**

First experiment: With the fact that income can be obtained early (two years after planting) and the investment can be completely recovered in the first two to three years in intercropping (Mantang, 1998), there was found no positive net return in each intercropped treatment during first experiment as it was just the early stage both the main crop, longan and all the intercrops which needed input both in terms of energy and monetary (Table 3). Even though all treatments show negative net return in the first experiment, lemongrass intercrop was the least per unit area among the treatments followed by sweet corn/soybean intercropping. That is because of the less input and higher return in the treatment for both crops (Table 3). Pumpkin followed by shallot showed the highest negative return because of higher cost for shallot sets. Papaya and banana contributed some returns since it gave out flower bunches 7 months after growing.

Second experiment: There was found positive net return in the second experiment in contrast to the first except for no intercrop which needed cultural practices. It was sadful that even though they should provide positive return, because of lodging due to heavy rain and wind, sweetcorn could not give much return but for shallot, due to poor keeping condition before planting they still caused negative return in second experiment.

Conclusion

From the experiments, it can be concluded that intercropping of different kinds of crop will not have much effect on main crop growth and development in the early season but in terms of cost and return, intercrops like lemongrass and sweet corn followed by soybean can help in reducing the production cost comparing with other intercrops in the first season but for there can be positive return in the second season. For intercrops like banana, shallot and lemongrass, planting materials can be saved and the cost for the next cycle of intercropping reduced. So intercropping crops in longan young orchard is cost effective way of cropping. Soil pH increased mainly because of the soil fertility status of the area.

Table 1 Means of different characters of longan plants in response to different intercrops.

Intercrops	Characters of longan plant				
	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	No. of branches	Canopy diameter (cm)
Papaya	150.25	26.51	165.75	9.00	134.75
Banana	135.50	24.48	165.75	7.75	117.88
Sweetcorn/Soybean	171.75	33.32	322.00	11.50	144.88
Pumpkin/Shallot	160.75	32.58	247.50	12.25	129.50
Lemongrass	136.75	28.46	240.00	7.25	108.63
No intercrop	110.00	22.11	159.25	8.25	93.75
F-value	1.19^{ns}	1.28^{ns}	1.34^{ns}	0.78^{ns}	1.06^{ns}
CV%	27.68	28.19	51.66	50.00	29.79

*= significant at 5% level, ns= non significant

Means within the column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's Multiple Range Test (P=0.05)

Table 2 Soil fertility level of the experimental plots

	Before	Control		Papaya		Banana		Sweetcorn/ Soybean		Pumpkin/ Shallot		Lemongrass	
	Experiment (0-30cm.)	After 1st	After 2nd	After 1st	After 2nd	After 1st	After 2nd	After 1st	After 2nd	After 1st	After 2nd	After 1st	After 2nd
pH	6.44	7.06	7.15	6.78	6.99	6.68	6.53	6.94	7	7.17	7.05	6.5	6.74
OM %	0.85	1.27	1.46	0.55	1.08	0.59	1.52	0.87	1.75	0.62	1.89	0.76	1.78
N%	0.042	0.063	0.073	0.028	0.054	0.030	0.076	0.043	0.088	0.031	0.094	0.038	0.089
Av. P	18.54	19	37	4	28	7	38	7	122	24	108	21	49
K	70	94	131	52	95	43	128	75	133	88	179	62	103
Ca	1644	3,604	3,428	3,508	4080	2668	1928	3832	4216	2508	3956	1208	1900
Mg	52	90	101	21	98	41	83	25	93	18	115	10	100
Zn	1.8	1	1	0.7	1	0.3	2	0.1	1	0.6	1	0.1	1
Mn	26.32	23	18	15	18	14	15	13	17	14	18	16	23
Fe	74.18	31	32	38	32	37	37	26	32	36	27	31	30
Cu	2.09	2	2	2.1	2	1.5	2	1.3	2	1.6	2	1.2	2

Table 3 Cost and return of each intercrop (Baht/100m^2)

Intercrops	1st season			2nd season		
	Expense	Income	Net return	Expense	Income	Net return
Papaya	362	175	-187	32	468	436
Banana	410	215	-195	32	1 007	975
Sweetcorn/soybean	500	434	-66	505	173	-332
Pumpkin/shallot	1 260	656	-604	591	212	-379
Lemongrass	158	148	-10	87	148	61
No intercrop	147	-	-147	178	-	-178

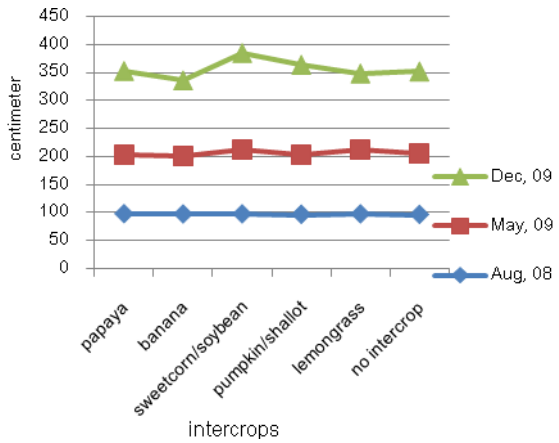


Figure 1 Height of main crop during intercropping (cm)

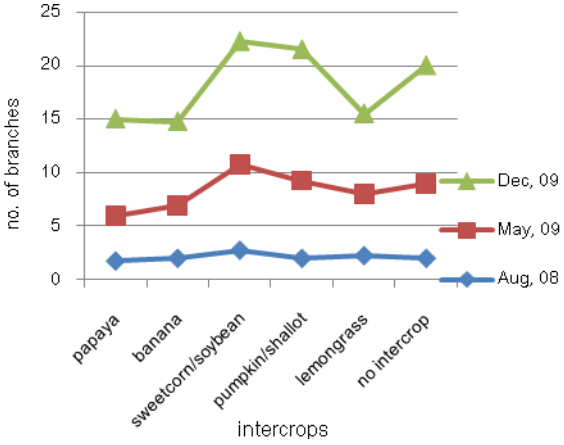
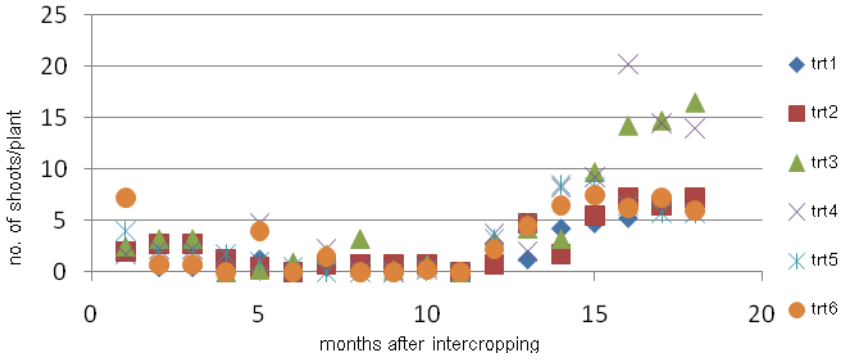


Figure 2 Number of branches of each main crop during intercropping



Intercrop: treatment **1**= papaya, **2**= banana, **3**= sweet corn/soybean, **4**= pumpkin/shallot, **5**= lemongrass, **6**= control

Figure 3 Formation of new shoots of longan plants

References

Altieri, M.A. 1991. Traditional farming in Latin America. **The Ecologist. 21**: 93-96.

Andrews, D.J. and A.H. Kassam. 1976. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. *In* Papendick, R. I., A. Sanchez and G.B. Triplett (eds.), **Multiple Cropping.** ASA Special Publication 27. American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 1-10.

Auchter, E. C. and H. B. Knapp. 1949. **Orchard and Small fruit Culture.** 3rd ed., John Wiley and Sons, Inc: New York.

Zhifa, C. and Y. Xuezhen. 2004. Soil Conservation Farming System Practices on Sloping Land on The South-Eastern Coast of China ISCO 2004. **13th International Soil Conservation Organization Conference- Brisbane.**

Childers, N. F. 1978. **Modern Fruit Science: Orchard and Small Fruit Culture.** 8th ed. U.S library of Congress. Hort Publication: New Jersey.

Gypmantasiri, P., Jaturong Paungmanee, Kuson Thong-ngam, Niwat Chowsilpa and Budsara Limnirankul. 2000. Development Process of Pesticide-free Vegetable Production System in Chiang Mai Province. Health Systems Research Institute: Nonthaburi.

Jones, C. A., J. Jacobsen and S. Lorgeer. 2002. Metal concentrations in three Montana soils following 20 years of fertilization and cropping. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 33 (9&10): 1401-1414.

McCauley, A., C. Jones and J. Jacobsen. 2009. **Soil pH and Organic Matter: Nutrient Management Module no. 8.** Montana State University.

Mantang, C. and Z. Haishui. 1998. Intercropping Pineapple under Eucalyptus plantation and the Economic Benefits. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, P. R.: China.

Nissen, T. M., D. J. Midmore and M. L. Caabrera. 1999. Aboveground and belowground competition between intercropped cabbage and young *Eucalyptus torelliana*. **Agroforestry Systems.** 46(1): 83-93.

Pohlan, J., J. Borgman and M.R. Gehrke Velez. 2000. Perspectives of *Sapotaceae* species for fruit production in the Soconusco region, Chiapas, Mexico. **Acta Horticulturae.** 531: 45-52.

Subhadrabandhu, S. and C. Yapwattanaphun. 2001. Lychee and longan production in Thailand. **Acta Horticulturae**. 558: 49-57.

ผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อการออกดอกและการติดผลสำหรับการผลิตลำไยพันธุ์อีดอนอกฤดูในสภาพพื้นที่ดอน

Effect of Environmental Factors on Flower Induction and Fruit Setting for Off-season Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) cv. "E-Daw" in Upland Area

ณัฐวรรณ ธรรมสุวรรณ์[1*] ธีรนุช เจริญกิจ[1] พาวิน มะโนชัย[1] และอดิศักดิ์ จูมวงษ์[2]

Natthawan Thamsuwan[1*], Theeranuch Jaroenkit[1], Pawin Manochai[1] and Adisak Joomwong[2]

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Department of Biology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[*]Corresponding auther: natthawan04@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการออกดอกและการติดผลสำหรับการผลิตลำไยพันธุ์อีดอนอกฤดูในสภาพพื้นที่ดอน ณ อุทยานและฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยราดสารโพแทสเซียมคลอเรตในเดือนธันวาคม 2551 พบว่า ปัจจัยสำคัญที่มีความสัมพันธ์ต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก คือ อุณหภูมิต่ำสุดของวันและความเข้มแสงต่ำสุดของวัน ถ้าอุณหภูมิต่ำสุดของวันลดลง และความเข้มแสงต่ำสุดของวันเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกเพิ่มมากขึ้น ปัจจัยสำคัญที่มีความสัมพันธ์ต่อจำนวนดอกเพศเมียและจำนวนดอกเพศผู้ คือ อุณหภูมิสูงสุดของวันกับความเข้มแสงกลางคืนและอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวัน ตามลำดับ ถ้าอุณหภูมิสูงสุดของวันเพิ่มสูงขึ้น และความเข้มแสงกลางคืนลดลง จะส่งผลให้จำนวนดอกเพศเมียเพิ่มมากขึ้น ส่วนจำนวนดอกเพศผู้นั้น ถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวันเพิ่มสูงขึ้น จะส่งผลให้จำนวนดอกเพศผู้เพิ่มมากขึ้น สำหรับปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์ต่อเปอร์เซ็นต์การติดผล มี 8 ลักษณะ ได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุดของวัน อุณหภูมิเฉลี่ยของวัน อุณหภูมิกลางคืน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำสุดของวัน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศกลางวัน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศกลางคืน ความเข้มแสงสูงสุดของวัน และความเข้มแสงกลางคืน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การติดผลในระดับต่ำหรือกล่าวได้ว่าปัจจัยสภาพแวดล้อมทั้ง 8 ลักษณะที่กล่าวมาแทบไม่มีความสัมพันธ์ต่อเปอร์เซ็นต์การติดผลเลย

คำสำคัญ: ลำไย ปัจจัยสภาพแวดล้อม

Abtract

The study on effect of environmental factors on flower induction and fruit setting for off-season longan (*Dimocarpus longan* Lour.) cv. “E-Daw” in upland area was done at the park and farm of Maejo University. Longan trees were induced to flower by $KClO_3$ in December 2008. It was found that main environmental factors that correlate with percentage of flowering are minimum temperature and minimum light intensity; reducing minimum temperature and increasing minimum light intensity increased percentage of flowering. The main environmental factors that correlate with number of female flowers and number of male flowers are maximum temperature with night light intensity and average temperature respectively; increasing maximum temperature and reducing night light intensity increased number of female flowers. Increasing average temperature increased number of male flowers. There were found eight environmental factors that have low correlation with percentage of fruit setting, i.e., minimum temperature, average temperature, night temperature, minimum humidity, day humidity, night humidity, maximum light intensity and night light intensity but they do not correlate with percentage of fruit setting.

Keywords: longan, environmental factors

คำนำ

ลำไยจัดเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอันดับหนึ่งของภาคเหนือ โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ผลผลิตของลำไยสามารถส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ทำรายได้ปีละหลายพันล้านบาทและมีแนวโน้มว่าจะมีการส่งออกเพิ่มขึ้น จนกระทั่งกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และกระทรวงพาณิชย์ได้จัดให้ลำไยเป็นไม้ผลที่สำคัญของประเทศ (Product Champion) (พาวิน, 2545)

ปัจจุบันทางกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้มีนโยบายให้ปรับโครงสร้างการผลิตลำไย โดยให้กระจายฤดูกาลผลิตลำไยให้ออกนอกฤดูกาลผลิตปกติ โดยมีสัดส่วนการผลิตลำไยในฤดูและการผลิตลำไยนอกฤดู เป็นสัดส่วน 60:40 แต่การผลิตลำไยนอกฤดูพบว่ามีทั้งรายที่ประสบความสำเร็จและไม่ประสบความสำเร็จ จากการสำรวจของศูนย์วิจัยและพัฒนาลำไยแม่โจ้ ร่วมกับ สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 (2550) พบว่า มีเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่จากการสำรวจเพียงร้อยละ 27.64 เท่านั้นที่ประสบความสำเร็จในการผลิตลำไยนอกฤดู และสภาพพื้นที่ปลูกลำไยนอกฤดูที่ประสบความสำเร็จร้อยละ 53 เป็นที่ดอน ซึ่งการผลิตลำไยนอกฤดูให้ประสบความสำเร็จนั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย เช่น ประสบการณ์การผลิตลำไยของเกษตรกร สภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ที่แตกต่างกัน เป็นต้น นอกจากนี้ พาวิน และคณะ (2550) ยังกล่าวว่า สาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ สภาพภูมิอากาศในแปลงของเกษตรกรแตกต่างกัน ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาทดลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม (อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ, ความเข้มแสง และปริมาณน้ำฝนสะสม) ที่เหมาะสมต่อการผลิตลำไย

นอกฤดูในสภาพพื้นที่ดอน จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะนำไปใช้ในการประเมินการตัดสินใจเพื่อผลิตลำไยนอกฤดูของเกษตรกรในสภาพพื้นที่ดอน จังหวัดเชียงใหม่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลอง ณ อุทยานและฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยเลือกต้นลำไยพันธุ์อีดอขนาดทรงพุ่มประมาณ 5-8 เมตร จำนวน 30 ต้น แบ่งราดสาร 3 ครั้ง ดังนี้ ธ.ค. 51, มิ.ย. 52 และ พ.ย. 52 จากนั้นดำเนินการติดตั้งสถานีตรวจวัดอากาศในแปลงทดลอง เพื่อเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ (°C), ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (%) ความเข้มแสง (μmol/m^2/s) และปริมาณน้ำฝนสะสม (มม.) เก็บบันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์การออกดอก จำนวนดอกเพศเมีย จำนวนดอกเพศผู้ และเปอร์เซ็นต์การติดผลจากการประเมินโดยภาพรวม

วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก จำนวนดอกเพศเมีย จำนวนดอกเพศผู้ และเปอร์เซ็นต์การติดผล ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science for Windows (SPSS)

ผลการวิจัย

ในการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก จำนวนดอกเพศเมีย จำนวนดอกเพศผู้ และเปอร์เซ็นต์การติดผล ได้มีการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ไว้ 20 ตัวแปร โดยแบ่งเป็น

ตัวแปรตาม จำนวน 4 ลักษณะ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การออกดอก (Y_1), จำนวนดอกเพศเมีย (Y_2), จำนวนดอกเพศผู้ (Y_3) และเปอร์เซ็นต์การติดผล (Y_4)

ตัวแปรอิสระ จำนวน 16 ลักษณะ ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด (Tmax), อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin), อุณหภูมิเฉลี่ย (Taverage), อุณหภูมิกลางวัน (Tday), อุณหภูมิกลางคืน (Tnight), ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงสุด (RHmax), ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำสุด (RHmin), ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเฉลี่ย (RHaverage), ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศกลางวัน (RHday), ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศกลางคืน (RHnight), ความเข้มแสงสูงสุด (PARmax), ความเข้มแสงต่ำสุด (PARmin), ความเข้มแสงเฉลี่ย (PARaverage), ความเข้มแสงกลางวัน (PARday), ความเข้มแสงกลางคืน (PARnight) และปริมาณน้ำฝนสะสม (Rain)

หมายเหตุ max หมายถึง ค่าสูงสุดของวันนั้น, min หมายถึง ค่าต่ำสุดของวันนั้น
average หมายถึง ค่าเฉลี่ยของวันนั้น
day หมายถึง ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลา 6.01–18.00 น.
night หมายถึง ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลา 18.01–06.00 น.

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพแวดล้อมต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก (Y_1)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพแวดล้อมต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก โดยกำหนดตัวแปรตาม คือ เปอร์เซ็นต์การออกดอก (Y_1) และตัวแปรอิสระ คือ ปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ ทั้ง 16 ลักษณะ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ในทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ Regression ทีละสัปดาห์ นำผลที่ได้มาเขียนสมการความสัมพันธ์ และแทนค่าสมการแต่ละสมการ พบว่า สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก คือ สภาพแวดล้อมในสัปดาห์ที่ 5 ก่อนการแทงช่อดอก (ตารางที่ 1) โดยมีปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก 10 ลักษณะ ค่า Sig ของแต่ละปัจจัย อยู่ที่ α = 0.01 จากนั้นทำการทดสอบระดับความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางใดและมีความสัมพันธ์กันมากน้อยแค่ไหน ด้วยการวิเคราะห์ Correlate เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Correlation: γ) ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2 และได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมทั้ง 10 ลักษณะต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก ดังนี้

Y_1 = – 287.921 – 4.386 (Tmax) + 0.528 (Tmin) + 5.582 (RHmax) – 3.414 (RHnight)
– 2.464 (Rain) + 0.000 (PARmax) + 18.695 (PARmin) + 0.245 (PARaverage)
– 0.076 (PARday) + 20.833 (PARnight)

Table 1 Environmental factors 5 week before flowering on percentage of flowering (Y_1)

	T			RH			PAR			Rain
	Period	Mean	SD	Period	Mean	SD	Period	Mean	SD	
Max	34.16-42.64	37.81	2.75	79.47-92.91	88.55	4.50	1561.92-1864.80	1685.04	86.64	
Min	11.97-19.14	16.01	1.92	22.37-37.71	27.64	4.77	0-1.64	0.30	0.55	
Average	20.13-28.68	24.03	2.33	50.90-72.01	62.50	6.72	366.23-464.30	416.36	26.60	0
Day	24.63-32.75	28.26	2.35	45.34-63.00	53.04	5.36	724.69-920.71	822.55	51.63	
Night	15.68-24.75	19.78	2.39	55.31-81.14	71.87	8.68	7.51-8.30	7.78	0.23	

หมายเหตุ ข้อมูลสภาพแวดล้อมข้างต้นส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอกในสัปดาห์ที่ 7, 8, 9, 10, 11 และ 12 หลังสารราด รวม 98.60 %

Table 2 Coefficient of Correlation of environmental factors 5 week before flowering on percentage of flowering (Y_1)

	Tmax	Tmin	RHmax	RHnight	Rain	PARmax	PARmin	PARaverage	PARday	PARnight
γ	-0.20	-0.62*	0.19	-0.01	-0.18	-0.22	0.95**	0.29	0.33	-0.25

หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (γ) อยู่ระหว่าง -1.0 ถึง 1.00 ถ้ามีค่ามากกว่า 0 จะเป็นความสัมพันธ์ทางบวก ถ้าค่าน้อยกว่า 0 เป็นความสัมพันธ์ทางลบ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กันมากหรือน้อยมีเกณฑ์การพิจารณา คือ ถ้า $\gamma \geq 0.80$ หรือ $\gamma \leq -0.80$ (ความสัมพันธ์กันสูง), $0.50 < \gamma < 0.80$ หรือ $-0.80 < \gamma < -0.50$ (ความสัมพันธ์กันปานกลาง) และ $-0.50 \leq \gamma \leq 0.50$ (ความสัมพันธ์กันต่ำ) (นิรนาม, มปป.)

จากผลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (γ) ในตารางที่ 2 พบว่า Tmin และ PARmin มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การออกดอกในระดับปานกลางและระดับสูง โดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามและในทิศทางเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์การออกดอก ตามลำดับ กล่าวคือ ถ้า Tmin ลดลง และ PARmin เพิ่มสูงขึ้น

จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกเพิ่มขึ้น ส่วนปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆ อีก 8 ลักษณะนั้น พบว่า มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การออกดอกในระดับต่ำ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพแวดล้อมต่อจำนวนดอกเพศเมีย (Y_2)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพแวดล้อมช่วงออกดอก 35 วัน (16 ก.พ.-22 มี.ค. 52) ต่อจำนวนดอกเพศเมีย โดยกำหนดตัวแปรตาม คือ จำนวนดอกเพศเมีย (Y_2) และตัวแปรอิสระ คือ ปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ 16 ลักษณะ (ตารางที่ 3) พบว่า ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อจำนวนดอกเพศเมียมี 4 ลักษณะ ค่า Sig ของแต่ละปัจจัย อยู่ที่ α = 0.01 และได้ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังตารางที่ 4 ซึ่งสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมทั้ง 4 ลักษณะต่อจำนวนดอกเพศเมียได้ดังนี้

Y_2 = 9466.569 – 67.577 (Tmax) – 180.285 (Taverage) + 1.808 (PARday) – 344.66 (PARnight)

Table 3 Environmental factors of flowering period 35 days (16 February - 22 March 2009) on number of female flowers and number of male flowers (Y_2,Y_3)

	T			RH			PAR			Rain
	Period	Mean	SD	Period	Mean	SD	Period	Mean	SD	
Max	32.80-44.10	40.98	2.85	40.60-91.90	72.05	10.98	1135.60-1810.44	1635.74	131.02	
Min	16.00-24.30	19.52	1.88	11.20-47.60	23.91	8.48	0-5.73	0.37	1.19	
Average	23.45-33.91	28.26	1.85	29.38-77.57	48.20	9.78	288.61-487.92	422.27	44.22	0
Day	24.27-39.25	32.04	2.49	25.37-74.89	43.42	9.25	569.56-967.97	836.68	88.46	
Night	21.73-26.90	24.52	1.35	35.24-81.32	53.03	10.57	7.35-8.97	7.87	0.31	

หมายเหตุ ข้อมูลสภาพแวดล้อมข้างต้นส่งผลต่อจำนวนดอกเพศเมียเฉลี่ย 404.20 ดอก/ช่อ และจำนวนดอกเพศผู้เฉลี่ย 3,306.40 ดอก/ช่อ (สัดส่วนดอกเพศผู้:ดอกเพศเมีย คือ 8.18:1)

Table 4 Coefficient of Correlation of environmental factors of flowering period 35 days (16 February - 22 March 2009) on number of female flowers (Y_2)

	Tmax	Taverage	PARday	PARnight
γ	0.61	-0.14	0.39	-0.65

จากผลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (γ) ในตารางที่ 4 พบว่า Tmax และ PARnight มีความสัมพันธ์กับจำนวนดอกเพศเมียในระดับปานกลาง โดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันและในทิศทางเดียวตรงข้ามกับจำนวนดอกเพศเมีย ตามลำดับ กล่าวคือ ถ้า Tmax เพิ่มสูงขึ้น และ PARnight ลดลง จะส่งผลให้จำนวนดอกเพศเมียเพิ่มมากขึ้น ส่วน Taverage และ PARday นั้น พบว่า มีความสัมพันธ์กับจำนวนดอกเพศเมียในระดับต่ำ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพแวดล้อมต่อจำนวนดอกเพศผู้ (Y_3)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพแวดล้อมช่วงออกดอก 35 วัน (16 ก.พ.-22 มี.ค. 52) ต่อจำนวนดอกเพศผู้ โดยกำหนดตัวแปรตาม คือ จำนวนดอกเพศผู้ (Y_3) และตัวแปรอิสระ คือ ปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ

16 ลักษณะ (ตารางที่ 3) พบว่า ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อจำนวนดอกเพศผู้มี 4 ลักษณะ ค่า Sig ของแต่ละปัจจัย อยู่ที่ α = 0.01 และได้ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังตารางที่ 5 ซึ่งสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมทั้ง 4 ลักษณะต่อจำนวนดอกเพศผู้ได้ดังนี้

Y_3 = 10431.598 – 465.882 (Tmax) + 750.315 (Taverage) + 9.809 (PARday) – 2305.173 (PARnight)

Table 5 Coefficient of Correlation of environmental factors of flowering period 35 days (16 February - 22 March 2009) on number of male flowers (Y_3)

	Tmax	**Taverage**	**PARday**	**PARnight**
γ	0.18	0.82	0.49	-0.41

จากผลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (γ) ในตารางที่ 5 พบว่า Taverage มีความสัมพันธ์กับจำนวนดอกเพศผู้ในระดับสูงและมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับจำนวนดอกเพศผู้ กล่าวคือ ถ้า Taverage เพิ่มสูงขึ้น จะส่งผลให้จำนวนดอกเพศผู้เพิ่มมากขึ้น ส่วน Tmax, PARday และ PARnight นั้น พบว่า มีความสัมพันธ์กับจำนวนดอกเพศผู้ในระดับต่ำ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพแวดล้อมต่อเปอร์เซ็นต์การติดผล (Y_4)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพแวดล้อมต่อเปอร์เซ็นต์การติดผล โดยกำหนดตัวแปรตาม คือ เปอร์เซ็นต์การติดผล (Y_4) และตัวแปรอิสระ คือ ปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ 16 ลักษณะ พบว่า สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การติดผล คือ สภาพแวดล้อมในวันที่ 8 ก่อนการประเมินเปอร์เซ็นต์การติดผลโดยภาพรวม (ตารางที่ 6) โดยมีปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การติดผล 8 ลักษณะ ค่า Sig ของแต่ละปัจจัย อยู่ที่ α = 0.01 และได้ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังตารางที่ 7 ซึ่งสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมทั้ง 8 ลักษณะต่อเปอร์เซ็นต์การติดผลได้ดังนี้

Y_4 = – 78.156 – 5.364 (Tmin) + 5.833 (Taverage) + 8.675 (Tnight) – 16.901 (RHmin)
+ 7.473 (RHday) + 7.823 (RHnight) – 0.154 (PARmax) – 32.658 (PARnight)

Table 6 Environmental factors 8 day before assessment organizations of fruit setting on percentage of fruit setting (Y_4)

	Max	**Min**	**Average**	**Day**	**night**
T	43.90	20.10	29.83	34.27	25.80
RH	64.90	11.20	37.25	34.78	35.24
PAR	1,787.51	0.00	441.55	874.72	8.64
RAIN			0		

หมายเหตุ ข้อมูลสภาพแวดล้อมข้างต้นส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การติดผลโดยภาพรวม 85%

Table 7 Coefficient of Correlation of environmental factors 8 day before assessment organizations of fruit setting on percentage of fruit setting (Y_4)

	Tmin	Taverage	Tnight	RHmin	RHday	RHnight	PARmax	PARnight
γ	-0.15	0.28	0.06	-0.18	-0.02	0.21	0.31	0.32

จากผลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (γ) ในตารางที่ 7 พบว่า ปัจจัยสภาพแวดล้อมทั้ง 8 ลักษณะ มีระดับความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การติดผลใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่อเปอร์เซ็นต์การติดผลอยู่ในระดับต่ำ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดลอง พบว่า ถ้าอุณหภูมิต่ำสุดของวันลดลงเปอร์เซ็นต์การออกดอกจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งตรงกับ พาวินและคณะ (2547) กล่าวไว้ว่า กิ่งตอนลำไยพันธุ์อีดอที่ได้รับอุณหภูมิ 18/10 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 วัน สามารถออกดอกได้ นอกจากนี้จากรายงานของกรมส่งเสริมการเกษตร (2542) ยังกล่าวไว้ว่าลำไยต้องการอุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส ติดต่อกันประมาณ 10-15 วัน เพื่อสร้างตาดอก

นอกจากอุณหภูมิที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอกแล้วยังพบว่า ความเข้มแสงก็มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอกเช่นกัน โดย สมบุญ (2536) ได้กล่าวว่า พืชส่วนใหญ่ต้องการความเข้มของแสงในปริมาณที่สูงในการออกดอก และรวี (2540) กล่าวว่า ต้นลิ้นจี่และลำไยที่มีสภาพต้นทึบจะมีการออกดอกน้อยกว่าต้นที่มีพุ่มโปร่ง จากรายงานการศึกษาค้นคว้าของสุภาวดี (2544) พบว่า ลำไยที่ไม่พรางแสงหรือพรางแสง 50% ออกดอกมากกว่าต้นที่พรางแสง 90% ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า ถ้าความเข้มแสงต่ำสุดของวันเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากค่าความเข้มแสงต่ำสุดที่อ่านได้จากสถานีวัดอากาศเป็นค่าความเข้มแสงช่วงกลางคืนซึ่งมีค่าเป็นศูนย์ อาจทำการเพิ่มความเข้มแสงได้โดยการเพิ่มแสงช่วงกลางคืน ซึ่งในที่นี้ต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

พาวินและคณะ (2547) ได้กล่าวถึงสัดส่วนเพศดอกลำไยไว้ว่า ช่อดอกหนึ่งๆ จะประกอบด้วยดอกเพศผู้และดอกเพศเมีย โดยปกติแล้วจะมีดอกเพศผู้มากกว่าดอกเพศเมีย แต่สัดส่วนเพศดอกจะผันแปรตามพันธุ์ การปฏิบัติดูแลและสภาพแวดล้อมแต่ละปี ลำไยพันธุ์อีดอและสีชมพูที่ปลูกด้วยกิ่งตอนมีสัดส่วนดอกเพศผู้:ดอกเพศเมีย คือ 9:1 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการทดลองที่ได้ โดยพบว่ามีสัดส่วนดอกเพศผู้:ดอกเพศเมีย คือ 8.18:1 และพบปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนดอกเพศผู้และจำนวนดอกเพศเมีย คือ อุณหภูมิเฉลี่ยต่อวัน และอุณหภูมิสูงสุดของวันกับความเข้มแสงกลางคืน ตามลำดับ

สำหรับผลของสภาพแวดล้อมต่อเปอร์เซ็นต์การติดผลนั้น พบว่า มีปัจจัยสภาพแวดล้อม 8 ลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การติดผลโดยมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำ พาวินและคณะ (2547) ได้กล่าวไว้ว่า สภาพภูมิอากาศจัดเป็นตัวแปรสำคัญต่อการติดผล แต่ก็ยังมีปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ความสมบูรณ์ของต้น เพศดอกและสัดส่วนเพศดอก ลำดับการบานของดอก และแมลงผสมเกสร เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลอง พบว่า สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก (Y_1) มี 10 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดของวัน (Tmax), อุณหภูมิต่ำสุดของวัน (Tmin), ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงสุดของวัน (RHmax), ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเฉลี่ยกลางคืน (RHnight), ปริมาณน้ำฝนสะสม (Rain), ความเข้มแสงสูงสุดของวัน (PARmax), ความเข้มแสงต่ำสุดของวัน (PARmin), ความเข้มแสงเฉลี่ยของวัน (PARaverage), ความเข้มแสงเฉลี่ยกลางวัน (PARday) และความเข้มแสงเฉลี่ยกลางคืน (PARnight) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

Y_1 = – 287.921 – 4.386 (Tmax) + 0.528 (Tmin) + 5.582 (RHmax) – 3.414 (RHnight)
– 2.464 (Rain) + 0.000 (PARmax) + 18.695 (PARmin) + 0.245 (PARaverage)
– 0.076 (PARday) + 20.833 (PARnight)

สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อจำนวนดอกเพศเมีย (Y_2) มี 4 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดของวัน (Tmax), อุณหภูมิเฉลี่ยของวัน (Taverage), ความเข้มแสงกลางวัน (PARday) และความเข้มแสงกลางคืน (PARnight) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

Y_2 = 9466.569 – 67.577 (Tmax) – 180.285 (Taverage) + 1.808 (PARday) – 344.66 (PARnight)

สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อจำนวนดอกเพศผู้ (Y_3) มี 4 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดของวัน (Tmax), อุณหภูมิเฉลี่ยของวัน (Taverage), ความเข้มแสงกลางวัน (PARday) และเข้มแสงกลางคืน (PARnight) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

Y_3 = 10431.598 – 465.882 (Tmax) + 750.315 (Taverage) + 9.809 (PARday) – 2305.173 (PARnight)

และสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การติดผล (Y_4) มี 8 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุดของวัน (Tmin), อุณหภูมิเฉลี่ยของวัน (Taverage), อุณหภูมิกลางคืน (Tnight), ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำสุดของวัน (RHmin), ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศกลางวัน (RHday), ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศกลางคืน (RHnight), ความเข้มแสงสูงสุดของวัน (PARmax) และความเข้มแสงกลางคืน (PARnight) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

Y_4 = – 78.156 – 5.364 (Tmin) + 5.833 (Taverage) + 8.675 (Tnight) – 16.901 (RHmin)
+ 7.473 (RHday) + 7.823 (RHnight) – 0.154 (PARmax) – 32.658 (PARnight)

เอกสารอ้างอิง

งานส่งเสริมการผลิตพืชสวน ฝ่ายส่งเสริมและพัฒนาการผลิต สำนักงานเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่ กรมส่งเสริมการเกษตร. 2542. **ลำไยพืชทองของ เชียงใหม่ – ลำพูน.** 104 น.

นิรนาม. มปป. **การคำนวณค่าสหสัมพันธ์.** จาก http://www.docstoc.com [4 มีนาคม 2553].

พาวิน มะโนชัย. 2545. **เอกสารประกอบการสอน พส.416 ไม้ผลเขตกึ่งร้อน.** สาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 173 น.

พาวิน มะโนชัย ยุทธนา เขาสุเมรุ ชาตรี สิทธิกุล และสันติ ช่างเจรจา. 2547. **เทคโนโลยีการผลิตลำไย.** หจก.สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. 126 น.

พาวิน มะโนชัย วรินทร์ สุทนต์ จิรนันท์ เสนานาญ พิชัย สมบูรณ์วงศ์ ธีรนุช เจริญกิจ ยุทธนา เขาสุเมรุ จริยา วิสิทธิ์พานิช และชาตรี สิทธิกุล. 2550. **การผลิตลำไยนอกฤดู.** โรงพิมพ์ยูเนี่ยนออฟเซต: เชียงใหม่. 34 น.

รวี เสริฐภักดี. 2540. “สรีรวิทยาการออกดอกของลำไยและลิ้นจี่”. น. 19-41. *ใน* **เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยียุคใหม่ในการผลิตลิ้นจี่และลำไย.** สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม และศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อนและกึ่งร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาลำไยแม่โจ้ และ สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 2550. รายงานผลการสำรวจและแนวทางการวางแผนการผลิตลำไยนอกฤดูของจังหวัดเชียงใหม่. 73 น.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2536. **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 222 น.

สุภาวดี บุญธรรม พาวิน มะโนชัย นันทฤทธิ์ โชคถาวร และเสกสันต์ อุสสหตานนท์. 2544. “อิทธิพลของปริมาณแสงและอัตราการให้น้ำต่อการตอบสนองต่อสารโพแทสเซียมคลอเรตต่อการออกดอกและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของลำไยพันธุ์อีดอ”. **รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 3.** มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

การควบคุมทรงพุ่มลำไยที่ปลูกระยะชิดโดยการตัดแต่งกิ่ง และการใช้สารพาโคลบิวทราโซล

Controlling the Canopy of High Density Planting Longan Trees (*Dimocarpus longan* Lour.) by Pruning and Paclobutrazol Application

เฉลิมชัย แสงอรุณ[1*] พาวิน มะโนชัย[1] เสกสันต์ อุสสหตานนท์[1] มนัส กัมพุกุล[1] และจิรนันท์ เสนานาญ[2]

Chaloemchai Saengaroon[1], Pawin manochai[1], Sakesan Ussahatanone[1], Manus Gumpugul[1] and Chiranan Senanan[2]

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Office of Agricultural Research and Extension Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: L.cm2521@hotmail.com

บทคัดย่อ

การควบคุมทรงพุ่มลำไยอายุ 5 ปี พันธุ์อีดอที่ปลูกระยะชิด 4x4 เมตร บนที่ดอน โดยการตัดแต่งกิ่ง 3 รูปทรง คือ ทรงครึ่งวงกลม ทรงฝาชีหงาย (ทรงแบน) และทรงสี่เหลี่ยม และการให้สารพาโคลบิวทราโซล 3 ระดับคือ 0, 1,000 และ 2,000 มก./ล. ผลปรากฏว่า รูปทรงการตัดแต่งและความเข้มข้นของสารพาโคล-บิวทราโซลไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การผลิใบ สารพาโคลบิวทราโซล ที่ระดับความเข้มข้น 2,000 มก./ล. ทำให้ความยาวของยอดลดลงประมาณ 1 เท่า เมื่อเทียบกับต้นที่ไม่ได้ใช้สารทำให้อัตราการเพิ่มความกว้างและความสูงของต้นลดลง การตัดแต่งทรงฝาชีหงายมีความยาวของยอดใหม่ลดลง ส่วนทรงสี่เหลี่ยมทำให้การออกดอกลดลง ในขณะที่ สารพาโคลบิวทราโซลไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอกและสัดส่วนเพศดอก โดยมีการออกดอกอยู่ในช่วง 91.7-99.0% ต้นลำไยที่ได้สารพาโคลบิวทราโซลระดับ 2,000 มก./ล. มีจำนวนผลต่อช่อมากที่สุด อัตราการสังเคราะห์แสงของต้นลำไยเพิ่มตามความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราการคายน้ำลดลง

คำสำคัญ: ทรงพุ่มของต้นลำไย สารพาโคลบิวทราโซล การตัดแต่งกิ่ง

Abstract

Controlling canopy size of 5 years old longan trees cv. E-Daw planting at 4×4 m. was studied employing a 3×3 factorial experiment design. The 3 pruning shape were half sphere, flat and cube-like shape and the concentration of paclobutrazol were 0, 1,000 and 2,000 mg/l. Pruning shape and paclobutrazol had no effects on the percentage of vegetative flushing. However, paclobutrazol specially at 2,000 mg/l produced half of the new shoot length of the control, trees resulting in a more compacting tree size with lower canopy width and height. Flat shape trees had shorter length of new shoot. Moreover, cube-like trees had lower flowering, percentage. Paclobutrazol application did not effect flowering and sex ratio. The flowering was 91.7 to 99.0%. Paclobutrazol at 2,000 mg/l. had the highest fruit set. Photosynthesis rate increased as the concentration of paclobutrazol increased. However, transpiration rate was decreased.

Keywords: longan (*Dimocarpus longan* Lour.), canopy, paclobutrazol, pruning

คำนำ

การปลูกลำไยแบบดั้งเดิม (traditional system) จะปลูกระยะห่าง ระหว่างต้นและแถวตั้งแต่ 8 -12 เมตร จะได้จำนวนต้นต่อไร่อยู่ในช่วง 11-25 ต้น การปลูกระยะห่างกว่าจะได้ผลผลิตต่อไร่ที่คุ้มค่ากับการลงทุนต้องใช้เวลานาน นอกจากนี้หากปล่อยให้ลำไยมีทรงพุ่มสูงใหญ่ยิ่งทำให้ไม่สะดวกต่อการดูแลรักษาและเก็บเกี่ยวผลผลิต ขาดแคลนแรงงานเก็บเกี่ยวเพราะลำไยต้นสูงต้องใช้แรงงานที่มีความชำนาญในการปีนเก็บผลผลิต ส่งผลทำให้ต้นทุนโดยรวมสูงขึ้น การผลิตไม้ผลในต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น ไต้หวัน ยุโรปและอเมริกานิยมปลูกไม้ผลในระยะชิด (closed spacing) หรือการปลูกถี่ (high density) เพื่อลดต้นทุนการผลิตเพราะการปลูกระยะชิดจะช่วยลดต้นทุนด้านแรงงานสามารถควบคุมการออกดอกติดผลได้ง่าย คืนทุนในระยะสั้น ลดความเสียหายจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตและความเสียหายจากลมพายุ (กวิศร์, 2546; Jackson, 1976) อย่างไรก็ตามการปลูกระยะชิดก็เป็นระบบใหม่ (modern system) จะต้องควบคุมทรงพุ่มด้วยการจัดโครงสร้างต้น การตัดแต่งกิ่ง การใช้ต้นตอแคระหรือการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตร่วมด้วยเพื่อให้ต้นไม้ผลออกผลเร็ว ให้ผลผลิตต่อไร่สูงและสม่ำเสมอใช้แรงงานน้อยลง (กวิศร์, 2546) ดังนั้นการปลูกลำไยระยะชิดให้ประสบผลสำเร็จจำเป็นต้องควบคุมทรงพุ่ม ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ทรงฝาชีหงายสามารถควบคุมทรงพุ่มไม่ให้สูงได้ดีกว่าทรงพุ่มอื่นๆ แต่ทรงสี่เหลี่ยมมีแนวโน้มจะให้ผลผลิตสูง (จำนงค์, 2549; จิรนันท์, 2551) การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต เช่น การใช้สารพาโคลบิวทราโซลช่วยลดความยาวของยอดลำไย (Diszbalis and Drinnan, 2007) และลองกอง (เพ็ญศิริ, 2545) จากข้อมูลดังกล่าว จึงน่าจะศึกษาการใช้สารพาโคลบิวทราโซลร่วมกับการตัดแต่งกิ่งรูปทรงต่างๆ ต่อการควบคุมทรงพุ่ม การออกดอก ติดผล และผลกระทบทางด้านสรีรวิทยา เช่น การสังเคราะห์แสง การคายน้ำ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของลำไยที่ปลูกในระยะชิด

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นลำไยพันธุ์อีดออายุ 5 ปี ความกว้างทรงพุ่มประมาณ 2 เมตร ความสูง 2 เมตร ที่ปลูกระยะชิด 4x4 เมตร สวนเกษตรกร ต.แม่แฝกใหม่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ทำการทดลองระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2552-เมษายน 2553 วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomize Design มี 5 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซล 3 ระดับ คือ 0, 1,000 และ 2,000 มก/ล.

ปัจจัยที่ 2 การตัดแต่งทรงพุ่ม 3 รูปทรง คือ ทรงครึ่งวงกลม ทรงฝาชีหงาย และทรงสี่เหลี่ยม วิธีการตัดแต่งกิ่งดังนี้

1. ทรงครึ่งวงกลม เป็นรูปทรงตามธรรมชาติของลำไย ทำการตัดแต่งเฉพาะกิ่งขนาดเล็กที่อยู่ในทรงพุ่ม ซึ่งที่ไม่ได้รับแสงออกเพื่อให้ทรงพุ่มโปร่ง

2. ทรงสี่เหลี่ยม ตัดแต่งทรงพุ่มที่ความสูง 1.7 เมตร ทำโดยใช้ไม้สูง 1.7 เมตร ทาบกับต้นลำไย แล้วตัดกิ่งลำไยที่สูงกว่าระดับความสูงของไม้ออกให้หมด ตัดปลายกิ่งด้านข้างของทรงพุ่มทั้งสี่ด้านลึก 30 เซนติเมตร หรือให้แต่ละด้านจะห่างจากลำต้น 1.7 เมตร รูปทรงที่ได้จะเป็นทรงลูกบาศก์

3. ทรงฝาชีหงายหรือทรงแบน ตัดกิ่งแขนงใหญ่ที่ตั้งตรงทำมุมประมาณ 45 องศาขึ้นไป ออกเหลือแต่กิ่งแขนงใหญ่ในแนวราบและกิ่งเล็กตามความเหมาะสม ส่วนกิ่งบริเวณปลายทรงพุ่มใช้กรรไกรตัดแต่งกิ่งให้ลึกประมาณ 20 เซนติเมตร นำกิ่งและใบที่ตัดแต่งออกไปคลุมไว้ที่โคนต้นเพื่อคืนธาตุอาหารที่ติดไปกับใบและกิ่งให้กับต้นลำไย ส่วนการให้สารพาโคลบิวทราโซลจะให้เมื่อต้นลำไยแต่ละรูปทรงผลิใบครั้งที่ 2 โดยให้ระยะใบโตเต็มที่

การบันทึกข้อมูลโดยการสุ่มยอดรอบทรงพุ่ม 20 ยอด เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การผลิใบ ความกว้างของยอดใหม่และความยาวของยอดที่ผลิใหม่ โดยวัดเมื่อใบเริ่มแก่มีขนาดใบโตเต็มที่หรือหลังแตกใบประมาณ 1 เดือน วัดขนาด ความกว้างและความสูงของต้นลำไย ก่อนและหลังการพ่นสารพาโคลบิวทราโซล นำมาหาอัตราการเจริญเติบโตโดยใช้สูตรของ Shabana *et al.* (1981) เก็บข้อมูลการออกดอก ขนาดของช่อดอก สัดส่วนเพศดอก จำนวนผลต่อช่อ และศึกษาข้อมูลทางสรีรวิทยา ได้แก่ คลอโรฟิลล์ในใบ โดยใช้เครื่อง Chlorophyll meter รุ่น SPAD-502 ของบริษัท Minolta camera Co., LTD. Japan วัดอัตราการสังเคราะห์แสงและการคายน้ำโดยใช้เครื่องมือ LCA-4 Leaf Chamber Analysis (Advanced Portable Photosynthesis and Transpiration Measurement System) รุ่น LCA- 4 System ยี่ห้อ ADC ในประเทศอังกฤษ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Sirichai Statistics 6.0 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วย Duncan' s New Multiple Range Test (DMRT.)

ผลการวิจัย

การผลิใบและขนาดของยอดใหม่

การตัดแต่งกิ่ง 3 รูปทรงร่วมกับการให้สารพาโคลบิวทราโซลในระยะที่ต้นลำไยผลิใบครั้งที่ 2 พบว่าไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การผลิใบครั้งถัดไป (ครั้งที่ 3) แต่ความกว้างและยาวของยอดใหม่พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ต้นลำไยที่ให้สารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 มก/ล. มีความกว้างของยอดใหม่ลดลง ส่วนความยาวของยอดใหม่ที่ได้รับ สารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 2,000 มก/ล. ลดลงประมาณ 1 เท่า เมื่อเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร (ตารางที่ 1) ส่วนการที่ตัดแต่งทรงฝาชีหงายทำให้ต้นลำไยมีขนาดความยาวของยอดลดลง การศึกษาครั้งนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างรูปทรงกับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการผลิใบและขนาดของยอดใหม่

ตารางที่ 1 ผลของรูปทรงที่ตัดแต่งร่วมกับสารพาโคลบิวทราโซลต่อการผลิใบและความกว้างและยาวของยอดใหม่

สิ่งทดลอง	การผลิใบ (%)	ขนาดของยอดใหม่ (เซนติเมตร)	
		กว้าง	ยาว
รูปทรง			
ครึ่งวงกลม	92.33	30.60	11.96b
ฝาชีหงาย	90.33	31.82	11.35c
สี่เหลี่ยม	93.67	31.09	12.11a
F-test	ns	ns	**
พาโคลบิวทราโซล			
0 มก/ล.	95.00	37.18a	16.02a
1,000 มก/ล.	90.00	30.28b	11.13b
2,000 มก/ล.	91.33	26.05b	8.27c
F-test	ns	**	**
Interaction (รูปทรงxความเข้มข้น)	ns	ns	**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ตามลำดับ เปรียบโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

การเจริญเติบโตของต้นลำไย

นับตั้งแต่ให้สารพาโคลบิวทราโซลถึงระยะก่อนออกดอกวัดอัตราการเจริญเติบโตของลำไยพบว่ารูปทรงที่ตัดแต่งให้ผลไม่แตกต่างกันในด้านอัตราความกว้าง ความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น แต่สารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 2,000 มก/ล. มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่มลดลง การใช้สารพาโคลบิวทราโซลทั้ง 2 ระดับ มีผลทำให้ความสูงของต้นลำไยลดลง (ตารางที่ 2) สำหรับ

รูปทรงที่ตัดแต่งนั้นมีแนวโน้มว่าทรงฝาชีหงายจะมีอัตราการเจริญเติบโตของความกว้างและสูงลดลง แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างรูปทรงของการตัดแต่งกิ่งกับสารพาโคลบิวทราโซล

ตารางที่ 2 ผลของรูปทรงที่ตัดแต่งร่วมกับสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตด้านความกว้าง ความสูงของทรงพุ่มและเส้นผ่าศูนย์กลางของต้น

สิ่งทดลอง	ความสูงของทรงพุ่ม (%)	ความกว้างของทรงพุ่ม (%)	เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น (%)
รูปทรง			
ครึ่งวงกลม	30.96	43.03	10.12
ฝาชีหงาย	26.38	37.10	11.56
สี่เหลี่ยม	31.97	48.71	9.45
F-test	ns	ns	ns
พาโคลบิวทราโซล			
0 มก/ล.	37.72a	45.22ab	9.00
1,000 มก/ล.	29.73b	49.25a	10.47
2,000 มก/ล.	21.86b	34.37b	11.66
F-test	**	*	ns
Interaction (รูปทรงxความเข้มข้น)	ns	ns	ns

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามลำดับ เปรียบโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

การออกดอกและขนาดของช่อดอก

ต้นลำไยที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกไม่แตกต่างทางสถิติ คือ มีการออกดอกอยู่ในช่วง 91.67- 99.0% แต่ช่อดอกของต้นลำไยที่ไม่ให้สารมีความกว้างและยาวน้อยกว่าการให้สารพาโคลบิวทราโซล ส่วนที่ต้นลำไยที่ตัดแต่งทรงสี่เหลี่ยมมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกน้อยกว่าทรงครึ่งวงกลมและทรงฝาชีหงายโดยมีการออกดอกเท่ากับ 89.00, 97.67 และ 100.0% ตามลำดับ (ตารางที่ 3) การศึกษาครั้งนี้พบความสัมพันธ์ของรูปทรงที่ตัดแต่งกับสารพาโคลบิวทราโซลในด้านความกว้างของช่อดอก

ตารางที่ 3 ผลของรูปทรงที่ตัดแต่งร่วมกับสารพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอก และขนาดของช่อดอก

สิ่งทดลอง	การออกดอก (%)	ขนาดช่อดอก (เซนติเมตร)	
		กว้าง	ยาว
รูปทรง			
ครึ่งวงกลม	97.67a	27.15	35.27
ฝาชีหงาย	100.00a	26.09	35.14
สี่เหลี่ยม	89.00b	25.46	32.14
F-test	*	ns	ns
พาโคลบิวทราโซล			
0 มก/ล.	91.67	24.17b	31.41b
1,000 มก/ล.	96.00	26.55ab	36.71a
2,000 มก/ล.	99.00	27.97a	34.43ab
F-test	ns	**	*
Interaction (รูปทรงxความเข้มข้น)	ns	**	ns

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ * ** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ เปรียบโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

จำนวนดอกเพศผู้ ดอกเพศเมียและจำนวนผลต่อช่อ

พบว่า ต้นลำไยที่ตัดแต่งรูปทรงต่างๆ และสารพาโคลบิวทราโซลมีจำนวนดอกเพศผู้และดอกเพศเมียไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จำนวนผลต่อช่อของต้นลำไยที่ตัดแต่งทรงครึ่งวงกลมมีจำนวนผลต่อช่อมากที่สุด รองลงมา คือ ทรงฝาชีหงายและทรงสี่เหลี่ยมโดยมีจำนวนผลต่อช่อเท่ากับ 27.9, 25.3 และ 22.7 ตามลำดับ ส่วนการให้สารพาโคลบิวทราโซลมีผลทำให้จำนวนผลต่อช่อมากขึ้น โดยเฉพาะความเข้มข้นที่ 2,000 มก/ล. เพิ่มขึ้นเกือบ 1 เท่า (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลของรูปทรงที่ตัดแต่งร่วมกับสารพาโคลบิวทราโซลต่อจำนวนดอก สัดส่วนเพศดอก และจำนวนผลต่อช่อ

สิ่งทดลอง	จำนวนดอก		สัดส่วนเพศดอก	จำนวนผลต่อช่อ
	เพศผู้	เพศเมีย		
รูปทรง				
ครึ่งวงกลม	1,949.50	162.61	11.98:1	27.96a
ฝาชีหงาย	1,837.25	125.11	14.68:1	25.34b
สี่เหลี่ยม	1,740.86	179.66	9.69:1	22.67c
F-test	ns	ns	-	**
พาโคลบิวทราโซล				
0 มก/ล.	1,725.50	103.22	16.71:1	17.91c
1,000 มก/ล.	2,117.55	196.75	10.76:1	24.45b
2,000 มก/ล.	1,684.44	167.41	10.06:1	33.60a
F-test	ns	ns	-	**
Interaction (รูปทรงxความเข้มข้น)	ns	ns	-	**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ * **แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ เปรียบโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการคายน้ำ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของต้นลำไยที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 2,000 มก/ล. เพิ่มขึ้นในขณะที่ต้นลำไยที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล 1,000 และ 2,000 มก/ล มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Net photosynthesis rate) สูงกว่าต้นที่ไม่ได้ให้สาร แต่มีอัตราการคายน้ำลดลง ปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นลำไยที่ตัดแต่งรูปทรงต่างๆ ไม่แตกต่างกันแต่ต้นลำไยที่ตัดแต่งทรงฝาชีหงายมีอัตราการสังเคราะห์แสงลดลง (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลของรูปทรงที่ตัดแต่งร่วมกับสารพาโคลบิวทราโซลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ อัตราการสังเคราะห์แสง และอัตราการคายน้ำ

สิ่งทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (Spad unit)	อัตราการสังเคราะห์แสง ($\mu mol/m^{-2}s^{-1}$)	อัตราการคายน้ำ ($\mu mol/m^{-2}s^{-1}$)
รูปทรง			
ครึ่งวงกลม	49.86	12.50a	7.71
ฝาชีหงาย	48.50	10.13b	7.14
สี่เหลี่ยม	49.50	12.95a	6.32
F-test	ns	*	ns
พาโคลบิวทราโซล			
0 มก/ล.	47.36b	9.95b	8.47a
1,000 มก/ล.	49.67ab	12.26a	6.34b
2,000 มก/ล.	52.36a	13.36a	6.35b
F-test	**	*	*
Interaction (รูปทรงxความเข้มข้น)	ns	ns	*

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ * **แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ เปรียบโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาผลของรูปทรงต้นร่วมกับการใช้สารพาโคลบิวทราโซล พบว่าสารพาโคลบิวทราโซลทุกความเข้มข้นไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การผลิใบ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Diszbalis and Drinnan (2007) แต่มีผลต่อความกว้างและยาวของยอดใหม่ เช่นเดียวกับการศึกษาในลองกอง (เพ็ญศิริ, 2545) และลำไย (Diszbalis and Drinnan, 2007) ทั้งนี้เนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซลมีผลยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน ทำให้การแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์ลดลง (หิรัญ และคณะ, 2541; Kamountsis and Chronopoulon-Sereli, 1999) การลดลงของความกว้างและยาวของยอดใหม่ส่งผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงและความกว้างของทรงพุ่มลดลงเมื่อเทียบกับต้นลำไยที่ไม่ให้สาร การให้สารพาโคลบิวทราโซลไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอกของลำไยที่ให้สารโพแทสเซียมคลอเรตเช่นเดียวกับการศึกษาของบุญชาติ (2551) ส่วนรูปทรงต้นที่ตัดแต่งกิ่งพบว่าไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การผลิใบ สอดคล้องกับผลการศึกษาของจำนงค์ (2549) แต่พาวิน และคณะ (2550) รายงานว่าการตัดแต่งรูปทรงต่างๆ 4 ทรงมีเปอร์เซ็นต์การผลิใบไม่แตกต่างกันในปีแรก แต่ในปีที่สองกลับพบว่าการตัดแต่งกิ่งทรงฝาชีหงายและสี่เหลี่ยมมีเปอร์เซ็นต์การผลิใบมากกว่าทรงครึ่งวงกลม ดังนั้นคงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในประเด็นดังกล่าว จากตารางที่ 3 พบว่าการตัดแต่งกิ่งรูปทรงสี่เหลี่ยมมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของนพดล (2551) อาจเนื่องจากมีการตัดปลายกิ่งลึกมากเกินไป ซึ่งพาวิน และคณะ (2549) รายงานว่าการตัดปลายกิ่งลึก 30

เซนติเมตร มีผลทำให้การออกดอกลดลง ต้นลำไยที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลมีช่อดอกกว้างและยาวกว่าต้นที่ไม่ได้รับสาร อาจเป็นเพราะว่าสารพาโคลบิวทราโซลมีผลทำให้ลำไยมีช่อดอกล้วนมากขึ้น (ข้อมูลไม่ได้นำมาแสดง) จึงทำให้ช่อดอกยาวและมีการติดผลต่อช่อมากขึ้น เมื่อพิจารณาภาพรวมของการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่าการใช้สารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้น 1,000-2,000 มก/ล. สามารถควบคุมทรงพุ่มลำไยระยะชิดได้ แต่ทั้งนี้จะต้องศึกษาผลกระทบที่มีต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของต้นในปีถัดไป ส่วนการตัดแต่งกิ่งรูปทรงต่างๆ ถึงแม้จะให้ผลในการควบคุมไม่เด่นชัดเนื่องจากเป็นการศึกษาในปีแรกแต่มีแนวโน้มว่าทรงฝาชีหงายจะช่วยควบคุมความสูงของต้นได้ดี แต่คงต้องมีการประเมินผลภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตและมีการตัดแต่งกิ่งเพื่อควบคุมทรงพุ่มในปีถัดไป ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาได้แก่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นลำไยที่ให้สารพาโคลบิวทาโซลเพิ่มขึ้น และมีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น แต่อัตราการคายน้ำลดลงสอดคล้องกับ Jaleel *et al.* (2007) รายงานว่าสารพาโคลบิวทราโซล ทำให้การสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น และลดอัตราการคายน้ำลดลงเช่นเดียวกับ De Jong (1986 อ้างโดยเพ็ญศิริ, 2545) เมื่อให้สารพาโคลบิวทราโซลในเนคทารีน พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น มีผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การให้สารพาโคลบิวทราโซลสามารถควบคุมขนาดของทรงพุ่มลำไยได้โดยมีผลทำให้ขนาดของยอดที่แตกใบลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่มีผลต่อการออกดอกของลำไย นอกจากนี้ยังมีช่อดอกกว้างและยาวมากขึ้น ส่งผลทำให้จำนวนผลต่อช่อมากขึ้น ส่วนรูปทรงของการตัดแต่งกิ่งในการศึกษาครั้งนี้ยังแสดงผลไม่ชัดเจนในด้านการควบคุมทรงพุ่ม เนื่องจากเป็นการศึกษาในปีแรก แต่มีแนวโน้มว่าทรงฝาชีหงายจะควบคุมความสูงของทรงพุ่มได้ดีกว่าทรงอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง โครงการ การศึกษาวิธีการควบคุมทรงพุ่มลำไยระยะชิด ที่สนับสนุนการวิจัยโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กวิศร์ วานิชกุล. 2546. **การจัดทรงต้นและการตัดแต่งกิ่งไม้ผล**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 213 หน้า.

จำนง ศรีจันทร์. 2548. **การศึกษาทรงต้นลำไย 4 แบบต่อการแตกใบการออกดอกและคุณภาพผลผลิตของลำไยพันธุ์อีดอ**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 64 หน้า.

จิรนันท์ เสนานาญ. 2551. **การตอบสนองของลำไยพันธุ์อีดอต่อการจัดการทรงต้นและการจัดการปุ๋ย.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 179 หน้า

บุญชาติ คติวัฒน์. 2551. **ผลของสารโพแทสเซียมคลอเรตต่อการออกดอก และติดผลของลำไยพันธุ์อีดอในรอบปี.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 84 หน้า

เพ็ญศิริ จำรัสฉาย. 2545. **ผลของปริมาตรภาชนะปลูกและการใช้สารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของต้นตอลองกอง**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. 95 หน้า.

พาวิน มะโนชัย และวรินทร์ สุทนต์. 2549. **การตัดแต่งเพื่อลดขนาดทรงพุ่มลำไย.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 78 หน้า.

พาวิน มะโนชัย วรินทร์ สุทนต์ จิรนันท์ เสนานาญ และจำนงค์ ศรีจันทร์. 2550. **การพัฒนารูปแบบการตัดแต่งกิ่งและควบคุมทรงพุ่มให้ได้ลำไยต้นเตี้ยเพื่อลดต้นทุนการผลิต.** รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

นพดล จรัสสัมฤทธิ์. 2551. **การจัดการการออกดอกที่เหมาะสมสำหรับการจัดการทรงต้นลำไย.** รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

หิรัญ หิรัญประดิษฐ์ สุขวัฒน์ จันทรปรรณิต และเสริมสุข สลักเพชร์. 2541. **เทคโนโลยีการผลิตทุเรียน.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 196 หน้า.

Diczbalis, Y. and J. Drinnan. 2007. **Floral Manipulation and Canopy Management in Longan and Rambutan.** Australian Government Rural Industries Research and Development Corporation.

Jackson, J.E. (ed.) 1976. **Proceeding of the Symposium on High Density Planting East Malling** ii.Research,Long Ashton Research Station, Wye college, England.

Jaleel, C., P. Manivannan, B. Sankar, A. Kishorekumar, S. Sankari and R. Panneerselvam. 2007. Paclobutrazol enhances photosynthesis and ajmalicine production in *Catharanthus* roseus. **Process Biochemistry.** 42: 1566-1570.

Kamountsis A.P. and A.G. Chronopoulon-Sereli. 1999. Paclobutrazol affects growth and flower bud production in gardenia under different light regimes. **Hort Sci**. 34: 675.

Shabana, H. R., N.D. Benjamin and S. Mohammed. 1981. Pattern of growth and development in date palm plant fruit. **Date Plant J.** 1: 31-42.

ผลของการตัดแต่ง 4 รูปแบบต่อการผลิใบ การออกดอก ผลผลิต ต้นทุน และผลตอบแทนของลำไยพันธุ์ดอ

Effect of 4 Pruning Pattern on Leaf Flushing, Flowering, Yield, Cost and Profit of Longan Trees cv. Daw

จิรนันท์ เสนานาญ[1*] พาวิน มะโนชัย[2] วรินทร์ สุทนต์[1] เสกสันต์ อุสสหตานนท์[2] และจำนงค์ ศรีจันทร์[2]

Chiranan Senanan[1*], Pawin Manochai[2], Warin Suton[1], Sakesan Ussahatanonta[2] and Jumnong srijun[2]

[1]สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1] Office of Agricultural Research and Extention, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: chiranan_c@mju.ac.th or pawin@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการตัดแต่งต้นลำไยพันธุ์ดออายุ 12 ปี ปลูกบนพื้นที่ดอน ด้วยระยะปลูก 6x6 เมตร แบ่งเป็น 4 รูปแบบ คือ ทรงครึ่งวงกลม ทรงเปิดกลางทรงพุ่ม ทรงสี่เหลี่ยม และทรงแบนหรือฝาชีหงาย ระยะเวลาที่ศึกษา 3 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2548 พบว่า การตัดแต่งกิ่งรูปทรงแบนและทรงสี่เหลี่ยม กระตุ้นการผลิใบอ่อนเร็วขึ้นและมีจำนวนครั้งของการผลิใบอ่อนในรอบปีมากกว่าทรงครึ่งวงกลมและเปิดกลางทรงพุ่ม นอกจากนี้ยังมีกิ่งกระโดงตามกิ่งและลำต้นมากที่สุด การตัดแต่งทุกรูปทรงไม่มีผลต่อการออกดอกที่ ชักนำโดยการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรต ปริมาณผลผลิตของทุกรูปทรงไม่แตกต่างกันในปีที่หนึ่งและสาม แต่ในปีที่สองพบว่าทรงแบนให้ผลผลิตน้อยกว่าทรงอื่นๆ แต่มีน้ำหนักผลมากกว่าทรงอื่นๆ นอกจากนี้ทรงแบนมีแนวโน้มต้นทุนการผลิตโดยรวมทั้ง 3 ปีต่ำสุด ขณะที่ทรงสี่เหลี่ยมมีแนวโน้มให้รายได้และผลตอบแทนเฉลี่ย 3 ปีสูงสุด

คำสำคัญ: การตัดแต่งกิ่ง การออกดอก ผลผลิต ลำไย

Abstract

The response of longan trees to the 4 pruning pattern were studied for 3 years from 2002-2005. The 4 pruning pattern were; half sphere, open canopy, cube like and flat shape. The study was conducted on the 12 year-old longan trees cv.“Daw” grown on upland area with a 6x6 m. spacing. The results showed that the flat and cube like shape trees had earlier and more frequent leaf flushing than the others. However, in all 3 years, there were no significant difference in the percentage of flowering induced by $KClO_3$ in all pruning pattern. For the second years, flat shaped had lower yield but larger fruit size than other shapes. Average from 3-year production, the potential of the production cost for flat shape was the lowest, whereas the income or revenue of the cube like shape was the highest.

Keywords: pruning, flowering, yield, longan

คำนำ

ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นประกอบกับผลผลิตที่ด้อยคุณภาพ ส่งผลให้เกษตรกรจำหน่ายผลผลิตได้ในราคาที่ต่ำ และประสบกับการขาดทุน ลำไยที่มีทรงพุ่มสูงใหญ่ไม่สะดวกต่อการดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยวผลผลิต นอกจากนี้การปรับปรุงคุณภาพยังทำได้ยากกว่าลำไยต้นเล็กอีกด้วย (พาวิน และคณะ, 2547) การจัดทรงพุ่มลำไยให้เตี้ยและมีรูปทรงที่เหมาะสม จึงน่าจะสามารถลดต้นทุนได้ (นิทยา, 2546) และอาจมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต เช่น ฝรั่งพันธุ์ JP 1 ที่ตัดแต่งกิ่งปานกลาง (medium pruning) และตัดแต่งกิ่งอย่างหนัก (heavy pruning) ให้จำนวนผลและปริมาณผลผลิตสูงกว่าต้นที่ไม่ได้ตัดแต่งกิ่ง (Yunus, 1992) ในแอบเปิลการตัดแต่งทรง Spindle ให้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าทรง Palmette (Sansavini and Corelli,1992) ในลิ้นจี่ที่มีอายุมากถ้าควบคุมความสูงให้อยู่ที่ประมาณ 2.5 เมตร จะให้ผลผลิตสม่ำเสมอทุกปี ดังนั้นการปลูกลิ้นจี่ระบบใหม่ควรใช้ระยะปลูก 3x5 เมตร และควบคุมความสูง เพื่อให้สะดวกต่อการดูแลรักษา อีกทั้งยังลดค่าใช้จ่ายในด้านแรงงาน (Goren and Gazit, 1993) ในอะโวกาโดพันธุ์ Hass ที่ไม่ตัดแต่งกิ่งและตัดแต่ง ควบคุมความสูงที่ 4 และ 6 เมตร พบว่าการตัดที่ความสูง 4 เมตร ให้ผลผลิตลดลง ในขณะที่ต้นที่ตัดแต่งที่ความสูง 6 เมตร ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับต้นที่ไม่ตัดแต่ง การตัดแต่งกิ่งทำให้ขนาดต้นลดลง ลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา และทำให้เครื่องทุ่นแรงทำงานได้สะดวก (Thorp and Stowell, 2001) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการตัดแต่งกิ่งและการจัดทรงต้นมีผลต่อปริมาณผลผลิต ดังนั้นการทดลองนี้จึงมุ่งศึกษาถึงผลกระทบของการตัดแต่งกิ่งรูปทรงต่างๆ 4 รูปแบบต่อการผลิใบ การออกดอก ติดผล ตลอดจนต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของลำไย

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นลำไยพันธุ์ดอ อายุ 12 ปี ที่ปลูกบนที่ดอน ระยะปลูก 6x6 เมตร (44 ต้น/ไร่) ทรงพุ่มสูง 2.56-2.81 เมตร กว้าง 3.54-3.98 เมตร ในบริเวณสำนักฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ทำการศึกษาทดลอง 3 ปี ติดต่อกัน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2548 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 5 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น ประกอบด้วย การตัดแต่งต้นลำไย 4 รูปทรง ดังนี้ คือ

1. ทรงครึ่งวงกลม เป็นรูปทรงตามธรรมชาติของต้นลำไย ดังนั้นจึงตัดแต่งเอาเฉพาะกิ่งขนาดเล็กที่อยู่ในทรงพุ่ม ซึ่งไม่ได้รับแสงออกเพื่อให้ทรงพุ่มโปร่ง เมื่อตัดแล้วมีความสูงจากพื้นดิน 2.7 เมตร

2. ทรงเปิดกลางทรงพุ่ม ตัดกิ่งหลักที่เจริญในแนวตั้งกลางทรงพุ่มออก 2-3 กิ่ง เพื่อควบคุมความสูง และให้แสงส่องเข้าไปในทรงพุ่ม จากนั้นตัดแต่งกิ่งที่อยู่ด้านในทรงพุ่มที่ไม่ได้รับแสงออก ความสูงจากพื้นดิน 2.6 เมตร

3. ทรงเหลี่ยม ตัดเรือนยอดของทรงพุ่มออกที่ความสูง 1.7 เมตร ตัดปลายกิ่งด้านข้างของทรงพุ่มทั้งสี่ด้าน ให้ได้ทรงต้นเป็นรูปลูกบาศก์กว้างด้านละ 3 เมตร ทุกปี

4. ทรงแบนหรือทรงฝาชีหงาย ตัดกิ่งใหญ่กลางทรงพุ่มที่ทำมุมน้อยกว่า 45 องศาออก เหลือกิ่งแขนงใหญ่ในแนวราบ 1 ชั้น ส่วนกิ่งบริเวณปลายทรงพุ่มใช้กรรไกรตัดให้สั้นหรือบางลง ส่วนการตัดแต่งกิ่งในปีที่ 2 และ 3 ตัดกิ่งกระโดงออกเหลือตอยาวประมาณ 2-5 นิ้ว เพื่อกระตุ้นให้เกิดกิ่งกระโดงจำนวนมากบนตอที่เหลือ และคงความสูงของทรงพุ่มให้คงที่ (ภาพที่ 1) เริ่มตัดแต่งวันที่ 1 กันยายน 2545 ชักนำการออกดอกนอกฤดูด้วยสารโพแทสเซียมคลอเรต อัตรา 20 กรัมต่อตารางเมตรของพื้นที่ทรงพุ่ม ในปีแรกให้สารวันที่ 10 เดือนมิถุนายน 2546 ปีที่สองให้สารวันที่ 3 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2547 ส่วนปีที่สาม ให้สารวันที่ 16 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2548 ซึ่งเป็นการทดลองติดต่อกัน 3 ปี

สุ่มยอดรอบทรงพุ่มจำนวน 40 ยอดต่อต้น เพื่อบันทึกเปอร์เซ็นต์การผลิใบ การออกดอก จำนวนครั้งของการผลิใบและระยะเวลาที่ใช้ในการผลิใบนับจากวันที่ตัดแต่งกิ่ง ผลผลิตของแต่ละต้นนำมาคัดเกรดและบรรจุตะกร้าโดยใช้แรงงานที่มีประสบการณ์และความชำนาญ จากนั้นนำไปจำหน่ายให้ผู้รับซื้อระดับท้องถิ่นในราคาตลาด เก็บข้อมูลต้นทุนการผลิตคิดเฉพาะต้นทุนที่เป็นตัวเงิน ได้แก่ ค่าปัจจัยการผลิต ค่าแรงเก็บเกี่ยวผลผลิต และเก็บข้อมูลผลตอบแทนจากการจำหน่ายผลผลิตในแต่ละรูปทรง การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Sirichai Statistics 6.0 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วย Least Significant Difference (LSD.)

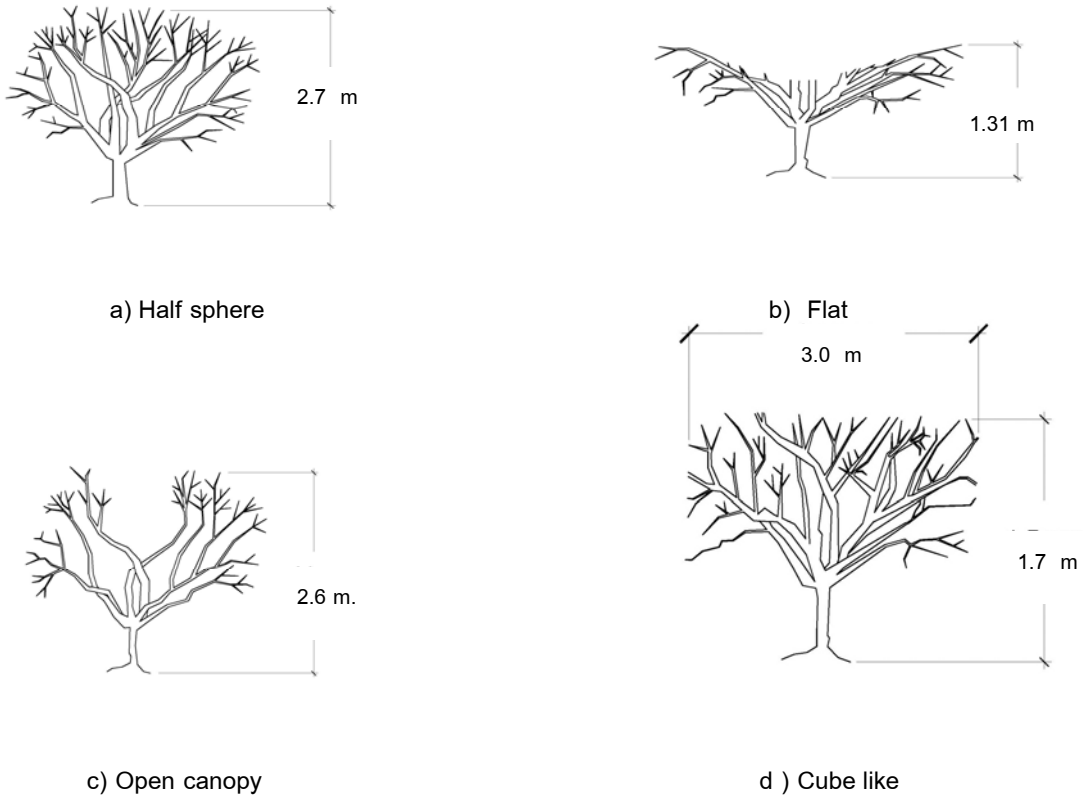


Figure 1 Longan tree pruning pattern to a) Half sphere, b) Flat, c) Open canopy and d) Cube like shape.

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การผลิใบ

ปีแรกของการตัดแต่งกิ่งต้นลำไยทุกรูปทรงมีการผลิใบ 2 ครั้งและมีเปอร์เซ็นต์การผลิใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในปีที่สองพบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในการผลิใบครั้งที่สอง เกิดขึ้นเฉพาะต้นลำไยที่ตัดแต่งรูปทรงแบน (ฝาชีหงาย) และทรงสี่เหลี่ยมเท่านั้น ส่วนในปีที่สาม ต้นลำไยที่ตัดแต่งรูปทรงแบนมีการผลิใบถึง 4 ครั้ง ส่วนทรงอื่นๆ ผลิใบ 3 ครั้ง แต่ไม่พบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การผลิใบทั้งสามครั้ง (Table 1) สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการผลิใบนับจากวันที่ตัดแต่งกิ่งโดยภาพรวมทั้ง 3 ปี พบว่าการตัดแต่งทรงแบนมีการผลิใบเร็วกว่าทรงอื่นๆ รองลงมา คือ ทรงสี่เหลี่ยม ในขณะที่ทรงครึ่งวงกลมและทรงเปิดกลางทรงพุ่มใช้ระยะเวลาการผลิใบหลังการตัดแต่งนานใกล้เคียงกัน (Table 2)

Table 1 Effects of pruning patterns on percentage of leaf flushing of longan cv. Daw in three consecutive years

Pruning patterns	First year		Second year			Third year			
	1st	2nd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	4th
Half sphere	98.7	80.0	90.0	0.0c	0.0	100.0	98.5	100.0	0.0
Open canopy	98.7	82.0	86.0	0.0c	0.0	100.0	100.0	100.0	0.0
Cube like	98.0	86.0	98.0	44.0b	0.0	100.0	100.0	100.0	0.0
Flat	97.7	99.0	100.0	100.0a	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
F-test	ns	ns	ns	**	-	ns	ns	ns	-

Means within the column followed by the same letter were no significantly difference at p= 0.01 by the Least Significant Difference (LSD.)

Table 2 Effects of pruning patterns on average day for leaf flushing of longan cv. Daw in three consecutive years

Pruning patterns	First year		Second year			Third year			
	1st	2nd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	4th
Half sphere	24.1	113.7a	47.5ab	132.5	0.0	23.8	71.2a	180.4a	0.0
Open canopy	22.6	110.5a	60.1a	131.6	0.0	21.3	70.8a	184.7a	0.0
Cube like	20.0	98.9b	46.5ab	123.2	0.0	18.4	62.4b	136.7a	0.0
Flat	19.4	84.4c	31.2b	93.0	124.4	16.5	59.4b	74.6b	173.8
F-test	ns	**	**	ns	-	ns	**	**	-

Means within the column followed by the same letter were no significantly difference at p= 0.01 by the Least Significant Difference (LSD.)

การออกดอก

การชักนำการออกดอกนอกฤดูของต้นลำไยทั้ง 4 รูปทรงด้วยสารโพแทสเซียมคลอเรตพบว่าทุกรูปทรงออกดอกไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 ปี ที่ศึกษา โดยมีการออกดอกตั้งแต่ 98-100 เปอร์เซ็นต์ (Table 3)

Table 3 Effects of pruning patterns on flowering of longan cv. Daw

Pruning patterns	Flowering (%)			Average flowering(%)
	First year	Second year	Third year	
Half sphere	98.2	100.0	100.0	99.40
Open canopy	98.2	100.0	100.0	99.40
Cube like	96.8	100.0	100.0	98.94
Flat	98.0	98.0	100.0	98.67
F-test	ns	ns	ns	ns

ns = no significant

ปริมาณผลผลิต น้ำหนักผลและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณผลผลิตปีที่หนึ่งและสามพบว่าผลผลิตรวมของทุกรูปทรงไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในปีที่สอง พบว่ารูปทรงแบนมีปริมาณผลผลิตที่ต่ำกว่าทุกรูปทรงโดยมีผลผลิตต่ำที่สุดเพียง 13.2 กิโลกรัมต่อต้น ส่วนทรงสี่เหลี่ยม ทรงเปิดกลางทรงพุ่ม และครึ่งวงกลมมีปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ อยู่ในช่วง 33.5-44.5 กิโลกรัมต่อต้น (Table 4 และ Figure 2) ต้นลำไยที่ตัดแต่งทรงแบนในปีที่หนึ่งและสามมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อผลมากกว่าทรงอื่นๆ ส่วนปีที่สองการตัดแต่งทุกรูปทรงมีน้ำหนักผลไม่แตกต่างทางสถิติ ต้นลำไยที่ตัดแต่งทรงครึ่งวงกลมในปีที่สามมีขนาดผลเล็กที่สุด (Table 5) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งสามปีไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 6)

Table 4 Effects of pruning patterns on yield of longan cv. Daw

Pruning patterns	Yield (kgs./tree)			Average yield (kgs/tree)
	First year	Second year	Third year	
Half sphere	55.4	33.5a	56.7	48.5
Open canopy	59.8	44.5a	62.7	55.7
Cube like	73.2	42.5a	59.1	58.3
Flat	51.1	13.2b	38.7	34.3
F-test	ns	**	ns	ns

Means within the column followed by the same letter were no significantly difference at p= 0.01by the Least Significant Difference (LSD.)

Table 5 Effects of pruning patterns on fruit weight of longan cv. Daw

Pruning patterns	Fruit weight (g)		
	First year	Second year	Third year
Half sphere	6.92b	9.15	10.70c
Open canopy	7.74b	9.10	11.86b
Cube-like	7.76b	9.11	12.18b
Flat	9.87a	9.17	13.68a
F-test	**	ns	**

Means within the column followed by the same letter were no significantly difference at p= 0.01 by the Least Significant Difference (LSD.)

Table 6 Effects pruning patterns on total soluble solid of longan cv. Daw

Pruning patterns	Total soluble solid (°Brix)		
	First year	Second year	Third year
Half sphere	23.08	21.15	22.10
Open canopy	23.63	21.64	21.39
Cube-like	23.47	21.23	21.07
Flat	22.66	20.15	21.61
F-test	ns	ns	ns

ns = no significant

ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทน

ต้นทุนที่เกิดจากค่าใช้จ่ายจริงอันเกิดจากปัจจัยการผลิตต่างๆ ได้แก่ การตัดแต่งกิ่ง ค่าสารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลง ค่าปุ๋ย ค่าสารโพแทสเซียมคลอเรต ค่าแรงงานดูแลรักษา และค่าแรงงานเก็บเกี่ยวผลผลิต ในปีที่หนึ่งต้นที่ตัดแต่งรูปทรงครึ่งวงกลมมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่ารูปทรงอื่นๆ แต่ในปีที่สองและสามกลับพบว่าทรงแบนมีต้นทุนรวมต่ำที่สุด (Table 7) สำหรับรายได้รวมเฉลี่ยทั้งสามปีที่ยังไม่หักต้นทุนการผลิต พบว่า รูปทรงสี่เหลี่ยมมีแนวโน้มให้ผลตอบแทนรวมเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 1,038.9 บาทต่อต้น ส่วนทรงครึ่งวงกลมให้ผลตอบแทนรวมเฉลี่ย 655.3 บาทต่อต้น ปีที่สองทรงแบนมีรายได้รวมต่ำกว่าทุกรูปทรง (Table 8) เมื่อนำรายได้รวมมาหักลบด้วยต้นทุนการผลิต พบว่า รายได้สุทธิรวม 3 ปี รูปทรงเหลี่ยมยังคงเป็นรูปทรงที่มีรายได้สูงกว่ารูปทรงอื่นๆ รองลงมา คือ ทรงเปิดกลางทรงพุ่ม ทรงแบน และครึ่งวงกลม (Table 9) ตามลำดับ

Table 7 Effects of pruning patterns on production cost of longan cv. Daw

Pruning patterns	Production cost (baht)			3 years
	First year	Second year	Third year	average
Half sphere	293.1b	237.2a	309.0a	279.8
Open canopy	318.7ab	276.7a	324.2a	306.5
Cube-like	351.0a	266.0a	258.3ab	291.8
Flat	311.5ab	165.1b	190.2b	222.3
F-test	*	**	**	ns

Means within the column followed by the same letter were no significantly difference at * ** p= 0.05, 0.01 by the Least Significant Difference (LSD.)

Table 8 Effects of pruning patterns on income of longan cv. Daw

Pruning patterns	Production cost (baht)			3 years
	First year	Second year	Third year	average
Half sphere	296.5b	453.6a	1,215.8	655.3
Open canopy	512.4ab	762.7a	1,343.9	873.0
Cube-like	1,064.1ab	774.0a	1,278.6	1038.9
Flat	1,184.3a	132.3b	789.0	701.8
F-test	**	*	ns	ns

Means within the column followed by the same letter were no significantly difference at * ** p= 0.05, 0.01 by the Least Significant Difference (LSD.)

Table 9 Effects of pruning pattern on income and net profit, in Baht of longan cv. Daw

Pruning patterns	1st year		2nd year		3rd year		3 years average net profit
	income/tree	net profit	income/tree	net profit	income/tree	net profit	
Half sphere	296.5b	3.4	453.6ab	216.4	1,215.8	906.8	375.5
Open canop	512.4ab	193.7	762.7ab	484.0	1,343.9	1,019.7	565.8
Cube-like	1,064.1ab	713.1	744.0a	508.0	1,278.6	1,020.3	747.1
Flat	1,184.3a	872.8	132.3b	-32.0	789.0	598.8	479.9
F-test	**	-	*	-	ns	-	-

Means within the column followed by the same letter were no significantly difference at * ** p= 0.05,0.01 by the Least Significant Difference (LSD.)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่ารูปทรงของการตัดแต่งกิ่งมีผลต่อจำนวนครั้งและระยะเวลาการผลิใบ การตัดแต่งกิ่งทรงแบนและทรงสี่เหลี่ยมมีการผลิใบได้มากกว่าทรงอื่นๆ ทั้งนี้เกิดจากทั้ง 2 รูปทรง มีปริมาณกิ่งที่ตัดออกปริมาณมากและมีการตัดปลายกิ่งออก การตัดแต่งกิ่งไปลดอิทธิพลของปรากฏการณ์ตายอดข่มตาข้าง (apical dominance) ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของฮอร์โมนออกซินที่สร้างที่ยอดและถูกส่งมาส่วนล่างควบคุมการแตกตาข้าง (กวิศร์, 2546) การตัดปลายกิ่งจึงมีผลต่อสมดุลของฮอร์โมนดังกล่าว (Westwood, 1993) นอกจากนี้การตัดแต่งกิ่งยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของยอดต่อราก (Root/Shoot ratio) (กวิศร์, 2546; Saure, 1992) เช่นเดียวกับการตัดแต่งทรงแบนโดยการลดความสูงจาก 4.2 เมตร ให้เหลือ 2 และ 3 เมตร กระตุ้นการผลิใบอ่อนรอบทรงพุ่มได้เร็วขึ้น (พาวิน และคณะ, 2551) การชักนำการออกดอกของต้นลำไยทั้ง 4 ทรง ด้วยสารโพแทสเซียมคลอเรตไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 ปี สอดคล้องกับรายงานของพาวิน และคณะ(2551) ที่พบว่ารูปทรงไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก

ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยรวมปีที่หนึ่งและสามไม่แตกต่างกันแต่ในปีที่สองทรงแบนมีผลผลิตต่ำที่สุด ซึ่งสาเหตุที่ผลผลิตของทรงแบนลดลงเกิดจากกิ่งกลางพุ่มและกิ่งด้านข้างถูกตัดออกในปริมาณมาก กิ่งที่เกิดขึ้นใหม่ไม่สามารถชดเชยพื้นที่ที่ให้ผลผลิตที่ถูกตัดออกไป มีผลทำให้ผลผลิตลดลงเช่นเดียวกับการศึกษาของพาวิน และคณะ (2551) และชัยพร (2547) รายงานว่า ถ้าลดความสูงของต้นลำไยมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ผลผลิตลดลง เช่นเดียวกับการศึกษาในอะโวกาโดพันธุ์ Hass ที่พบว่าถ้าลดความสูงลงมาก ทำให้ผลผลิตลดลง แต่ถ้าลดความสูงพอเหมาะจะไม่มีผลกระทบต่อผลผลิต (Thop and Stowell, 2001) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วทรงแบนให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อผลลำไยมากกว่าทรงอื่นๆ ทั้งนี้น่าจะเกิดจากกิ่งที่เกิดขึ้นตามลำต้นเป็นกิ่งที่มีขนาดของยอดใหญ่สมบูรณ์ จึงน่าจะส่งผลให้มีขนาดของผลใหญ่ขึ้น นอกจากนี้ปริมาณผลผลิตต่อต้นที่มีแนวโน้มที่จะน้อยกว่าทรงอื่นๆ ก็น่าจะมีผลทำให้น้ำหนักผลมากกว่าทรงครึ่งวงกลม สอดคล้องกับการศึกษาของพาวิน และคณะ (2551) ที่พบว่าคุณภาพผลของลำไยทรงแบนมีผลขนาดใหญ่กว่าทรงครึ่งวงกลม

ต้นทุนการผลิตทรงแบนมีต้นทุนรวมมีแนวโน้มต่ำสาเหตุเนื่องจากทรงแบนมีผลผลิตที่ต่ำ ทำให้ต้นทุนการคัดเกรดและบรรจุตะกร้าลดลง ประกอบกับการเก็บเกี่ยวไม่ต้องใช้บันไดปีนขึ้นเก็บ จึงทำให้เก็บผลผลิตได้รวดเร็ว ต้นทุนจึงต่ำ พาวิน และคณะ (2551) รายงานว่าการตัดแต่งลำไยที่ความสูง 2 เมตร มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงถึง 38 เปอร์เซ็นต์ และที่ความสูง 3 เมตร ลดต้นทุนการผลิตลง 13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นไม่ควบคุมความสูง สำหรับผลตอบแทนทั้งสามปีโดยภาพรวมนั้นทรงสี่เหลี่ยมมีผลตอบแทนสูงสุด ทั้งนี้อาจเกิดจากทรงสี่เหลี่ยมให้ผลผลิตสูงสม่ำเสมอทุกปีและมีน้ำหนักของผลลำไยรองจากทรงแบน จึงทำให้จำหน่ายผลผลิตในราคาสูง ส่งผลให้ได้รับผลตอบแทนสูงตาม

สรุปผลการวิจัย

การตัดแต่งต้นลำไยรูปทรงแบนและรูปทรงเหลี่ยมกระตุ้นการแตกใบอ่อนได้เร็วขึ้นและมีจำนวนครั้งของการแตกใบมากกว่ารูปทรงเปิดกลางทรงพุ่มและทรงครึ่งทรงกลม การตัดแต่งทุกรูปทรงไม่มีผลต่อการออกดอกและคุณภาพผลผลิต ปริมาณผลผลิตในปีที่สองของการตัดแต่งกิ่งลำไยทรงแบนมีปริมาณผลผลิตน้อยกว่ารูปทรงอื่นๆ ส่วนรูปทรงเหลี่ยมและทรงเปิดกลางทรงพุ่มมีแนวโน้มให้ผลผลิตรวมสามปีมากที่สุด

ต้นลำไยรูปทรงแบนมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด ส่วนรายได้รวมและรายได้สุทธิพบว่าทรงเหลี่ยมให้ผลตอบแทนเฉลี่ยสามปีมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กวิศร์ วานิชกุล. 2546. **การจัดทรงต้นและการตัดแต่งกิ่งไม้ผล.** ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 213 หน้า.

จำนงค์ ศรีจันทร์. 2548. **การศึกษาทรงต้นลำไย 4 แบบต่อการแตกใบการออกดอกและคุณภาพผลผลิตของลำไยพันธุ์อีดอ.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. 64 หน้า.

ชัยพร กล้าณรงค์ชูสกุล. 2547. **การลดระดับความสูงของทรงพุ่มต่อการแตกใบและการออกดอกของลำไย.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. 29 หน้า.

นิทยา อักษรเนียม. 2546. เยี่ยมสวนลำไยต้นเตี้ย. **เคหการเกษตร** 27(3): 57-64.

พาวิน มะโนชัย สุรชัย ศาลิรัศ วรินทร์ สุทนต์ และเสกสันต์ อุสสหตานนท์. 2551. ผลของการลดความสูงของทรงพุ่มต่อการผลิใบ การออกดอกติดผลและผลผลิตของลำไยพันธุ์อีดอ. **ว.วิทย.กษ**. 39(3): 303-312.

พาวิน มะโนชัย วรินทร์ สุทนต์ สุรชัย ศาลิรัศ จิรนันท์ เสนานาญ จำนงค์ ศรีจันทร์ และเสกสันต์ อุสสหตานนท์. 2547. การตัดแต่งกิ่งเพื่อควบคุมทรงพุ่มลำไย: ทรงฝาชีหงาย. *ใน* **การนำผลการวิจัยไม้ผลสู่การปฏิบัติเชิงพาณิชย์.** สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.หน้า 9-21.

Goren, M. and S. Gazit. 1993. Small-statured litchi orchard: a new approach to the growing of litchi. **Acta Horticulturae.** 349: 69-72.

Thorp,T.G. and B. Stowell. 2001. Pruning height and selective limb removal affect yield of large “Hass” avocado trees. **Hort. Science.** 36 (4): 699-702.

Sansavini, S. and L. Corelli . 1992. Canopy efficiency of apple as affected by microclimatic factors and tree structure. **Acta Hortculturae.** 322: 69-86.

Saure, C. 1992. Interference of pruning with endogenous growth control. **Acta Hortculturae.** 322: 87-88 .

Westwood, M.N. 1993. **Temperate zone pomology physiology and culture.** 3rd ed. Portland,Oreg : Timber Press Inc. 523 pp.

Yunus, N. 1992. Effect of intensity of training and pruning on growth, yield, and quality of guava var. JP 1**. Acta Horticulturae.** 322: 291.

a) Half sphere

b) Flat

c) Open canopy

d) Cube like

Figure 2 Longan trees pruning to difference shapes before harvesting a) Half sphere, b) Flat, c) Open canopy and d) Cube like

ผลของวัสดุห่อช่อผลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

Effect of Fruit Bagging on Postharvest Quality of Litchi cv. Hong Huay

จิรนันท์ เสนานาญ[3*] ยงยุทธ ข้ามสี่[1] พาวิน มะโนชัย[2] พิชัย สมบูรณ์วงศ์[3] และนิคม วงศ์นันตา[3]

Chiranan Senanan[3], Yongyut Khamsee[1], Pawin Manochai[2], Pichai Somboonwong[3] and Nikhom Wongnanta[3]

[1]คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[3]สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[3]Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

บทคัดย่อ

ทำการห่อช่อผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยของสวนเกษตรกรที่อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา ด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษสีน้ำตาล ถุงซุนฟง ถุงรีเมย์ ถุงพลาสติกใส และถุงพลาสติกสีขาวขุ่น เปรียบเทียบกับไม่ห่อช่อผล โดยทำการห่อก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน เมื่อครบกำหนด ทำการเก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่มาวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ได้แก่ การถูกทำลายจากหนอนเจาะขั้วผล น้ำหนักและขนาดของผล เปลือก เนื้อ และเมล็ด สีผิวเปลือก (ค่า L*, C* และ Hº) ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) กรดที่ไทเทรตได้ (TA) อัตราส่วน TSS/TA และวิตามินซี พบว่า การใช้วัสดุห่อช่อผลช่วยลดการถูกทำลายจากหนอนเจาะขั้วผลได้ดีกว่าการไม่ห่อ และยังพบว่า การห่อด้วยกระดาษสีน้ำตาลและหนังสือพิมพ์ช่วยปรับปรุงสีผิวเปลือกได้ดีกว่าไม่ห่อช่อผล อย่างไรก็ตามการใช้วัสดุห่อผลไม่มีผลต่อน้ำหนักและขนาดของผล เปลือก เนื้อ และเมล็ด ปริมาณ TSS, TA, อัตราส่วน TSS/TA และวิตามินซีของผลลิ้นจี่

คำสำคัญ: ลิ้นจี่ วัสดุห่อช่อผล คุณภาพ ฮงฮวย

Abstract

Bagging litchi fruit experiment was conducted at Mae Jai district, Pa Yao province. Litchi fruit were bagged by newsprint paper, Kraft paper, Soon Fong bag, Re May bag, transparent plastic bag and unclear plastic bag whereas, non-bagging fruit was used as control. Bagged was started at 1 month before normal harvest. After harvest postharvest quality characteristics were determined such as, The damaged by fruit borer, weight and size of whole fruit, peel, pulp and seed, color of peel (L*, C* and Hº), total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), TSS/TA ratio and vitamin C content. The result showed that the bagging fruit had less damaged from fruit borer compared to non-bagging fruit. Bagging materials made from Kraft and newsprint papers were effective in improving peel color of litchi fruits. However, the bagging materials did not affect on the fruit weight and size, peel, pulp and seed, TSS, TA, TSS/TA ratio and vitamin C content of litchi fruits.

Keywords: litchi, bagging materials, quality, Hong Huay

คำนำ

ลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn.) เป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ปลูกมากในแถบภาคเหนือของประเทศ เช่น จังหวัดพะเยา เชียงราย และเชียงใหม่ โดยลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่มีการปลูกเพื่อรับประทานทั้งภายในประเทศ และส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ ทำรายได้ให้แก่ประเทศปีละหลายร้อยล้านบาท อย่างไรก็ตาม ในการส่งออกลิ้นจี่พบว่า มีปัญหาคุณภาพไม่เป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ อีกทั้งมีข้อกีดกันการค้าระหว่างประเทศในเรื่องสารเคมีตกค้างในผลิตผล ที่มีข้อจำกัดมากขึ้นโดยเฉพาะประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น (ฐานเศรษฐกิจ, 2552) ซึ่งพบว่าเกิดจากใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงในสวน ปัจจุบันการผลิตพืชด้วยระบบการเกษตรปลอดภัยและ/หรือเกษตรอินทรีย์นั้นเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ การปลูกลิ้นจี่นั้นมีกลุ่มเกษตรกร บ้านห้วยเจริญราษฎร์ อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา รวมตัวกันตั้งเป็นกลุ่มลิ้นจี่ปลอดภัย สำหรับพันธุ์ที่นิยมปลูกคือพันธุ์ฮงฮวย ซึ่งให้ผลผลิตสูง ผลขนาดใหญ่ ความกว้าง 3.44 เซนติเมตร ยาว 3.83 เซนติเมตร ผลหนักประมาณ 25-35 กรัม เปลือกบาง มีสีแดงอมชมพู เนื้อผลสีขาวขุ่น และมีรสหวานอมเปรี้ยว ในการผลิตลิ้นจี่ของเกษตรกรจะใช้วิธีการห่อช่อผลด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 30 วัน ซึ่งช่วยลดการระบาดของหนอนเจาะขั้วผล ลดสารเคมีตกค้างบนผลลิ้นจี่ ช่วยให้สีผิวสวยงาม และยังสามารถจำหน่ายลิ้นจี่ที่ห่อช่อผลได้ถึง 23 บาท/กิโลกรัม ขณะที่ลิ้นจี่ที่ไม่ได้ห่อช่อผลมีราคาจำหน่ายประมาณเท่ากับ 10 บาท/กิโลกรัม (สมคิด, 2552 ติดต่อส่วนตัว) อาจเพราะว่าการห่อผลหรือช่อผลด้วยวัสดุห่อ นอกจากจะช่วยป้องกันความเสียหายที่เกิดจากโรคและแมลงแล้ว (มนตรี และคณะ, 2552, Hofman *et al*., 1997) ยังมีผลต่อ

การเจริญและคุณภาพของผลด้วย (Thorp *et al*., 2007; Son and Lee, 2008; Li *et al*., 2008) โดยทำให้ผลไม้หลายชนิดมีผิวสวยงาม และเป็นที่ต้องการของตลาด เช่น ลิ้นจี่ (มนตรี และคณะ, 2552; Hu *et al*., 2001) สาลี่ (Hong *et al*., 1999) และท้อ (Jia *et al*., 2005) ช่วยป้องกันผลแตกในลิ้นจี่ (มนตรี และคณะ, 2552) เนคทารีน (Ding *et al*., 2004) และองุ่น (Son and Lee, 2008) ตลอดจนอาการจุดสีน้ำตาลบนผลสาลี่ (Han *et al*., 2002) และแอปเปิล (Li *et al*., 2008) ได้ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันมีการผลิตวัสดุห่อช่อผลไม้ออกมามากมายหลายชนิด โดยแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติด้านการผ่านได้ของแสง การซึมผ่านได้ของไอน้ำ และการนำความร้อน ซึ่งส่งผลถึงสภาพแวดล้อมรอบๆ ผลิตผลที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตผล (Han *et al*., 2002; Kim *et al*., 2003; Son and Lee, 2008) ดังนั้นจึงได้การศึกษาเกี่ยวกับชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการห่อช่อผลลิ้นจี่ ที่มีต่อคุณภาพของผลผลิตและการลดการระบาดของแมลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งหนอนเจาะขั้วผล

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษา ณ สวนของเกษตรกรบ้านเจริญราษฎร์ อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา โดยใช้ต้นลิ้นจี่อายุประมาณ 5 ปี ทำการศึกษาทดลองระหว่างวันที่ 9 เมษายน -13 พฤษภาคม 2553 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 7 กรรมวิธี ดังนี้คือ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ห่อช่อผล (ชุดควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ห่อกระดาษหนังสือพิมพ์ กรรมวิธีที่ 3 ห่อกระดาษสีน้ำตาล กรรมวิธีที่ 4 ห่อถุงซุนฟง กรรมวิธีที่ 5 ห่อถุงรีเมย์ กรรมวิธีที่ 6 ห่อถุงพลาสติกใส กรรมวิธีที่ 7 ห่อถุงพลาสติกสีขาวขุ่น แต่ละกรรมวิธีทำ 4 ซ้ำๆ ละ 4 ช่อ ทำการห่อช่อผลก่อนเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ 1 เดือน การห่อช่อผลจะห่อในลักษณะปลายช่อเปิดให้แสงเข้าได้ ยกเว้นการห่อด้วยถุงซุนฟงและถุงรีเมย์จะห่อช่อลิ้นจี่ปิดหมดทั้งช่อ เมื่อครบกำหนด 1 เดือน ทำการเก็บเกี่ยวผลิตผลเพื่อวิเคราะห์คุณภาพผลลิ้นจี่ด้านต่างๆ ได้แก่ การถูกทำลายจากหนอนเจาะขั้วผล น้ำหนักและขนาดของผล น้ำหนักและขนาดส่วนประกอบผล สีผิวเปลือก (ค่า L*, C* and H^o) โดย L* = ค่าความสว่างโดย L* เท่ากับ 100 เมื่อวัตถุมีสีขาว และเท่ากับ 0 เมื่อวัตถุมีสีดำค่า C* = ค่าความอิ่มตัวของสี ซึ่งค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีซีดจาง (สีเทา) ถ้าเข้าใกล้ 60 หมายถึง วัตถุมีสีเข้ม ส่วนค่า H^o เป็นค่าแสดงสีแท้จริงของวัตถุ โดยค่า 0-45 องศา แสดงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง ค่า 45-90 แสดงสีส้มแดงถึงสีเหลือง) โดยใช้เครื่องวัดสี (Chroma meter, Minolta CR–10) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) โดยใช้เครื่อง Digital refractometer ATAGO PR-101 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ตามวิธีของ AOAC. (2002) อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA และปริมาณวิตามินซี ตามวิธีของ AOAC. (2002)

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการทดลอง พบว่า การห่อช่อผลลิ้นจี่ด้วยวัสดุต่างๆ ช่วยลดการเข้าทำลายจากหนอนเจาะขั้วผลได้ โดยมีการถูกทำลายจากหนอนเจาะขั้วผลอยู่ในช่วง 3.75-7.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ห่อผลที่มีการถูกทำลายจากหนอนเจาะขั้วผล 13.25 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) ซึ่งมนตรี และคณะ (2552); Kitagawa *et al*. (1992); Hofman *et al*. (1997) และ Guzman *et al*. (2004) ได้

รายงานว่า การใช้วัสดุห่อช่อช่วยลดการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูของผลไม้ได้ อย่างไรก็ตามการใช้วัสดุห่อช่อผลไม่มีผลต่อน้ำหนักและขนาดของผลลิ้นจี่เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ห่อ ซึ่งให้ผลการศึกษาที่แตกต่างจากลิ้นจี่พันธุ์ Tai So (John *et al*., 1998) และพันธุ์ Feizixiao (Xu *et al*., 2003) การศึกษาครั้งนี้ ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 19.60-21.23 กรัม ขนาดความกว้างผล 29.78-31.13 มิลลิเมตร ความยาวผล 34.95-35.88 มิลลิเมตร และความสูงผล 34.95-35.88 มิลลิเมตร (Table 2) และไม่มีผลต่อน้ำหนักและขนาดของเปลือก เนื้อ และเมล็ดของผลลิ้นจี่ ผลลิ้นจี่มีน้ำหนักเปลือกอยู่ระหว่าง 1.95-2.44 กรัม น้ำหนักเนื้อ 12.88-14.90 กรัม และน้ำหนักเมล็ด 3.19-3.50 กรัม ความหนาเปลือก 0.71-0.93 มิลลิเมตร ความหนาเนื้อ 5.34-5.88 มิลลิเมตร ความหนาเมล็ด 13.06-14.30 มิลลิเมตร (Table 3) ซึ่ง ธีรนุชและพาวิน (2548) ได้รายงานว่าการใช้วัสดุห่อช่อผลลำไย ไม่มีผลต่อขนาดของผลและส่วนประกอบของผลเช่นกัน Thorp *et al*. (2007) รายงานว่า การห่อผลจะสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพในด้านขนาดและน้ำหนักของผลนั้นจะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและความชื้นบริเวณรอบๆ ผลไม้นั้น การใช้วัสดุห่อที่ทำให้ปัจจัยทั้งสองเหมาะสม จึงจะสามารถปรับปรุงคุณภาพในด้านดังกล่าวของผลไม้ได้

สำหรับค่าสีผลของเปลือกผลลิ้นจี่พบว่า การใช้กระดาษสีน้ำตาลและกระดาษหนังสือพิมพ์ ทำให้มีค่าความสว่าง (ค่า L*) (Figure 1 และ 2) ของเปลือกผลลิ้นจี่มากกว่าชุดควบคุมและการใช้วัสดุห่อช่อผลชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้กระดาษสีน้ำตาลและกระดาษหนังสือพิมพ์ มีค่า L* เท่ากับ 48.98 และ 43.71 ตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุมและการใช้วัสดุห่อช่อผลชนิดอื่นๆ มีค่า L* อยู่ในช่วง 32.92 - 35.50 ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับการใช้วัสดุห่อช่อผลลิ้นจี่จากสวนเกษตรกรบ้านแม่สาใหม่ อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ (การศึกษาเบื้องต้น ไม่ได้ตีพิมพ์) แสดงว่าผลลิ้นจี่มีค่าสว่างของสีมากกว่า จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าการไม่ห่อช่อผล ทำให้ผลลิ้นจี่มีเปลือกสีค่อนข้างคล้ำ (มีสีน้ำตาล) มากกว่าการใช้วัสดุห่อช่อผล นอกจากนี้ การใช้กระดาษสีน้ำตาล ยังช่วยทำให้ผลลิ้นจี่มีค่า C* และค่า Hº ของเปลือกสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 35.52 และ 50.05 ตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 31.08 และ 39.40 ตามลำดับ (Table 4) อาจเนื่องจากวัสดุห่อช่อผลทั้งสองชนิดมีความเหมาะสมในการยอมให้แสงผ่านในระดับที่เหมาะสมในการพัฒนาของสีเปลือกของลิ้นจี่ในการศึกษาครั้งนี้มากกว่าวัสดุอื่น ซึ่งให้ผลการศึกษาคล้ายคลึงกับการใช้ถุงกระดาษสีน้ำตาลห่อช่อผลลำไย (ธีรนุช และคณะ, 2546) และการใช้กระดาษแก้วห่อช่อผลลิ้นจี่ (Hue *et al*., 2001) โดยค่า C* หรือค่าความอิ่มตัวของสีที่สูงกว่าแสดงถึงวัตถุมีสีเข้ม ขณะที่ค่า Hº ซึ่งเป็นค่าแสดงสีแท้จริงของวัตถุที่อยู่ในช่วง 40-50 องศา แสดงถึงวัตถุมีสีส้มแดง ซึ่งเป็นสีเปลือกของผลลิ้นจี่ที่มีความสวยงาม ซึ่ง Shu (2002) และ Golding *et al*. (2003) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงสีผิวผลไม้ที่มีสีแดง เช่น ลิ้นจี่ ขึ้นอยู่กับการสะสมของรงควัตถุชนิดแอนโทไซยานิน ที่ปริมาณการสังเคราะห์จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณแสงแดดที่ได้รับ นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้วัสดุห่อช่อผลลิ้นจี่ ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนของ TSS/TA และปริมาณวิตามินซี โดยผลลิ้นจี่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ อยู่ในช่วง 16.59-18.04 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ อยู่ในช่วง 0.31-0.35 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนของ TSS/TA อยู่ในช่วง 50.43-56.38 และปริมาณวิตามินซี อยู่ในช่วง 33.40-43.13 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรน้ำคั้น (Table 5) ซึ่งก็พบว่าให้ผลการศึกษาคล้ายคลึงกับการใช้วัสดุห่อช่อผลลิ้นจี่ (YueMing *et al*., 2005) และลำไย (ธีรนุช และพาวิน, 2548)

สรุปผลการทดลอง

1. การใช้วัสดุชนิดต่างๆ ห่อช่อผล ช่วยลดเปอร์เซ็นต์หนอนเจาะขั้วผลลิ้นจี่ได้ดีกว่าการไม่ห่อช่อผล

2. การใช้กระดาษสีน้ำตาลและกระดาษหนังสือพิมพ์ห่อช่อผล ช่วยทำให้สีผิวเปลือกของผลลิ้นจี่มีสีสวยงามกว่าการไม่ห่อช่อผล

3. การใช้วัสดุชนิดต่างๆ ห่อช่อผล ไม่มีผลต่อน้ำหนักและขนาดของผลลิ้นจี่ น้ำหนักและขนาดของเปลือก เนื้อ และเมล็ดของผลลิ้นจี่ TSS, TA อัตราส่วนของ TSS/TA และปริมาณวิตามินซีของผลลิ้นจี่

Table 1 The fruit borer damage of litchi fruit cv. Hong Huay which bagged by different bagging materials

Treatment	Damaged by fruit borer (%)
No bagging (control)	13.25[a]
Newsprint paper	7.50[b]
Kraft paper	7.50[b]
Soon Fong bag	5.00[b]
Re May bag	6.25[b]
Transparent plastic bag	5.00[b]
Unclear plastic bag	3.75[b]
F-test	**

Values within a column followed by different letters differ significantly at $p < 0.01$

Table 2 The fruit weight and size of litchi fruit cv. Hong Huay which bagged by different bagging materials

Treatment	Fruit weight	Fruit size (mm)		
	(gm)	width	length	height
No bagging (control)	20.75	30.45	32.19	35.67
Newsprint paper	20.06	30.19	31.86	34.95
Kraft paper	20.42	30.35	32.22	35.59
Soon Fong bag	19.98	30.42	32.25	35.19
Re May bag	21.23	31.13	32.51	35.88
Transparent plastic bag	19.73	29.78	31.69	35.63
Unclear plastic bag	19.60	29.95	32.62	35.63
F-test	ns	ns	ns	ns

ns mean no differ significantly at $p < 0.05$ by DMRT.

Table 3 The peel, pulp and seed weight and size of litchi fruit cv. Hong Huay which bagged by different bagging materials

Treatment	Weight (mg.)			Size (mm.)		
	peel	pulp	seed	peel	pulp	seed
No bagging (control)	2.10	14.22	3.42	0.71	5.68	13.69
Newsprint paper	1.95	13.68	3.40	0.82	5.50	13.06
Kraft paper	2.44	13.84	3.32	0.93	5.74	13.09
Soon Fong bag	2.06	12.88	3.19	0.79	5.34	13.36
Re May bag	2.12	14.90	3.43	0.77	5.88	13.80
Transparent plastic bag	2.13	14.54	3.33	0.85	5.46	13.93
Unclear plastic bag	2.31	13.32	3.50	0.81	5.38	14.30
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns mean no differ significantly at $p < 0.05$ by DMRT.

Table 4 The peel color value (L*, C* and Hº) of litchi fruit cv. Hong Huay which bagged by different bagging materials

Treatment	Peel color		
	L*	C*	Hº
No bagging (control)	34.86 ^{b}	31.08 ^{b}	39.40 ^{ab}
Newsprint paper	43.71 ^{a}	35.86 ^{a}	41.09 ^{ab}
Kraft paper	48.98 ^{a}	35.52 ^{a}	50.05 ^{a}
Soon Fong bag	35.50 ^{b}	34.05 ^{ab}	35.06 ^{b}
Re May bag	34.00 ^{b}	32.07 ^{b}	33.60 ^{b}
Transparent plastic bag	32.92 ^{b}	32.26 ^{b}	33.32 ^{b}
Unclear plastic bag	35.34 ^{b}	33.89 ^{ab}	34.79 ^{b}
F-test	**	**	*

Values within a column followed by different letters differ significantly at $p < 0.01$ (**) and 0.05 (*) by DMRT.

Table 5 The TSS and TA content, TSS/TA ratio and vitamin C content of litchi fruit cv. Hong Huay which bagged by different bagging materials

Treatment	TSS (%)	TA (%)	TSS/TA ratio	Vitamin C (mg/100ml)
No bagging (control)	17.54	0.32	54.82	34.66
Newsprint paper	17.32	0.32	54.13	38.47
Kraft paper	17.65	0.35	50.43	43.13
Soon Fong bag	17.73	0.33	53.73	39.99
Re May bag	18.04	0.32	56.38	42.02
Transparent plastic bag	16.59	0.31	53.52	41.39
Unclear plastic bag	17.15	0.32	53.60	33.40
F-test	ns	ns	ns	ns

ns mean no differ significantly at $p < 0.05$ by DMRT.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนโครงการ การพัฒนาสวนลิ้นจี่ให้ได้คุณภาพเพื่อการส่งออก (Litchi Orchard Development for Export Quality) ประจำปีงบประมาณ 2552

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2002. **Official Method of Analysis.** Association of Official Analytical Chemists. George Banta Co. Inc., Washington D C.

ธีรนุช เจริญกิจ พาวิน มะโนชัย และนพดล จรัสสัมฤทธิ์. 2546. อิทธิพลของการห่อช่อผลต่อคุณภาพสีผิวของลำไยหลังการเก็บเกี่ยว. **ว. วิทย. กษ.** 34: 1-3 (พิเศษ) 307-310.

ธีรนุช เจริญกิจ และพาวิน มะโนชัย. 2548. การศึกษาเปรียบเทียบชนิดวัสดุห่อต่อคุณภาพผลลำไยพันธุ์ดอ. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 6 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 19-20 พฤษภาคม 2548. 96 หน้า.

ฐานเศรษฐกิจ. 2552. ข่าวส่งออกหัวที่มกติกาค้าใหม่ 'พาณิชย์' ส่งสัญญาณกีดกันการค้าระบาดหนัก ไทยสูญกว่าหมื่นล้าน.[ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.logisticsdigest. option=com_content &task=view&id=2417&Itemid=72.(10 ก.ค.52)

มนตรี ทศานนท์ นันทรัตน์ ศุภกำเนิด และสุพัฒนา ดลโสภณ. 2552. การประเมินความเสียหายที่เกิดจากหนอนเจาะขั้วผล *Conopomorpha sinensis* (Lepidoptera:Gracillariidae) และบทบาทของแตน-เบียนหนอนเจาะผล [ระบบออนไลน์] จาก *http://pikul.lip.ku.ac.th/cgibin/agdb2.exerec_id=00098&database search_type=link&table=mona&back_path=/agdb2/mona&la*....(29 มิถุนายน 2552)

สมคิด คำจันทรา. 2552. เกษตรกรกลุ่มลิ้นจี่ปลอดภัย/อินทรีย์บ้านเจริญราษฎร์ อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา (ติดต่อส่วนตัว).

Ding, Q., M.Y. Han and Y.M. Tian. 2004. Effect of bagging on nectarine fruit quality and fruit cracking, **J. Northwest Sci. Tech. Univ. Agric. For.** 32: 81-83 (in Chinese with an English abstract).

Golding, J.B., Z. Wang and D.R. Dilley. 2003. Effect of MCP and light on postharvest colour development in Apples. **Acta Hort.** 600: 85-89.

Guzman, E.C. 2004. Effect of fruit bagging on sanitation and pigmentation of six mango cultivars. **Acta Hort.** 645: 195-199.

Han, J.H., K.H. Hong, H.I. Jang, I.H. Cho, J.J. Choi and H.J. Lee. 2002. Effect of characteristics of the bags and microclimate in the bags on russet of 'Whangkeumbae' pear fruit. **Korean J. Hort. Sci. Technol.** 20: 32-37.

Hofman, P.J., L.G. Smith, D.C.Joyce, G.I. Johnson and G.F.Meiburg. 1997. Bagging of mango (*Mangifera indica* cv. 'Keitt') fruit influences fruit quality and mineral composition. **Postharvest Biol. Technol.** 12: 83-91.

Hong, K.H., J.K. Kim, H.I. Jang, J.H. Choi, J.W. Han and K.Y. Kim. 1999. Effect of paper sources for bagging on the appearance of fruit skin in Oriental pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai cvs. Gamcheonbae and Yeongsanbae). **J. Korean Soc. Hort. Sci.** 40: 554-558.

Hu, G., D. Chen, P. Li, W. Wang, and J. Dong. 2001. Effect of bagging on fruit coloration and phenylalanine ammonialyase and polyphenoloxidase in 'Feizisiao' litchi. **Acta Hort.** 558: 273-278.

Jia, H.J., A. Araki and G. Okamoto. 2005. Influence of fruit bagging on aroma volatiles and skin coloration of 'Hakuho' peach (*Prunus persica* Batsch). **Postharvest Biol.Technol.** 35: 61-68.

John, A.T., P.J. Hofman, S.J.R. Underhill and K.L. Bell. 1998. Fruit canopy position and panicle bagging affects yield and quality of 'Tai So' lychee. **Scientia Hortic.** 72: 203-213.

Kim, Y.H., S.K. Kim, J.M. Park, S.C. Lim, C.K. Youn, B.A. Lee, T. Youn and T.S. Kim. 2003. Effects of physical properties of bagging papers and changes of microclimate in the bags on coloration and quality of peach fruits. **J. Korean Soc. Hort. Sci.** 44: 483-488.

Kitagawa, H., K. Manabe and E.B. Esguerra. 1992. Bagging of fruit on the tree to control disease. **Acta Hort.** 321: 870-875.

Li, E.M., D.C. Shi, Y.H. Xu, F. Chen and H. Zhai. 2008. Changing characteristics of temperature and humidity in different type bags for bagging apple and their effects on fruit appearance quality. **Chin. J. Appl. Ecol.** 19: 208-212. (in Chinese with an English abstract).

Shu, Z.H. 2002. Fruit position on the tree affects development of anthocyanin and fruit quality in wax apple. **Acta Hort.** 575: 765-769.

Son, I.C. and C.H. Lee. 2008. The effects of bags with different light transmittance on the berry cracking of grape 'Kyoho'. **Hort. Environ. Biotechnol.** 49: 98-103.

Thorp, T.G., M.J. Clearwater, A.M. Barnett, P.J. Martin, P.J. Blattmann and M.B. Currie. 2007. 'Hort16A' fruit beak end softening and shriveling in California. **Acta Hort.** 753: 389-396.

Xu, J.Z., M.Y. Lu, Z.H. Fu, D.J. Huang, G.X. Huang, J.J. Xue, K.R. Lu and Y.C. Li. 2003. Effect of bagging on fruiting and fruit quality of *Litchi chinensis* Sonn. cv. Feizixiao. **J. Guangxi Agric. Biol. Sci.** 22:100-102. (in Chinese with an English abstract).

Yang, C.Q., J.G. Li, D.M. Han, Z.X. Wu, X.W. Pan and R. Li. 2006. Effects of bagging on the quality and storage physiology of fruits of longan cv. Shixia. **J. South China Agric. Univ.** 27: 5-9. (in Chinese with an English abstract).

YueMing, J., S. XinGuo, J.YueLin, L. YueBiao and L. WenBin. 2005. Preharvest bagging of litchi fruits influence their storage potential. **Appl. Hort.** 7: 105-107.

Figure 1 No bagging (control) (a) and Newsprint paper (b)

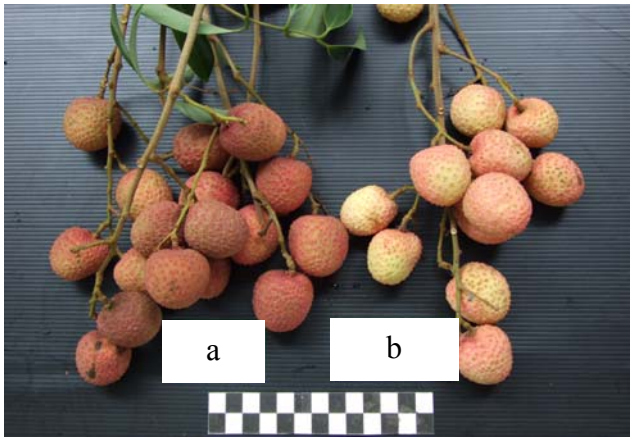


Figure 2 No bagging (control) (a) and Kraft paper (b)

พันธุ์ข้าวโพดหวานสองสีลูกผสมคุณภาพดี "หวานแม่โจ้ 84"

Good Quality Bicolor Sweet Corn Hybrid "Wan Maejo 84"

ประวิตร พุทธานนท์[1] ศิริชัย อุ่นศรีส่ง[1] สุรินทร์ ดีสีปาน[2] เศรษฐา ศิริพินทุ์[1] จินดา จันทร์อ่อน[3] และเสกสรร สงจันทึก[2]

Prawit Puddhanon[1], Sirichai Un-srisong[1], Surin Deesripan[2], Settha Siripin[1], Jinda Jan-orn[3] and Seksan Songjunthuek[2]

[1]ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]ฝ่ายขยายพันธุ์พืชและสัตว์ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[3]สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10290

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo university, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Divison of Plant and Animal Multiplication, Office of Agricultural Research and Extension, Maejo university, Chiang Mai, Thailand 50290

[3]Field Crop Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand 10900

*Corresponding author: prawit@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การสร้างพันธุ์ข้าวโพดหวานสองสีลูกผสมคุณภาพสูง เพื่ออุตสาหกรรมการเกษตรแช่แข็ง เป็นโครงการวิจัยประยุกต์ด้านการปรับปรุงพันธุ์พืช เพื่อพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดหวานสองสีลูกผสมที่ดี ไว้รองรับการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมการเกษตรและการส่งออก ได้ดำเนินการติดต่อกันกว่า 10 ปี (22 ฤดูปลูก) ระหว่างปี 2543-2553 ทั้งในแปลงของมหาวิทยาลัยแม่โจ้และไร่เกษตรกร โดยมีขั้นตอนดังนี้ การสกัดสายพันธุ์พ่อ-แม่ และการประเมินเชื้อพันธุกรรมคุณภาพจากภายในและต่างประเทศ การสร้างพันธุ์ลูกผสม (เบื้องต้น) ที่ควบคุมด้วยยีน *sh*$_2$ และการเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพกับพันธุ์มาตรฐาน NT 58 พบความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม จากการผสมข้ามระหว่างเชื้อพันธุกรรมที่ต่างกันในชั่วแรกๆ ของสายพันธุ์ (S_2) จากนั้นจึงเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดและคัดเลือกสายพันธุ์พ่อ-แม่ และสร้างพันธุ์ลูกผสมจนได้พันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวหมายเลข 4058 F_1 ที่มีความสม่ำเสมอของทรงต้น ออกดอกและออกไหมเมื่ออายุ 42 และ 43 วัน อายุสั้น เก็บเกี่ยวได้ภายใน 59-68 วัน หลังปลูก ฝักมีคุณภาพดี มีทั้งเมล็ดสีเหลืองและเมล็ดสีขาว อ่อนนุ่ม หวาน มีค่าบริกซ์ 15.3% (15.3% Brix) น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือกเฉลี่ย 384 และ 247 กรัม น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือกเฉลี่ย 3 การทดลอง เท่ากับ 3,051 และ 1,964 กก./ไร่ เหมาะสำหรับตลาดฝักสดและอุตสาหกรรมข้าวโพดหวานแช่แข็งคุณภาพสูง ได้แนะนำลูกผสมพันธุ์หมายเลข 4058 หรือ (Inbred no. 40-7-1 x NT 58WS$_3$ #4-4)F_1 ให้เกษตรกรทดลองปลูกส่งตลาดฝักสดอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2546 จนถึงปัจจุบัน และจะเสนอให้พิจารณารับรองเป็นพันธุ์ข้าวโพดหวานของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ชื่อ “หวานแม่โจ้ 84”

คำสำคัญ: ข้าวโพดหวานลูกผสม หวานแม่โจ้ 84 ยีนชรังเคน-2

Abstract

The development of a high quality sweet corn hybrid for agro-industry was carried out during 2000-2010, covering 22 cropping seasons at Maejo University and in farmer fields. The procedures consisted of sweet corn (*sh*$_2$ gene) germplasm evaluation, extraction of S_1-S_3 lines, crossing of S_2 lines to develop F_1 hybrids, yield and quality trials (with standard check NT 58), and selection of elite sweet corn hybrid cultivar. The results indicate that heterosis measured in hybrid was high in crossing lines derived from different genetic backgrounds. Hybrid no. 4058 or (Inbred no. 40-7-1 x NT 58WS_3 #4-4) F_1 was promising with 42 and 43 days to tasseling and silking, 59-68 days to harvest. It had bicolor (yellow and white) kernels with tender fresh kernel quality (15.3% brix). The green (with husk covering kerkels) and fresh yellow ear weights were approximately 384 and 247 grams and the mean fresh ear yields (from three experiments) were 3,051 และ 1,964 kg/rai. This hybrid is suitable for fresh ear market and has been growing in farmer fields since 2003. The hybrid will be registered as a Maejo University sweet corn cultivar in the name of Wan Maejo 84.

Keywords: sweet corn hybrid, Wan Maejo 84, shrunken-2 gene (*sh*$_2$)

คำนำ

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays* L. *saccharata*) เป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีการพัฒนาเพื่อส่งออกอย่างต่อเนื่องมานานกว่า 10 ปี ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ เมล็ดข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง (canned whole kernel) ครีมข้าวโพด (cream style corn) และข้าวโพดหวานแช่แข็ง (frozen sweet corn) ซึ่งมีการส่งออกโดยรวมถึงปีละ 6,436 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) เพื่อให้การพัฒนาอุตสาหกรรมข้าวโพดหวานของประเทศเป็นไปอย่างยั่งยืน หน่วยงานรัฐบาลและบริษัทเอกชนจึงวิจัยเพื่อสร้างพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์ใหม่ๆ เพื่อเตรียมไว้สำหรับเป็นทางเลือกของโรงงานอุตสาหกรรมและเกษตรกรผู้ปลูก ได้ใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ตระหนักถึงความสำคัญของอุตสาหกรรมข้าวโพดหวาน จึงใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจงทางภาคเหนือ ซึ่งมีช่วงอุณหภูมิและช่วงแสงที่เหมาะสมในช่วงปลายฤดูฝน พัฒนาข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมคุณภาพสูง ที่มีทรงต้นดีและคุณภาพฝักดี (premium grade) ผลผลิตสูงกว่าหรือเทียบเท่ากับพันธุ์มาตรฐาน NT 58 ซึ่งมีการปลูกในขณะนี้ ไว้รองรับอุตสาหกรรมการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้าวโพดหวานแช่แข็ง ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง และผลิตภัณฑ์ใหม่ ให้สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลที่จะพัฒนาและขยายการผลิตเพื่อด้านอุตสาหกรรมเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมคุณภาพสูงจากต่างประเทศ คือ Sure Gold F_1 (Sg) และ NT 58 สายพันธุ์แท้ (Inbred) ข้าวโพดหวานที่สร้างในประเทศ คือ หมายเลข (no.) 40 และสายพันธุ์ผสมตัวเอง 1-3 ชั่วรุ่น (S_1-S_3) ที่ควบคุมด้วยยีน *sh*$_2$ ได้จากการสกัด (extraction) โดยวิธีการผสมตัวเอง (selfing) ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 46-0-0 และ 13-13-21 สารเคมีป้องกันและกำจัดวัชพืช อลาคลอร์และพาราควอต อุปกรณ์สำหรับการผสมพันธุ์ข้าวโพด ถุงคลุมเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียตลอดจนวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการปลูกคัดเลือกและทดสอบข้าวโพดหวาน เริ่มจากการปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ดีที่มียีน *sh*$_2$ ควบคุมความหวาน เพื่อสกัดสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 1 (S_1) ชั่วที่ 2 (S_2) และชั่วที่ 3 (S_3) โดยใช้ข้าวโพดหวานคุณภาพสูงจากต่างประเทศ แล้วทำการผสมข้ามสายพันธุ์ดังกล่าวกับสายพันธุ์แท้ที่สร้างในประเทศ คือ หมายเลข (no.) 40 และสร้างพันธุ์ลูกผสมจากการผสมข้ามสายพันธุ์ (S_1 x S_1), (S_2 x S_2) และ (S_3 x S_3) นำไปทดลองปลูกเปรียบเทียบ แล้วคัดเลือกลูกผสมโดยดูความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่และเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพกับพันธุ์ลูกผสมมาตรฐาน NT 58 ในการทดลองที่มีแผนการทดลองแบบ RCB มีพันธุ์จำนวน 10-22 พันธุ์ 2 ซ้ำ ใช้ขนาดแปลงย่อย 3 x 5 เมตร จำนวน 8 การทดลอง ใน 8 ปี ทั้งในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และไร่เกษตรกร ระหว่างฤดูแล้งปี 2543 ถึงฤดูฝนปี 2551 เก็บข้อมูลเกี่ยวกับ อายุถึงวันออกดอกออกไหม 50% ความสูงต้นและฝัก ความยาวฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก จำนวนและเปอร์เซ็นต์ฝักมาตรฐาน ซึ่งยาว 16.5 ซม. กว้าง 4.5 ซม. ดัชนีหรือค่าเปอร์เซ็นต์ความหวาน (% brix) ความนุ่มของเมล็ดสด จำนวนฝักที่หัวเปิด ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือก ตามการประเมินคุณค่าของพันธุ์พืช (Flowchart 1)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ฤดูแล้งปี 2543 การสกัดสายพันธุ์โดยการผสมตัวเอง จากพันธุ์ข้าวโพดหวานต่างประเทศ คือ Sure Gold และ NT 58 ได้สายพันธุ์ผสมตัวเองเบื้องต้น Sg S_2 จำนวน 13 ฝัก สายพันธุ์ผสมตัวเอง NT 58W (white) S_2 ที่ผสมตัวเองเป็นชั่วที่ 3 และผสมระหว่างสายพันธุ์พี่น้องจำนวน 30 และ 10 ฝัก กับสายพันธุ์ NT 58Y (yellow) S_2 จำนวน 3 และ 1 ฝัก จากการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ผสมตัวเอง สร้างเป็นข้าวโพดหวานลูกผสมเบื้องต้น ได้ (NT 58WS_2 x Inbred no. 40) จำนวน 4 คู่ กับ (SgS_1 x NT 58WS_2)F_1 และ (SgS_1 x NT 58YS_2)F_1 อีกอย่างละ 3 คู่ โดยอาศัยหลักการที่ว่าความดีเด่นของลูกผสมได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์ที่มีความแตกต่างหรือหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) จากทั้งในและต่างประเทศ (Moll *et al*., 1965)

ฤดูปลายฝนปี 2544 จากการเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยว ที่ได้จากการผสมข้ามสายพันธุ์ผสมตัวเอง 2 ชั่ว (S_2 x S_2) ดังผลการทดลองในตารางที่ 1 (Table 1) พบว่า พันธุ์ที่นำมาทดลองมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) ของค่าเฉลี่ยความสูงต้น ความสูงฝัก เปอร์เซ็นต์ฝักมาตรฐาน ตลอดจนผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือก จึงได้ทำการคัดเลือกพันธุ์ที่ดีไว้ 2 พันธุ์ ที่ให้ผลผลิตฝักสดสูง ได้แก่ พันธุ์ (No. 40 x NT 58WS_2)F_1 และพันธุ์ (SgS_1#1 x No. 40)F_1 ซึ่งให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ 3,302 และ 2,893 กก./ไร่ และให้ผลผลิตฝักสดปอกเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ 2,176 และ 2,095 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐาน (NT 58) ซึ่งให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือกเท่ากับ 2,692 และ 1,911 กก./ไร่ ถึง 13% และ 9% (ประวิตร และคณะ, 2549)

ฤดูฝนปี 2545 จากการเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสม (S_3 x S_3) ในระดับมาตรฐานในไร่เกษตรกร บ้านท่าเกวียน ต. หนองจ๊อม อ. สันทราย วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 10 พันธุ์ 2 ซ้ำ ใช้พันธุ์ NT 58 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐาน ให้ผลที่ยืนยันความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของพันธุ์ลูกผสมและสมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability; SCA) ของสายพันธุ์ (Sprague and Tatum, 1942) ที่ได้จากการผสมข้ามสายพันธุ์ตัวเองครั้งที่ 3 ที่ใช้เป็นพ่อจากพันธุ์ต่างประเทศกับสายพันธุ์แท้ (Inbred) ของไทย และพบว่า (Inbred no. 40-7#1 x NT 58WS_3#4-4)F_1 เป็นพันธุ์ข้าวโพดดีเด่นหลายประการ เช่น ฝักยาว 18.2 ซม. ฝักมีความกว้าง 4.6 ซม. คุณภาพความหวานของเมล็ดสดดีเช่นเดียวกับพันธุ์มาตรฐาน (NT 58) แต่ให้ผลผลิตสูงกว่าประมาณ 7% มีอายุถึงเก็บเกี่ยวฝักสดสั้น จึงพิจารณาคัดเลือกพันธุ์ (Inbred no. 40-7#1 x NT 58WS_3#4-4)F_1 เป็นพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมสองสีดีเด่น คือ ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือกแล้วเท่ากับ 3,328 และ 2,044 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐาน (NT 58) ซึ่งให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือกแล้วเท่ากับ 2,842 และ 1,899 กก./ไร่ และมีคุณภาพความหวานของเมล็ดสดดีดังข้อมูลในตาราง ที่ 2 (Table 2)

ฤดูแล้งปี 2546-2553 (ระยะเวลา 8 ปี) จากการเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมระดับมาตรฐาน ที่แปลงเกษตรกรบ้านท่าเกวียน พันธุ์ลูกผสมหมายเลข 4058 F_1 มีความยาวฝัก 19.5 ซม. ความกว้างฝัก 5.2 ซม. คุณภาพความหวานของเมล็ดสดดีเช่นเดียวกับพันธุ์มาตรฐาน (NT 58) ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือกแล้ว 3,303 และ 2,252 กก./ไร่ ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์มาตรฐาน (NT 58) ซึ่งให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือกแล้ว 3,217 และ 2,279 กก./ไร่ ที่แปลงเกษตรกรบ้านวังปล้อง พันธุ์ลูกผสมหมายเลข 4058 F_1 ให้ฝักยาว 17.9 ซม. กว้าง 5.0 ซม. คุณภาพความหวานของเมล็ดสดดีเช่นเดียวกับพันธุ์มาตรฐาน (NT 58) ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือกแล้ว 2,570 และ 1,673 กก./ไร่ ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์มาตรฐาน (NT 58) ที่ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือกแล้ว 2,526 และ 1,679 กก./ไร่ (ประวิตรและคณะ, 2551)

ได้คัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์พ่อแม่ที่ใช้สร้างลูกผสม 4058 อย่างต่อเนื่อง โดยปลูกในฤดูปลายฝนและฤดูแล้ง มีวิธีการผสมพันธุ์ภายในพี่น้อง (sibbing) และผสมตัวเอง (selfing) คัดเลือกลักษณะทางพืชไร่ที่ดี เช่น สายพันธุ์แม่ 40-7-1#1 คัดเลือกฝักให้มีทรงกระบอก มีเปลือกหุ้มฝักที่มิดชิด และมีเมล็ดเรียงแถวที่ดี ส่วนสายพันธุ์พ่อ NT 58WS_3#4 ผสมตัวเองจาก S_3 เป็น S_4 คัดเลือกสายพันธุ์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี คัดเลือกลักษณะที่ดี เช่น มีช่อดอกตัวผู้ขนาดใหญ่ มีละอองเกสรมาก ฝักมีใบที่ฝัก มีเปลือกหุ้มฝักที่มิดชิด เมล็ดเรียงแถวดี จนได้เป็นสายพันธุ์แม่ 40-7-1#1#B#B#2#B#1#1#1 และสายพันธุ์พ่อ NT 58WS_4#4-2#B#B#B-1**#**1 สำหรับใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานสองสี 4058 F_1 ใช้อัตราส่วนแถวตัวผู้ต่อแถวตัวเมีย 1:3 โดยปลูกแถวตัวเมียก่อน 5-7 วัน แล้วจึงปลูกแถวตัวผู้ตาม ฝักแห้งเพื่อเก็บเมล็ดพันธุ์จากแถวตัวเมียมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ 58% ได้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดพันธุ์แห้ง 91 กก./ไร่

สรุปผลการทดลอง

จากการดำเนินการสร้างพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมที่มีคุณภาพสูง ตั้งแต่ปี 2543 ถึง 2553 ได้สร้างพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมที่มีคุณภาพดี จากสายพันธุ์ข้าวโพดหวานของไทย ผสมข้ามกับสายพันธุ์ข้าวโพดหวานต่างประเทศ คือ (40-7-1#1#B#B#2#B#1#1#1 x NT 58WS_4#4-2#B#B#B-1**#**1)F_1 ซึ่งมีเมล็ดสีเหลืองสลับสีขาว เมล็ดสดอ่อนนุ่ม อายุเก็บเกี่ยวฝักสดสั้น ผลผลิตไม่ต่างจากพันธุ์มาตรฐาน (NT 58) ที่นิยมปลูกกัน และปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมของภาคเหนือตอนบน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงปลายฤดูฝน ฤดูแล้ง และฤดูฝน (ภราดร

และคณะ, 2550) มีศักยภาพในการผลิตเป็นข้าวโพดบริโภคฝักสดและโรงงานอุตสาหกรรมข้าวโพดแช่แข็ง ซึ่งจะเสนอขอขึ้นทะเบียนเป็นพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และตั้งชื่อว่า “หวานแม่โจ้ 84” ต่อไป ดังข้อมูลในตารางที่ 3 (Table 3)

เอกสารอ้างอิง

ประวิตร พุทธานนท์ ศิริชัย อุ่นศรีส่ง สุรินทร์ ดีสีปาน เศรษฐา ศิริพินทุ์ เสกสรร สงจันทึก และจินดา จันทร์อ่อน. 2549. ข้าวโพดหวานลูกผสมคุณภาพดี “หวานแม่โจ้ 72”. **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร.** 23(1): 14-23.

ประวิตร พุทธานนท์ ศิริชัย อุ่นศรีส่ง สุรินทร์ ดีสีปาน เศรษฐา ศิริพินทุ์ จินดา จันทร์อ่อน และเสกสรร สงจันทึก. 2551. **การสร้างพันธุ์ข้าวโพดหวานสองสีลูกผสมเพื่ออุตสาหกรรมการเกษตรแช่แข็งในเขตภาคเหนือของไทย ปี 2548 – 2550**. รายงานผลการวิจัย. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 156 น.

ภราดร เพตาเสน ประวิตร พุทธานนท์ เศรษฐา ศิริพินท์ ฉันทนา วิชรัตน์ และเสกสรร สงจันทึก. 2550. **อิทธิพลของฤดูปลูกที่มีผลต่อคุณภาพและผลผลิตของข้าวโพดหวานสองสีลูกผสมในพื้นที่อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่.** *ใน* การประชุมวิชาการครั้งที่ 7 29-30 พฤษภาคม. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. **สถิติการส่งออกผลิตภัณฑ์ข้าวโพด**. [ออนไลน์] จาก *http//:www.oae.go.th/ewtadrin/ent/oae_baer/ewt_news php?nid=407&fitename=indix/*

Allard, R.W. 1960. **Principle of plant breeding**. John Wiey & Sons: New York. 263 p.

Moll, R.H., J.H. Lonnqust, J.V. Fortuno and E.C. Johnson. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. **Genetics**. 52: 139-144.

Sprague, G.F. 1955. Corn breeding. I*n*: **Corn and corn improvement**. Academic Press: New York. p. 253.

Sprague, G.F. and L.A. Tatum. 1942. General vs. specific combining ability of single cross of corn. **Jour. Amer. Soc. Agron**. 34: 923-932.

Table 1 Agronomic traits of sweet corn single cross hybrids, from standard yield trial (SYT) at San Sai farmer fields Chiang Mai in the 2001 late rain season

Entry no.	Cultivar	Height (cm)		Ears	Yield (kg/rai)		% Rel. to check
		Plant	Ear	% Std.	Green	Yellow	(yellow yield)
18	(No. 40 x NT 58WS_2)F_1	169.4	85.8	90.0	3302	2176	113
19	(SgS_1 #1 x No. 40)F_1	186.9	83.8	80.0	2893	2095	109
17	NT 58 (check)	153.4	49.3	65.0	2692	1911	100
	Grand mean	150.3	53.6	52.0	2565	1633	
	F-test	*	*	*	*	*	
	C.V. (%)	6.1	7.4	34.2	6.0	9.0	
	LSD. (0.05)	90.0	8.3	3.7	318	303	

Notes: * = significant at 0.05 probability, Standard ear (std. ear) $\geq$ 16.5 x 4.5 cm

Table 2 Mean fresh ear yield and quality of sweet corn hybrids with *sh_2* gene, tested at San Sai farmer fields, Chiang Mai in the 2002 rainy season

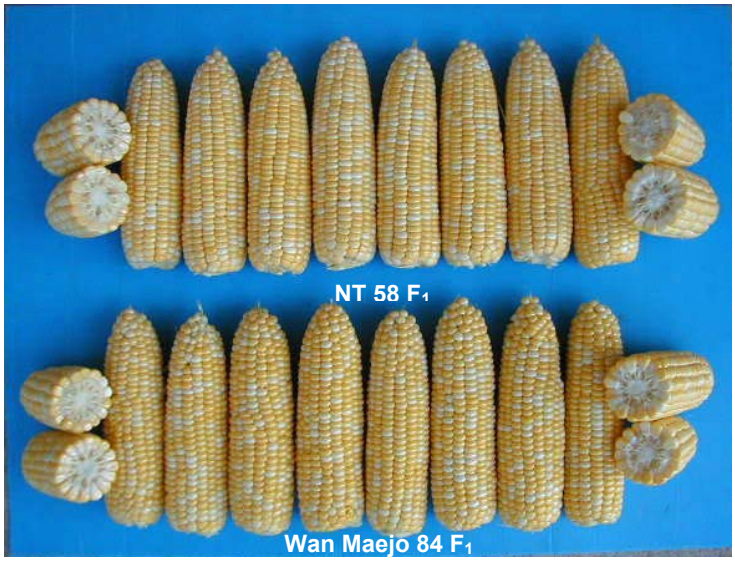
Entry no.	Cultivar	Ear (cm)		Ears % Std.	% brix	Yield (kg/rai)		% Rel. to check (yellow yield)
		Length	Dia.			green	yellow	
2	NT 58WS_3 #4-4 x inbred no. 40-7-1	17.9	4.7	8.0	11.8	3166	2078	109
3	NT 58WS_3 #6-4 x inbred no. 40-9-2	18.0	4.5	9.5	12.9	3102	1894	99
8	Inbred no. 40-7#1 x NT 58WS_3 #4-4	18.2	4.6	9.5	12.8	3328	2044	107
10	NT 58 (check)	17.2	4.5	7.5	11.7	2842	1899	100
	Grand mean	17.9	4.5	8.4	12.9	2973	1912	
	F - test	*	ns	ns	ns	*	ns	
	C.V. (%)	2.9	3.8	18.5	10.3	8.6	9.1	
	LSD. (0.05)	1.2	0.4	3.5	3.0	576	393	

Notes: * = significant at 0.05 probability, Standard ear (std. ear) $\geq$ 16.5 x 4.5 cm

Table 3 Summary of yield and quality characteristics of sweet corn hybrid 4058 and standard check hybrid (NT 58), from three farmer fields in the 2005 rainy season, 2006 dry season and 2007 dry season

Yield/quality characteristics	Cultivar	
	NT 58	Wan Maejo 84
1. 50% tasseling age (days) after germination	41	42
2. 50% silking age (days) after germination	42	43
3. Plant height (cm.)	149	177
4. Ear height (cm.)	43	81
5. Days to harvest (days after germination)	62	63
6. Open husk ears (%)	10	45
7. Ears with husk leaf (%)	100	31
8. Green ear weight (g)	374	384
9. Yellow ear weight (g)	240	247
10. Ear length (cm.)	17.3	18.7
11. Ear diameter (cm.)	4.9	5.0
12. Soluble solid percentage (% brix)	15.3	15.3
13. Sweetness and tenderness quality score (1-5)	5.0	4.5
14. Green ear yield (kg/rai)	2,951	3,051
15. Yellow ear yield (kg/rai)	1,951	1,964

Notes 1 = poor , 5 = good



Flowchart 1 Breeding Program for Development of Bicolor Sweet corn hybrid "Wan Maejo 84"

ระยะเวลา	กิจกรรม
ปี 2543 ฤดูแล้ง ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MJU 2000 D	Extraction of S_2-S_3 lines by selfed pollination การสกัดสายพันธุ์ผสมตัวเองโดยการถ่ายละอองภายในต้นเดียวกัน Preliminary crossing between quality sweet corn germplasm การผสมข้ามระหว่างข้าวโพดหวานพันธุ์ดี ได้สายพันธุ์ S_2, S_3 จำนวน 13 และ 33 สายพันธุ์ ได้พันธุ์ลูกผสม S_1 x S_2 จำนวน 36 พันธุ์
ปี 2543 ฤดูฝน MJU 2000 R	Preliminary trial of S_1 x S_2 hybrids: RCB 14 trs, 2 reps การเปรียบเทียบเบื้องต้น พบความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (Sg x NT 58W) F_1, (Sg x NT 58Y) F_1 ด้านความยาวฝัก และ Sure Gold เป็นแม่ที่ดี
ปี 2544 ฤดูแล้ง MJU 2001 D	Development of S_2 x S_2 hybrids by crossing พัฒนาหรือสร้างลูกผสม ได้พันธุ์ลูกผสม S_2 x S_2 จำนวน 17 พันธุ์
ปี 2544 ฤดูฝน MJU 2001 R	Preliminary trial no. 1: S_2 x S_2 hybrids for heterosis; RCB 22 trs, 2 reps การเปรียบเทียบพันธุ์เบื้องต้น พบความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (No. 40-7 x NT 58WS_2#6) F_1, (NT 58WS_2#9 x 40-9) F_1
ปี 2544 ฤดูปลายฝน MJU 2001 LR	Standard trial No.2: S_2 x S_2 hybrids; RCB 22 trs, 2 reps in farmer field การเปรียบเทียบมาตรฐาน เพื่อยืนยันความดีเด่นเหนือพ่อแม่ ครั้งที่ 2 ระหว่าง (No.40 x NT 58WS_2) F_1 (Table 1)
ปี 2545 ฤดูแล้ง MJU 2002 D	Selfed and sibbed pollination of the elite S_2 lines การถ่ายละอองผสมตัวเองหรือระหว่างต้นพี่น้อง ของสายพันธุ์ผสมตัวเอง 2 ชั่ว ที่ดี Development of S_3 x S_3 hybrids by crossing ได้สายพันธุ์ NT 58WS_3 จำนวน 82 สายพันธุ์ ได้พันธุ์ลูกผสม S_3 x S_3 จำนวน 58 พันธุ์
ปี 2545 ฤดูฝน MJU 2002 R	Standard trial No. 3: S_3 x S_3 hybrids; RCB 10 trs, 2 reps in farmer field การเปรียบเทียบมาตรฐาน คัดเลือกสายพันธุ์ (Inbred no. 40-7#1 x NT 58WS_3#4-4) F_1 ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือก 3,328 กับ 2,044 กก./ไร่ และมีคุณภาพความหวานและอ่อนนุ่มไม่แตกต่างจากพันธุ์สองสี NT 58 ได้พันธุ์ข้าวโพดหวานสองสี 4058 F_1 (Table 2)
ปี 2546-2553 ฤดูแล้ง MJU 2003-2010D	การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานสองสี 4058 F_1 เพื่อใช้ทดสอบในไร่เกษตรกรและจำหน่ายจ่ายแจก การคัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่จนเป็นสายพันธุ์แท้ที่มีความสม่ำเสมอ การทดสอบผลผลิตในไร่เกษตรกรในฤดูฝนและปลายฝน การทดสอบความนิยมของผู้บริโภคภายใน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในระยะเวลา 10 ปี ได้คัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์ ทดสอบพันธุ์ในไร่เกษตรกรอย่าง ต่อเนื่อง ตลอดจนผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อจำหน่าย และทดลองผลิตฝักสดเพื่อจำหน่ายภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จนทำให้มั่นใจว่า 4058 F_1 เป็นพันธุ์ดีเด่นและจะเสนอเป็นพันธุ์ในชื่อว่า “หวานแม่โจ้ 84”

การอาศัยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) เพื่อตรวจหาสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

The Investigation on the Flavor Compounds in Sweet Corn Cultivars by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS) Technique

นภดล หอมหวาน[1] เศรษฐา ศิริพินทุ์[1*] ประวิตร พุทธานนท์[1] และดนุวัต เพ็งอ้น[1]

Noppadoln Homwarn[1], Settha siripin[1*], Prawit Puddhanon[1] and Danuwat Peng-ont[1]

[1]ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Departments of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: settha@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์หาสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน 8 พันธุ์ ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) ผลการศึกษาพบสารความหอมในกลุ่ม alcohols, aldehyde, ester, ketone และ alkenes ได้แก่ phenylethyl alcohol, 1-hexanol, phenol, 1-propanol, 8-quinolinol, pentanal, 2-pentanone, 2-butanone, dibutyl phthalate, 1-propene, 1-hexene, 3-hexene, และ 1-pentene ตามลำดับในข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter พบสารความหอมมากที่สุดถึง 6 ชนิด คือ phenylethyl alcohol, 1-hexanol, 3-hexene, 1-propene, phenol และ 8-quinolinol ส่วนพันธุ์ 5840, 4058, ATS 8, Ex 30442689, WIN 999, Insee 2 และ Wan Maejo 72 พบสารความหอม 5, 5, 4, 3, 3, 2 และ 1 ชนิด ตามลำดับ ทำให้ทราบว่า ข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 มีสารความหอมสูงที่สุด 63.7% ของสารอินทรีย์ทั้งหมดที่สกัดได้ รองลงมาคือ พันธุ์ 4058, ATS 8, Golden Sweeter, 5840, Wan Maejo 72, Insee 2, และ WIN 999 ซึ่งพบปริมาณสารความหอมเท่ากับ 63.5, 55.7, 47.5, 32.4, 31.6, 28.9 และ 10.7% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวโพดหวาน ก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) สารความหอม

Abstract

The flavor compounds in 8 sweet corn cultivars were identified by using Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS) technique. The results were phenylethyl alcohol, 1-hexanol, phenol, 1-propanol, 8-quinolinol, pentanal, 2-pentanone, 2-butanone, dibutyl phthalate, 1-propene, 1-hexene, 3-hexene, and 1-pentene. Golden Sweeter cultivar had the highest number of flavor compounds which were 6 types: phenylethyl alcohol, 1-hexanol, 3-hexene, 1-propene, phenol and 8-quinolinol. The cultivars 5840, 4058, ATS 8, Ex 30442689, WIN 999, Insee 2 and Wan Maejo 72 produced 5, 5, 4, 3, 3, 2 and 1 flavor compounds types, respectively. However, Sweet Corn cultivars Ex 30442689 produced the strongest amount of flavor compound, 63.7% of total organic chemical compounds extraction, while 4058, ATS 8, Golden Sweeter, 5840, Wan Maejo 72, Insee 2, and WIN 999 had 63.5, 55.7, 47.5, 32.4, 31.6, 28.9 and 10.7%, respectively.

Keywords: sweet corn, gas chromatography/mass spectrometry (GC-MS), flavor compounds

บทนำ

ข้าวโพดหวานเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ทั้งในด้านการบริโภคภายในประเทศและอุตสาหกรรมการส่งออก จากสถิติการส่งออกที่ผ่านมาธุรกิจด้านข้าวโพดหวานมีการขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว การพัฒนาพันธุ์ให้มีผลผลิตและคุณภาพในการบริโภคตรงกับความต้องการของตลาด ให้มีความหอม ความหวาน และความนุ่ม เป็นสิ่งสำคัญ การวิเคราะห์หาปริมาณสารความหอม ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟ/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) รวมทั้งวิเคราะห์หากลุ่มของสารความหอม น่าจะเป็นวิธีการช่วยในการปรับปรุงและคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มีความหอมมาก เป็นที่ต้องการของตลาด และเป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค ดังนั้นในการวิจัยนี้ จึงได้ศึกษาเพื่อให้ทราบชนิดของสารความหอม โดยอาศัยเทคนิค GC-MS เพื่อประโยชน์ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มีความหอมมาก มาพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ให้มีคุณภาพในการบริโภค และผลผลิตที่สูงขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาชนิดสารความหอมด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทเมตรี (GC-MS) ในข้าวโพดหวาน 8 พันธุ์

วิธีการวิจัย

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1) ข้าวโพดหวานการค้า 8 พันธุ์ ได้แก่ ATS 8, 4058, 5840, Wan Maejo 72, Insee 2, Ex 30442689, Golden Sweeter, และ WIN 999

2) สารเคมีที่ใช้เพื่อตรวจวัดความหอม ได้แก่ กรด hydrochloric (เข้มข้น), sodium hydroxide, dichloromethane, sodium sulfate anhydrous, helium gas

3) อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการตรวจวัดสารความหอมได้แก่ เครื่องชั่ง, ขวดชมพู่ขนาด 250 มล., ลูกโป่งยาง, เครื่องกวนแม่เหล็ก, กระดาษกรอง, กระดาษกรอง 0.45 ไมครอน, บีกเกอร์ขนาด 250 และ 500 มล., ขวดแก้วขนาดเล็ก (vial), เครื่องกลั่นระบบสุญญากาศ (rotary vacuum Evaporator) เครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี (Gas Chromatography) รุ่น GC System 6890m เครื่องแมสสเปคโตรเมตรี (Mass Spectrometry) รุ่น MS 5973 ใช้คอลัมน์ (Column) HP-5 MS (30.0 m x 250 µm x i.d.,0.25 µm)

วิธีการ

1) ปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์การค้า จำนวน 8 พันธุ์

2) นำเมล็ดข้าวโพดหวานสดมาสกัดสารหอม โดยใช้วิธีการสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเพื่อตรวจสอบหาชนิดของสารความหอม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ นำเมล็ดข้าวโพดหวานบดละเอียดด้วยเครื่องบด แล้วนำตัวอย่างที่บดแล้วน้ำหนัก 100 กรัม ใส่ลงในขวดชมพู่ขนาด 250 มล. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ปริมาตร 200 มล. คนอย่างสม่ำเสมอด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก นาน 90 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดหวานตกตะกอนจนได้สารละลายใส แล้วนำสารละลายปริมาตร 50 มล.มาทำให้เป็นด่างด้วยสารละลาย sodium hydroxide เข้มข้น 5.0 โมลต่อลิตร แล้วสกัดต่อทันทีด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ dichloromethane ปริมาตร 150 มล. สองครั้ง แยกเก็บชั้นของตัวทำละลาย dichloromethane มารวมกัน แล้วจึงเติม sodium sulfate anhydrous เพื่อกำจัดน้ำและนำสารละลายมากรองผ่านกระดาษกรองเพื่อกรองเอา sodium sulfate anhydrous ออก ทำ 8 ซ้ำ แล้วจึงนำสารละลายมารวมกันและนำมาระเหยเอาตัวทำละลายออก โดยใช้เครื่องหมุนระเหยความดันต่ำที่อุณหภูมิ 45°ซ ความเร็ว 70 รอบต่อนาที จนเหลือปริมาตร 1.00 มล. แล้วจึงนำสารละลายมาบรรจุเก็บในขวดเก็บตัวอย่างโดยไม่ปิดฝา และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเหลือปริมาตร 0.25 มล. จึงนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบในสารสกัดด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี เครื่อง GC System 6890m / แมสสเปคโทรเมตรี MS 5973 ใช้คอลัมน์ HP-5 MS (30.0 m. x 250 µm. x i.d.,0.25 µm.) และเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของสารมาตรฐานที่เก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้ Public library; National Institute of Standards and Technology, NIST และ Public library; G1035A Wiley Library (Wiley7)

มีสภาวะที่ใช้ในการทดลองเป็นดังนี้: เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี อุณหภูมินำเข้า 250°ซ โปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ อุณหภูมิเริ่มต้น 45°ซ, อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5°ซ/นาที, อัตราอุณหภูมิคงที่ 1 เวลา 3 นาที อุณหภูมิที่ 2 60°ซ, อัตราอุณหภูมิคงที่ 2 เวลา 3 นาที อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10°ซ/นาที, อุณหภูมิสุดท้าย 250°ซ, คงที่ที่อุณหภูมิสุดท้าย 10 นาที, อัตราการไหลของก๊าซฮีเลี่ยม 1 มล./นาที,

ปริมาณสารที่ฉีด 1 ไมโครลิตร เครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์ อุณหภูมิของส่วนเชื่อมต่อ 250 °ซ ในวิธีการผลิตไอออน electron impact ionization (EI) พลังงานเฉลี่ยของอิเล็กตรอน 70 อิเล็กตรอนโวลต์, อุณหภูมิของตัวผลิตไอออน 250°ซ

ผลการวิจัย

ในการศึกษาวิเคราะห์หาสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์การค้า 8 พันธุ์ ได้พัฒนาวิธีการตรวจวัดสารความหอมด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) พบว่า ข้าวโพดหวาน 8 พันธุ์ มีสารความหอมต่างกัน ทั้งปริมาณและองค์ประกอบทางเคมี พบสารความหอมอยู่ในกลุ่มของ alcohols, aldehyde, ketone, acid & ester และ alkenes ซึ่งได้แก่ phenylethyl alcohol, 1-hexanol, phenol, 1-propanol, 8-quinolinol, pentanal, 2-pentanone, 2-butanone, dibutyl phthalate, 1-propene, 1-hexene, 3-hexene, และ 1-pentene ชนิดและปริมาณสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ได้แสดงในภาพที่ 1 พบสารหอม 6 ชนิด ส่วนการพิสูจน์ยืนยันว่าสารหอมเป็นชนิดใดนั้น ได้อาศัยผลของค่าแมสสเปคตรัมโดยใช้เครื่อง mass spectrometer เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลมาตรฐานของ Wiley 7 ดังภาพที่ 2 แสดงแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol และภาพที่ 3 แสดงแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลมาตรฐาน Wiley 7 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมส-สเปคตรัมของสารตัวอย่างกับฐานข้อมูล (Quality) ถึง 95% (ตารางที่ 1) ชนิดของสารความหอมที่ตรวจพบในข้าวโพดหวาน 8 พันธุ์ มีความแตกต่างกันในตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณของสารความหอมที่พบในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์การค้าแต่ละพันธุ์ มีดังนี้ 1) ข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter มีชนิดของสารความหอมมากที่สุด จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ phenylethyl alcohol 18.9%, 1-hexanol 4.6%, phenol 2.1%, 8-quinolinol 19.7%, 1-propene 3.5% และ 3-hexene 0.7% พื้นที่ใต้พีคหรือสารอินทรีย์ทั้งหมดที่สกัดได้ในข้าวโพดหวาน 2) ในพันธุ์ 5840 พบสารความหอมจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ phenylethyl alcohol 1.7%, 1-hexanol 4.7%, phenol 1.2%, 1-propanol 1.8% และ dibutyl phthalate 23.0% พื้นที่ใต้พีค 3) ในพันธุ์ 4058 พบสารความหอมจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ phenylethyl alcohol 35.7%, 1-hexanol 6.7%, 1-propanol 2.5%, 2-butanone 1.4% และ dibutyl phthalate 2.84% พื้นที่ใต้พีค 4) ในพันธุ์ ATS 8 พบสารความหอมจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ phenylethyl alcohol 44.7%, 1-propanol 6.8%, 2-butanone 1.4% และ dibutyl phthalate 3.8% พื้นที่ใต้พีค 5) ในพันธุ์ Ex 30442689 พบสารความหอมจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ phenylethyl alcohol 7.3%, phenol 31.7% และ dibutyl phthalate 24.7% พื้นที่ใต้พีค 6) ในพันธุ์ WIN 999 พบสารความหอมจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ 2-pentanone 2.0%, dibutyl phthalate 7.7% และ 1-hexene 1.0% พื้นที่ใต้พีค 7) ในพันธุ์ Insee 2 พบสารความหอมจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ 2-pentanone 25.2% และ 1-pentene 3.7% พื้นที่ใต้พีค และ 8) ในพันธุ์ Wan Maejo 72 พบสารความหอมเพียงชนิดเดียวคือ dibutyl phthalate 31.6% พื้นที่ใต้พีค ดังใน Table 1

ปริมาณสารความหอมที่พบในข้าวโพดหวาน 8 พันธุ์แตกต่างกัน ซึ่งในพันธุ์ Ex 30442689 มีปริมาณสารความหอมมากที่สุด รวมกันเท่ากับ 63.7% พื้นที่ใต้พีคหรือสารอินทรีย์ทั้งหมดที่สกัดได้ในข้าวโพดหวาน รองลงมาคือ ข้าวโพดหวานพันธุ์ 4058, ATS 8, Golden Sweeter, 5840, Wan Maejo 72,

Insee 2, และ WIN 999 ซึ่งพบปริมาณสารความหอมรวมกันเท่ากับ 63.5, 55.7, 47.5, 32.4, 31.6, 28.9 และ 10.7% พื้นที่ใต้พีค ตามลำดับ

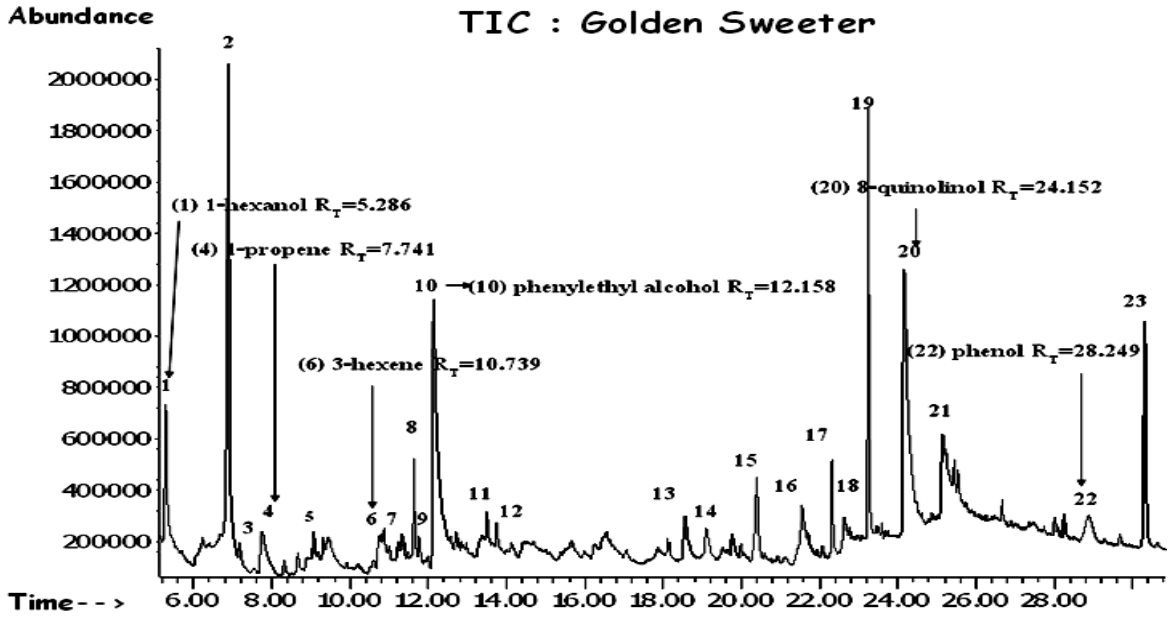


Figure 1 Chromatogram of flavor compounds from Seed Sweet Corn: Golden Sweeter cultivar

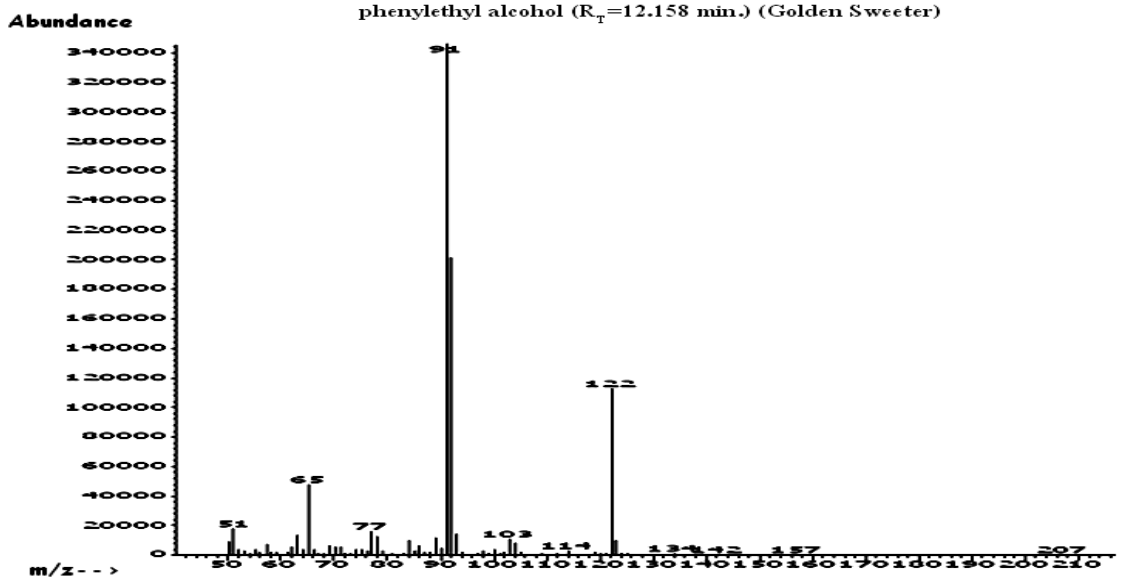


Figure 2 Mass spectrum of Phenylethyl Alcohol in Sweet Corn: Golden Sweeter cultivar Retention Time (R_T) 12.158 min.

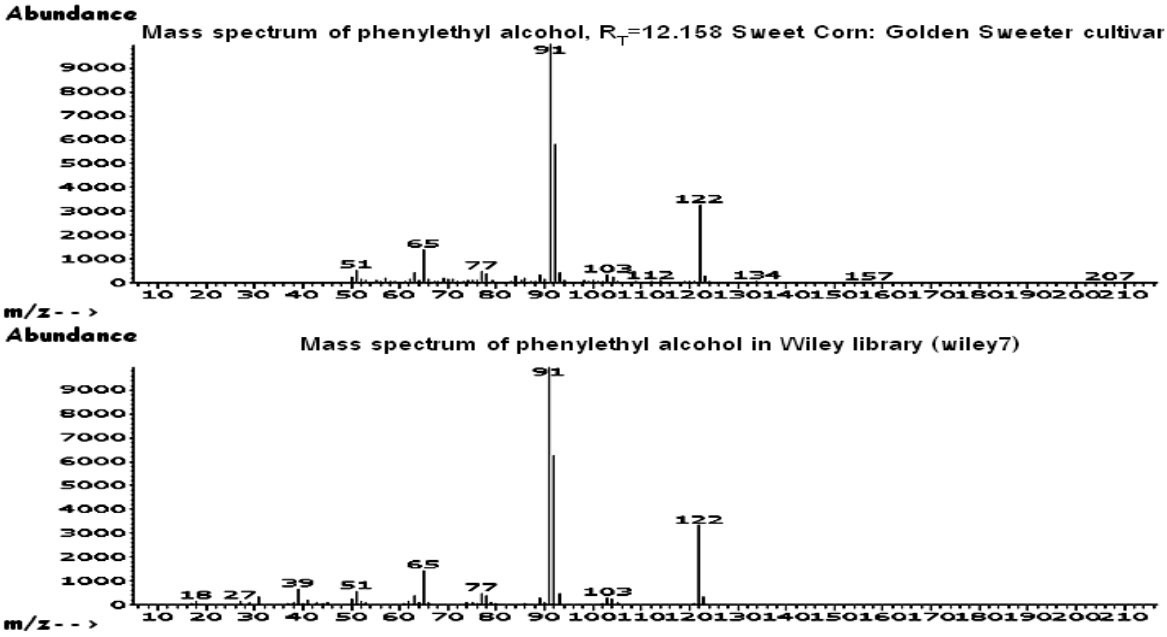


Figure 3 Mass spectrum of phenylethyl alcohol R_T= 12.158 min. of Sweet Corn: Golden Sweeter cultivar Compared mass spectrum of Public library: G1035A Wiley Library (Wiley7)

Table 1 Show quantity and quality flavor compounds in Sweet Corn 8 cultivars

Flavor compounds	% Total flavor compound	**Sweet Corn cultivars**							
		Golden Sweeter	5840	4058	ATS 8	Ex 3044 2689	WIN 999	Insee 2	Wan Maejo 72
Phenylethyl alcohol	% of total	18.9	1.7	35.7	44.7	7.3	-	-	-
	Quality (%)	95	86	95	95	95	-	-	-
1-Hexanol	% of total	4.6	4.7	6.7	-	-	-	-	-
	Quality (%)	72	43	37	-	-	-	-	-
Phenol	% of total	0.6	1.2	-	-	31.7	-	-	-
	Quality (%)	35	93	-	-	99	-	-	-
1-Propanol	% of total	-	1.8	2.5	6.8	-	-	-	-
	Quality (%)	-	58	64	90	-	-	-	-
8-Quinolinol	% of total	19.2	-	-	-	-	-	-	-
	Quality (%)	70	-	-	-	-	-	-	-
Pentanal	% of total	-	-	14.8	-	-	-	-	-
	Quality (%)	-	-	9	-	-	-	-	-

Table 1 (Continued)

Flavor compounds	% Total flavor compound	Sweet Corn cultivars							
		Golden Sweeter	5840	4058	ATS 8	Ex 3044 2689	WIN 999	Insee 2	Wan Maejo 72
2-Pentanone	% of total	-	-	-	-	-	2.0	25.2	-
	Quality (%)	-	-	-	-	-	47	56	-
2-Butanone	% of total	-	-	-	1.4	-	-	-	-
	Quality (%)	-	-	-	50	-	-	-	-
Dibutyl phthalate	% of total	-	23	3.8	2.8	24.7	7.7	-	31.6
	Quality (%)	-	95	93	94	95	92	-	95
1-Propene	% of total	3.5	-	-	-	-	-	-	-
	Quality (%)	33	-	-	-	-	-	-	-
1-Hexene	% of total	-	-	-	-	-	1.0	-	-
	Quality (%)	-	-	-	-	-	40	-	-
3-Hexene	% of total	0.7	-	-	-	-	-	-	-
	Quality (%)	58	-	-	-	-	-	-	-
1-Pentene	% of total	-	-	-	-	-	-	3.7	-
	Quality (%)	-	-	-	-	-	-	58	-
% Total Flavor Compounds		47.5	32.4	63.5	55.7	63.7	10.7	28.9	31.6

Note: **-** Not found Flavor Compounds

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์หาสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน 8 พันธุ์ โดยอาศัยเทคนิค GC-MS ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์หลายประเภท เป็นที่นิยมใช้กันมากในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ (สุณี, 2537) ผลการทดลองหาปริมาณสารหอมในผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานโดย Buttery *et al.*(1994) พบว่า มี 2-acetyl-1-pyrroline และ 2-acetyl-2-thiazoline เป็นสารหอมหลักที่พบ นอกจากนี้ ได้แก่ dimethyl sulfide, 1-hydroxy-2-propanone, 2-hydroxy-3-butanone, 2,3-butanediol, pyridine, pyrazine, alkylpyrazines, และ 2-acetylthiazole คล้ายกับผลการทดลองของ Flora and Wiley (1974) ได้รายงานสารหอมในข้าวโพดหวานที่ต้มสุกแล้ว พบว่ามี Dimethyl sulfide (DMS) เป็นสารหอมหลัก นอกจากนี้ยังพบ ethanol, acetaldehyde, hydrogen sulfide (H_2S), ethanethiol, methanethiol และสารประกอบอื่นๆ ในกลุ่มเดียวกัน เช่นเดียวกับการทดลองในพืชอื่นๆ ของ Buttery *et al*. (1988) ได้รายงานว่า สารที่ให้กลิ่นหอมในข้าวนั้นประกอบด้วยสาร 17 ชนิด โดยมีสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline เป็นสารสำคัญ ผลการศึกษาสารหอมในข้าวโพดหวานครั้งนี้ให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของสุทธิรักษ์ (2549) ที่ได้รายงานว่า สารหอมที่พบในเมล็ดของถั่วเหลืองฝักสด ได้แก่ 1-hexanal, 2-hexanal, 3-hexanal,

1-octen-3-ol, 2-hexen-1-ol, 3-hexen-1-ol และ n-patanal ส่วน Masuda (1988) ได้รายงานว่า สารหอมหลักที่พบในถั่วเหลืองฝักสดบางพันธุ์ประกอบด้วย 1-octen-3-ol, 1-hexanal, hexanal, 1-pentanol, (E)-3-hexen-1-ol, 2-hepta-none และ 2-pentylfuran ขณะที่ Tsou and Hong (1988) รายงานว่าในถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ Kaohsiung no.1, Tzurunoko, Ryokkoh พบสารหอม 1-hexanal, 2-hexanal, 1-octen-3-ol และ 2-pentylfuran ผลการศึกษาสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน 8 พันธุ์ มีชนิดของสารความหอมอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับผลงานวิจัยอื่นๆ ที่พบในข้าว, ข้าวโพดหวาน และถั่วเหลืองฝักสด แต่จากการศึกษาในครั้งนี้ไม่พบสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline และ Dimethyl sulfide เลย

การอาศัยข้อมูลจากเทคนิคโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) โดยการเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของฐานข้อมูลมาตรฐาน Wiley7 จึงเป็นเทคนิคที่มีความเที่ยงตรงแม่นยำอย่างยิ่ง ข้าวโพดหวานต่างพันธุ์กันมีชนิดและปริมาณสารหอมที่แตกต่างกัน ซึ่งลักษณะที่แสดงออกนั้น เป็นผลอันเกิดมาจากอิทธิพลและความหลากหลายทางพันธุกรรม เช่น พันธุ์ Ex 30442689 มีปริมาณสารหอม phenol และ dibutyl phthalate มากถึง 31.7% และ 24.7% ของสารอินทรีย์ทั้งหมดที่สกัดได้ ต่างจากพันธุ์ Golden Sweeter ซึ่งมี 8-quinolinol 19.2% ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้น ในการคัดเลือกและพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานให้มีกลิ่นหอมมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ตรงต่อความต้องการของตลาดและผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม อิทธิพลของสภาพแวดล้อมก็มีผลต่อชนิดและปริมาณสารหอมของข้าวโพดหวาน

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์การค้าทั้งหมด 8 พันธุ์ ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) พบสารความหอมในกลุ่มของ alcohols, aldehyde, ketone, acid & ester และ alkenes ข้าวโพดหวานที่พบชนิดสารความหอมมากที่สุด 6 ชนิดคือ พันธุ์ Golden Sweeter รองลงมาพันธุ์ 5840, 4058, ATS8, Ex30442689, WIN 999, Insee 2 และ Wan Maejo 72 พบชนิดของสารความหอม 5, 5, 4, 3, 3, 2 และ 1 ชนิด ตามลำดับ ผลการศึกษายังแสดงให้ทราบว่า ข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 มีปริมาณสารความหอมสูงสุดเท่ากับ 63.7% พื้นที่ใต้พีครองลงมาคือ พันธุ์ 4058, ATS 8, Golden Sweeter, 5840, Wan Maejo 72, Insee 2, และ WIN 999 พบปริมาณสารความหอมเท่ากับ 63.5%, 55.7%, 47.5%, 32.4%, 31.6%, 28.9% และ 10.7% พื้นที่ใต้พีคตามลำดับ สารความหอมในข้าวโพดหวาน 8 พันธุ์ ที่พบส่วนใหญ่ dibutyl phthalate และ phenylethyl alcohol ในเวลารีเทนชั่น (R_T) ใกล้เคียงกันแต่มีปริมาณที่ต่างกันออกไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในโครงการวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านห้องปฏิบัติการ และคุณสุทธิรักษ์ ผลเจริญ ที่ได้ให้คำปรึกษาเทคนิควิธีในการใช้เครื่อง GC-MS

เอกสารอ้างอิง

สุณี พณิชธารสิทธิ์. 2537. แก๊สโครมาโทกราฟ (GC). **วารสารศูนย์เครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 4(2): 73-74**.**

สุทธิรักษ์ ผลเจริญ. 2549. **การคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดเพื่อคุณภาพผลผลิตและความหอม.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. 162 น.

Buttery, R.G., J.G. Turnbaugh and L.C. Ling. 1988. Contribution of volatiles to Rice Aroma. Agric. **Food Chem.** 43(1): 1006-1009.

Buttery R. G., D.J. Stern and L.C. Ling 1994. Studies on flavor volatiles of some sweet corn products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 42(3): 791-795.

Flora L. F. and R.C. Wiley. 1974. **Sweet corn aroma, chemical components and relative importance in the overall flavor response**. Available from :*http://www3.interscience.wiley.com/journal/119663075/abstract?...* (20 December 2009)

Masuda, R. 1988. Quality requirement and improvement of vegetable soybean. *In* **Vegetable soybean research needs for production and quality improvement.** AVRDC. pp. 92-102.

Tsou, S.C.S. and T.L. Hong. 1988. Research on Vegetable soybean quality in Taiwan. *In* **Vegetable soybean research needs for production and quality improvement.** AVRDC. pp. 103-107.

Identification of Myanmar Landraces Soybean by SSR Marker

Nang Hmwe Hmwe[1*] and Pornpan Pooprompan[1]

[1]Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: aerohmwe@gmail.com

Abstract

Myanmar landrace soybean has been established as a result of adaptation to different environments and in order to identify the genetic structure of population. We analyzed allelic profiles of simple-sequence repeat (SSR) loci of 14 accessions from different geographic area of Myanmar and three vegetable soybean cultivars. The objective was to compare genetic variation of Myanmar landraces with introduced vegetable soybean cultivars. The SSR markers could detect 174 alleles with 53 primers of 20 molecular linkage groups (MLGs). Genetic similarity was calculated by Dice's coefficient which could separate soybean cultivars into three distinct groups with genetic similarity range at 0.27. A dendrogram generated from the SHAN clustering using the unweighted pair group method of arithemetic average (UPGMA) by NTSYSpc (version 2) clearly separated the 'Southern Shan' cultivar from the 'Northern Shan', and that of 'Morbi' was in vegetable soybean group. One of the vegetable soybean varieties 'Chamamae' was fell into Northern Shan group, while two cultivars of Northern Shan, 'Hto Kai Lyan' and 'Hto Phoshe' were clustered in vegetable soybean group. The tree plot suggested that all the populations formed were from different germplasm pools. The result observed can be served as basic information for vegetable soybean breeding program in Myanmar.

Keywords: Landraces soybean, SSR marker

Introduction

The national area production and productivity of soybean in Myanmar are reported to be over 0.116 million hectares. The potential to increase national production of soybeans, both horizontally as well as vertically can be harness through systemic research and development to identify appropriate varieties and production technology for different eco regions of the country. Most of the area is under local varieties. In the absence of data of the varietals performance in different regions and for the minimum number of three crop seasons, identification of varieties for stable superior performance over the local cultivars would not be reliable at this stage.

However, on the basis of the available information and the latitude of the three eco-regions, some varieties are likely to have promised in the respective regions in Hilly, Central and lower part of Myanmar.

Nowadays, vegetable soybean has been introduced to Myanmar and researches have been done for varietals improvement. The strategy for making available promising soybean varieties for cultivation could be short term and long term. In long term strategy domestic breeding program of soybean varieties should be initiated with collection of germplasm, identifying breeding objectives using existing and induced heritable varieties for selection by different breeding procedures. Success in plant breeding depends on the selection of parents which are highly diverse for the genes controlling productivity, but which can provide a reasonable high proportion of descendants with adequate product quality.

Developing a better understanding of the diversity of these important genetic resources is critical for effective management and utilization of soybean germplasm. Knowing the range and distribution of the genetic diversity of a specific variety can affect acquisition priorities for a germplasm collection and sampling strategies for germplasm screening research or for establishing a core collection. It is also allows breeders to better understand the evolutionary relationships among accessions and to develop strategies to integrate useful diversity into their breeding programs. Morphological differences usually are determined by a small number of genes and may not be representative of genetic divergence in the entire genome. Geographic origin also may not be an adequate indicator of genetic diversity. An understanding of the relationship of soybean introductions with ancestors cultivars based on selectively neutral DNA markers could be useful to breeding programs for selection of diverse parents.

Simple sequence repeats (SSRs) are useful molecular markers in various fields of soybean genetic and breeding research. SSR markers were employed as the primary approach to detect genetic diversity and or important agronomic traits in soybean (Akkaya *et al*., 1992; Cregan *et al*., 1999; Brown Guedira *et al*., 2000) because of their polymorphic rate and multiple alleles and codominance. It can be easily detected with PCR and have known positions in the genome. In soybeans SSRs detected the higher expected heterozygosity compare to other genetic markers such as RFLP, AFLP, and SSR generated high variable polymorphisms (Rongwen *et al*., 1995). More than 600 SSRs have been developed and mapped in 20 molecular linkage groups in soybean to-date (Cregan *et al*., 1999). These SSRs mostly represent polymorphism at single locus and there is no ambiguity in scoring genotypes, in contrast with analyses with RFLP probes that often hybridize to two or more positions in the soybean genome. High levels of polymorphism at SSRs have been reported for both the numbers of alleles per locus and the gene diversity (Maughan *et al*., 1995; Powell *et al*., 1996; Diwan and Cregan, 1997; Song *et al*., 1999; Narvel *et al*., 2000).

The purpose of this study is to obtain a better understanding of the genetic relationships among populations of different geographical regions in Myanmar and introduced vegetable soybean varieties. The genetic diversity and pattern of genetic variation in Myanmar cultivated soybeans are evaluated by examining the length polymorphism of alleles found in 53 SSR loci from different linkage groups.

Materials and Methods

Plant materials

Fourteen landrace soybean accessions which are commercially produced for local market consumption from different places of Myanmar especially from traditionally soybean growing area of Southern Shan State, Northern Shan State and from the lower Myanmar 'Morbi' (Table 1) and introduced cultivars 'AGS292', 'Chamamae', and 'No.75' were sown in field of the Orchid Center, Maejo University, Chiang Mai, Thailand to examine the morphological characters. These are mostly landraces or pure-line selections. Compared varieties are 'AGS292', 'Chamamae' and 'No.75' of vegetable soybean. Cultivars identity and purity confirmation were done by using the testa color, hilum color, and seed size (Chowdhury *et al.,* 2000). Concerning agricultural characters were collected and analyzed with SAS program.

Laboratory detection

DNA extraction

Genomic DNA was extracted from the first trifoliate fresh leaves according to the rapid isolation protocol of Doyle and Doyle (1987), a modified CTAB (hexadecyltrimetyl ammonium bromide) method. The extracted DNA were air dried and dissolved in Tris- EDTA buffer. The final concentration of DNA sample was adjusted to 10 ng/µl for SSR detection. DNA amplifications were carried out with 130 random SSR primers of 20 molecular linkage groups. The PCR amplification reactions contained 2 µl of 10 x PCR buffer, 0.6 µl 50 mM $MgCl_2$, 4 µl of 1mM each dNTPs, 0.4 µM forward and reverse primers, 30 ng of template DNA, and 0.08 µl of 1.25 units/µl *taq* DNA polymerase in 20 µl. The PCR amplification reaction cycling were run with 1 minute denaturation at 94°C, 1 minute annealing at 48°C and 2 minute extension at 68°C for 32 cycles. The amplification products were seperated on 3% agarose gel electrophoresis at the electric potential of 100 volts for one hour and visualized by ethidium bromide staining under UV light and the images were took photographs.

Diversity Analysis

Polymorphic DNA fragments amplified with microsatellite primer pairs were assigned a letter and each band were scored as present (1) or absent (0). All bands were visually counted twice and genetic similarity was calculated by Dice coefficient of similarity 'S = 2p / (2p + q + d)' where p is the band present in both compared genotypes, q is the total number of polymorphic bands and d is the band absent in both compared genotypes. A dendrogram was generated from the SHAN clustering method using the unweighted pair group method of arithemetic average (UPGMA) by NTSYSpc (version 2) for regional group of cultivars based on average genetic distances between accessions of different regions.

Results and Discussion

Out of the 130 random primers, 53 SSR primers from 20 MLG groups could detect total of 174 polymorphic alleles (Table 2). The average similarity of estimation was 0.23-0.89 within all cultivars with three distinct groups. Genetic similarity ranged 0.27 between landraces and vegetable soybean and. 0.31 to 0.89 among landraces. Two cultivars, NS9 and NS10 were the most similar at the coefficient of 0.89 based on the SSRs.

The dendrogram produced by SHAN clustering is shown in figure (1). The analyzed result with the UPGMA also clearly separated into three groups. All southern cultivars 'SS1', 'SS2', 'SS3', 'SS4' and 'SS5' were fell into the same cluster. The Northern Shan cultivars were scattered in two clusters of Northern Shan and in vegetable soybean group. One vegetable soybean 'Chamamae' was grouped with the Northern Shan while landraces 'Hto Kyai Lyan' and 'Hto Phoshe' and 'Morbi' were clustered into vegetable soybean group. The accession separated from the hilum colors was closely similar at coefficient of 0.84 and 0.87. Among the eleven Nothern Shan accessions, two of 'NS9 and NS10' were mostly similar. 'SS 1' stood far among cultivars. The relationship of the three regional populations is reflected in a UPGMA dendrogram based on the coefficient of similarity between accessions of the different populations. A similar result reported by (Abe *et al*., 2003) of soybean germplasm pool in Asia revealed by nuclear SSRs, this result indicated that, the vegetable soybean 'AGS292' and 'No.75' represent for Japanese population while Myanmar landraces soybean cultivars derived from Chinese populations.

The present analysis detected a high level of length polymorphism at 53 SSR loci in the Myanmar landrace soybean accessions tested. The analyses of the 53 SSR loci clearly allocated the observed diversity into three major groups The observed diversity among the accessions is thus sufficient to evaluate their genetic relatedness, although the variation among individuals within accessions was not evaluated in this study.

Table 1 The collection site of Myanmar landrace soybean cultivar

Entry	Part of Myanmar	Original District	Latitude	Altitude (meter)	Temperature Max/Min	Rainfall 10 years average (inches/days)
Southern Shan1 Southern Shan 2 Southern Shan 3 Southern Shan 4 Southern Shan 5	Southern Shan	Taunggyi	20° 39′ 0″ N, 96° 56′ 0″ E	1300	31°C/15ºC	26.31
Northern Shan 1 Northern Shan 2 Northern Shan 3 Northern Shan 4 Northern Shan 5 Hto Nauk Alan Hto Kai Lyan Hto Pho She	Northern Shan	Kyaukme	22° 56′ 0″ N, 97° 45′ 0″ E	836	37°C/10°C	45.44/91
Morbi	Lower Region	Morbi	16° 48′ 0″ N, 96° 9′ 0″ E	100	36°C/21°C	40

Relatively high genetic distance from Southern Shan with that of vegetable soybean suggest that soybean in these areas could be introduced as genetic resources to enlarge the genetic bases.

Table 2 SSR primers and number of alleles at 20 MLGS

Locus	Linkage group	No. of alleles	Locus	Linkage group	No. of alleles
Satt545	A1	6	Satt569	F	2
Satt211	A1	2	Sat-262	F	4
Satt480	A2	2	Satt663	F	4
Sat-232	A2	2	Satt313	F	3
Satt332	B1	2	Satt656	F	2
Sct-064	B2	2	Satt199	G	5
Satt399	C1	2	Sat-210	G	4
Satt682	C1	2	Sat-038	G	6
Satt460	C2	2	Sat-185	G	3
Satt681	C2	3	Sat-541	G	3
Satt357	C2	3	Satt700	I	4
Sat346	D1a+Q	2	Satt562	I	2
Sat-160	D1a+Q	4	Satt529	J	3
Satt701	D1b+W	2	Sat-396	J	6
Satt604	D1b+W	2	Satt555	K	2
Satt372	D2	2	Satt326	K	7
Satt514	D2	5	Satt499	K	3
Satt082	D2	3	Sat-293	K	3
Satt268	E	3	Sat-408	K	4
Satt720	E	3	Satt652	K	3
Satt403	E	3	Sat-286	L	5
Satt117	E	2	Sat-244	M	9
Sat-381	E	4	Satt323	M	4
Satt425	F	5	Sat-422	M	2
Satt039	F	2	Satt255	N	5
Satt595	F	2	Sat038	0	2
Sat-120	F	2			
			Total		174
			Average		3.28

0.27 (coefficient of similarity)

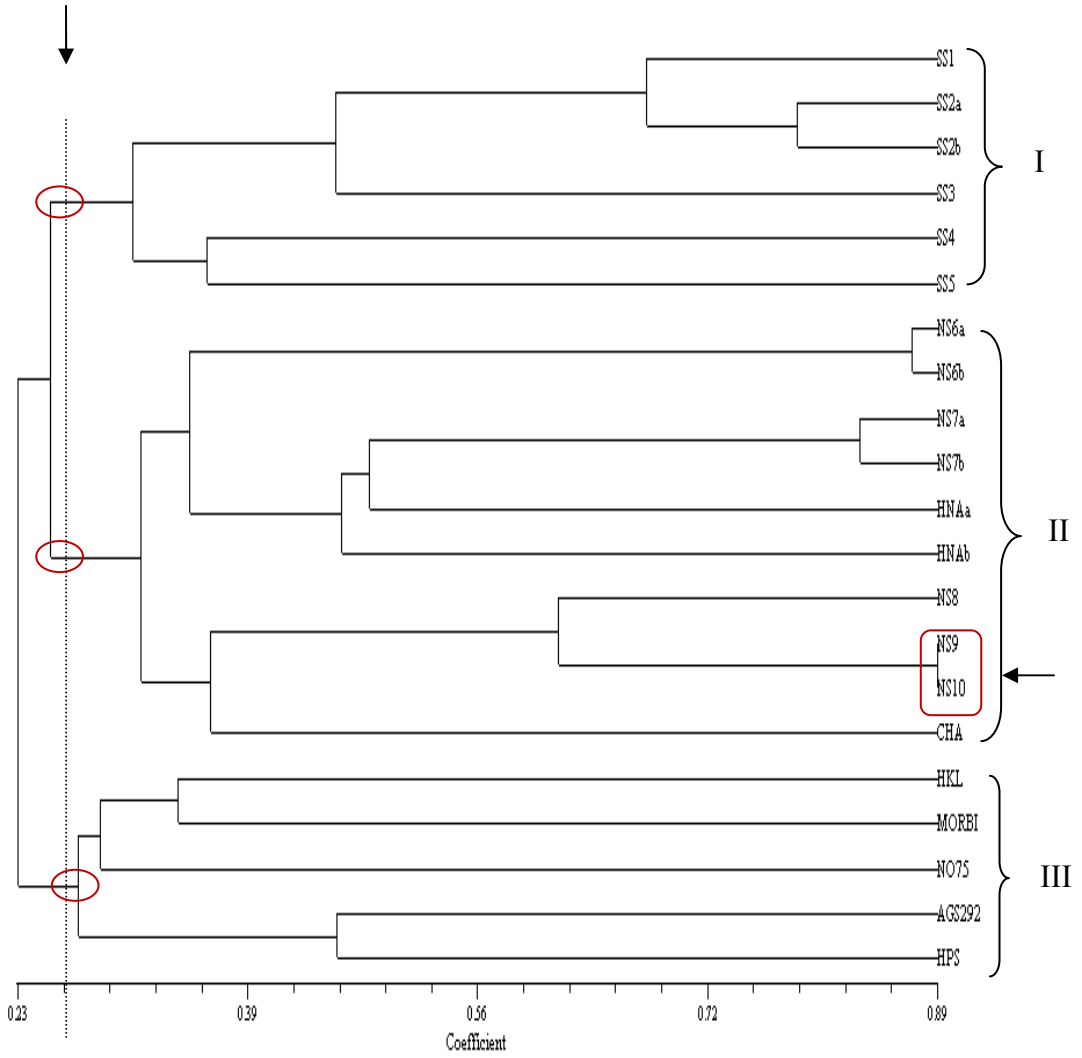


Figure 1 A UPGMA dendrogram representing relationships among three regional populations in Myanmar landraces and three vegetable soybeans. The dendrogram was constructed based on the Dice's similarity coefficient between accessions of different populations by NTSYSpc (version 2)

Acknowledgements

This research was supported by the Thailand International Cooperation Agency (TICA). I would like to express our sincere thanks to Mr.Anek Chotiyarnwon and Mrs. Pingpon Chotiyarnwong for providing Myanmar landrace soybean accessions. We also very grateful to Dr. Varaporn Sangtong (Associate Professor, Faculty of Science) and Dr. Settha Siripin (Faculty of Agricultural production) for their valuable suggestions.

References

Abe, J., D.H. Xu, Y. Suzuki, A. Kanazawa and Y.Shimamoto. 2002. Soybean germplasm pool in Asia revealed by nuclear SSR markers. **Theor. Appl. Genet.** 106: 445-453.

Akkaya, M.S., A.A. Bhagwat and P.B. Cregan. 1992. Length polymorphism of simple sequences repeats DNA in soybean. **Genetics.** 132: 1131–1139.

Brown-Guedira, G.L., J.A. Thompson, R.L. Nelson and M.L. Warburton. 2000. Evaluation of genetic diversity of soybean introductions and North American ancestors using RAPD and SSR makers. **Crop Sci.** 40: 815–823.

Chowdhury, A.K., P. Srinives, P. Tongpamnak and P. Saksoong. 2000. Identification of cultivars of vegetable soybeans [*Glycine max* (L.) Merr.] by RAPD markers. **SABRAO J. Breed. Genet**. 32(2): 63-72.

Cregan, P.B., T. Jarvik, A.L. Bush, R.C. Shoemaker, K.G. Lark, A.L. Kahler, N. Kaya, T.T. VanToai, D.G. Lohnes, J. Chung and J.E. Specht. 1999. An integrated genetic linkage map of the soybean genome. **Crop Sci**. 39: 1464-1490.

Diwan, N. and P.B. Cregan. 1997. Automated sizing of fluorescent-labeled simple sequence repeat markers to assay genetic variation in soybean. **Theor. Appl. Genet**. 95: 723-731.

Doyle, J.J. and J.L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. **Focus.** 19: 11-15.

Maughan, P.J., M.A. Saghai Maroof and G.R. Buss.1995. Microsatellite and amplified sequence length polymorphisms in cultivated and wild soybean. **Genome**. 38: 715-723.

Narvel, J. M., W.R. fehr, W.C. Chu, D. Grant and R.C Shoemaker. 2000. Simple sequence repeat diversity among soybean plant introductions and elite genotypes. **Crop Sci.**, 40: 1452-1458.

Powell, W., M. Morgante, J.J. Doyle, J.W. McNicol, S.V. Tingey and A.J. Rafalski. 1996. Gene pool variation in the genus Glycine subgenus *Soja* revealed by polymorphic nuclear and chloroplast microsatellites. **Genetics.** 144: 793-803.

Rongwen, J., M.S. Akkaya, A.A. Bhahwat, U. Lavi and P.B. Cregan. 1995. The use of microsatellite DNA markers for soybean genotype identification. **Theor. Appl. Genet.** 90: 43-48.

Song, Q.J., C.V. Quigley, R.L. Nelson, T.E. Carter, H.R. Boerma, J.L. Strachan and P.B. Cregan. 1999. A selected set of trinucleotide simple sequence repeat markers for soybean cultivar identification. **Plant Var. Seeds.** 12: 207-220.

การประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบและการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุลของอายุวันออกดอกในถั่วเหลืองฝักสด

Estimation of Narrow Sense Heritability and Molecular Marker Analysis of Days to Flowering in Vegetable Soybean

ศุกระกาญจน์ ศรีบุญ[1] และพรพันธ์ ภู่พร้อมพันธุ์[1]

SukraKarn Sriboon[1*] and Pornpan Pooprompan[1]

[1]Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: Sukarkarn_@hotmail.com

บทคัดย่อ

การถ่ายทอดลักษณะอายุวันออกดอกในประชากรถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์แท้ จำนวน 92 สายพันธุ์ ที่ได้จากการผสมระหว่างถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นการค้าพันธุ์ AGS292 ที่มีอายุวันออกดอกแรกสั้นกับสายพันธุ์ปรับปรุงก้าวหน้า (advanced breeding line) (G8891 x G7945) 31-3-5-5 หรือ K3 มีอายุวันออกดอกแรกยาว วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาการถ่ายทอดลักษณะและจำแนกเครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์ที่เชื่อมโยงกับลักษณะอายุวันออกดอกในถั่วเหลืองฝักสด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ 2 ซ้ำ ปลูกทดสอบสายพันธุ์ดังกล่าวร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ในสภาพแปลงปลูก 2 ฤดู พบว่า การกระจายตัวของอายุออกดอกแรกของประชากรอยู่ระหว่าง 30 ถึง 54 วัน ในฤดูฝนปี 2551 และ 26 ถึง 47 วัน ในฤดูแล้งปี 2552 และ 28 ถึง 50 วัน ในการวิเคราะห์รวมสองฤดู การประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบของอายุวันออกดอกแรกทั้งสองฤดู และการวิเคราะห์รวมสองฤดูเท่ากับร้อยละ 81.3, 97 และ 70.8 ตามลำดับ การวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์ เพื่อสำรวจความแตกต่างของพ่อแม่ จำนวน 323 เครื่องหมาย บน 20 กลุ่มลิงเกจ พบว่ามี 143 เครื่องหมายที่แสดงความแตกต่างระหว่างพันธุ์พ่อแม่ นำเครื่องหมายโมเลกุลเหล่านี้ไปวิเคราะห์ความเชื่อมโยงกับลักษณะอายุวันออกดอกกับประชากรสายพันธุ์แท้ 92 สายพันธุ์ การวิเคราะห์สมการถดถอยหลายตำแหน่งของเครื่องหมายที่เชื่อมโยงกับลักษณะจากการวิเคราะห์ปัจจัยเดียวรวมสองฤดูในประชากรสายพันธุ์แท้ พบว่ามี QTL อย่างน้อย 6 ตำแหน่งที่ควบคุมลักษณะอายุวันออกดอกซึ่งอยู่ใกล้กับเครื่องหมายโมเลกุล Satt431 บนกลุ่มลิงค์เกจ J ที่ควบคุมลักษณะอายุวันออกดอกและมีอิทธิพลมากที่สุดต่อการแสดงออกของลักษณะ แสดงให้เห็นว่า QTL ที่พบในการศึกษาครั้งนี้น่าจะเป็น QTL หลัก

คำสำคัญ: ถั่วเหลืองฝักสด วันออกดอก การถ่ายทอดลักษณะ เครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์ ลักษณะทางปริมาณ

Abstract

Inheritance of days to flowering in 92 recombinant inbred lines (RIL) of vegetable soybean derived from a cross between commercial vegetable soybean cultivar 'AGS292', which has short flowering time and advanced breeding line '(G8891xG7945) 31-3-5-5' or 'K3' with long flowering time was examined. The objectives of this study were to investigate the inheritance of days to flowering and identify simple sequence repeat (SSR) markers associated with this trait in vegetable soybean. The RIL population and their parents were evaluated in the filed during rainy season (2008) and dry season (2009). The treatments were arranged in a randomized complete block design with 2 replications. The result found that the range of days to flowering in RIL population was from 30 to 54 days in rainy season of 2008, from 26 to 47 days in dry season of 2009 and 28 to 50 days in combined over two environments. The estimates of narrow-sense heritability of days to flowering in two environments and combined were 81.3%, 97% and 70.8% respectively. Analysis of SSR marker to survey polymorphisms of parents with 323 SSR markers on 20 molecular linkage group (MLG) revealed that 143 markers were polymorphismic and can be used to analyse the association of the markers in 92 individual RILs with day to flowering. Multiple-locus regression was analysed for significant markers in RIL population over two environments that revealed at least 6 QTLs controlling days to flowering. The QTL near SSR marker locus Satt431 located in MLG J gave the highest effect to the trait, suggested that the QTL found in this study might be the major one.

Keywords: vegetable soybean, days to flowering, heritability, simple sequence repeat (SSR) marker, quantitative trait loci (QTL)

คำนำ

ถั่วเหลืองฝักสด (vegetable soybean or green soybean) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Glycine max* (L.) Merr. เป็นพืชชนิดเดียวกับถั่วเหลืองไร่ (grain soybean) แตกต่างกันที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิตและลักษณะของผลผลิต กล่าวคือ ถั่วเหลืองฝักสด ตลาดต้องการผลผลิตทั้งฝัก เก็บเกี่ยวผลผลิตในระยะที่เมล็ดเต่งเต็มที่ (full seed stage; R_6) ก่อนที่จะเข้าสู่ระยะที่เมล็ดในฝักใดฝักหนึ่งจะสุกแก่ ฝักจะเปลี่ยนเป็นสีฟางข้าว (beginning maturity stage; R_7) ถั่วเหลืองฝักสดนิยมบริโภคในลักษณะเช่นเดียวกับพืชผัก เมล็ดจะต้องมีขนาดใหญ่ เนื้อนุ่ม รสหวานเล็กน้อย ในขณะที่ถั่วเหลืองไร่ตลาดต้องการเฉพาะเมล็ดที่กะเทาะออกจากฝักแล้วเท่านั้น ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งโปรตีนจากถั่วเหลืองมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิด เช่น lysine tryptophan เป็นองค์ประกอบสูงกว่าโปรตีนจากเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ถั่วเหลืองฝักสดยังมีแร่ธาตุและวิตามินที่จำเป็นต่อมนุษย์อีกหลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินบี 1 และบี 2 ถั่วเหลืองฝักสดมีเมล็ดขนาดใหญ่ เมล็ดแห้งมีน้ำหนักมากกว่า 250

มิลลิกรัม/เมล็ด สามารถใช้ประกอบอาหารและเมล็ดใช้รับประทานเป็นอาหารว่างเหมือนถั่วลิสง (*Arachis hypogeae*) (Mentreddy *et al*., 2001) จึงเป็นพืชที่ควรส่งเสริมให้มีการผลิตและบริโภคภายในประเทศมากขึ้น นอกจากนี้ในอนาคตถั่วเหลืองฝักสดจะเป็นสินค้าออกที่สำคัญโดยเฉพาะตลาดในประเทศญี่ปุ่นและไต้หวัน ซึ่งมีความต้องการมากและมีกำลังซื้อสูง

อายุวันออกดอกเป็นลักษณะที่มีความสำคัญ ซึ่งถั่วเหลืองฝักสดแต่ละพันธุ์มีอายุการออกดอกที่ต่างกัน เช่น พันธุ์ AGS292 มีอายุวันออกดอก 26-30 วัน พันธุ์นัมเบอร์ 75 มีอายุการออกดอก 28-32 วัน และพันธุ์เชียงใหม่ 1 มีอายุการออกดอก 30-40 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

เครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์ (simple sequence repeat) หรือ microsatellite เป็นเครื่องหมายโมเลกุลที่ตรวจสอบความแตกต่างของขนาดชิ้นดีเอ็นเอที่เกิดจากความแตกต่างของจำนวนชุดของลำดับเบสซ้ำ (simple sequence repeat) ซึ่งพบกระจายตัวอยู่ภายในจีโนม ชนิดของเบสซ้ำ ได้แก่ ซ้ำสองเบส (di-nucleotide repeat) เช่น AT, ซ้ำสามเบส (tri- nucleotide repeat) เช่น AAC, และ ซ้ำสี่เบส (tetra-nucleotide repeat) เช่น GTAC เป็นต้น (อรรัตน์, 2548)

อายุวันออกดอกแรกในถั่วเหลืองฝักสดเป็นลักษณะเชิงปริมาณ (quantitative trait loci, QTL) ที่ควบคุมด้วยยีนหลายคู่ (polygene) และสภาพแวดล้อมจะมีผลต่อการแสดงออกสูง Tasma *et al*. (2003) ศึกษาถึงอายุการออกดอกในถั่วเหลืองจากประชากรถั่วเหลืองจำนวน 3 ประชากร ซึ่งประกอบด้วยประชากรสายพันธุ์แท้ คือ IX132 (PI317.336 X 'Corsoy'), IX136 (PI317.334B X 'Corsoy') และประชากร F_2 ที่ได้พัฒนามาจากการผสมกันระหว่างถั่วเหลืองพันธุ์ปลูก *G. max* (สายพันธุ์ A81-356022) และถั่วเหลืองพันธุ์ป่า *G. soja* (PI468.916) พบว่า ในแผนที่โครโมโซมประกอบด้วยกลุ่มลิงเกจและยีนที่เกี่ยวข้องกับการออกดอก ได้แก่ กลุ่มลิงเกจ A2 (*CRY2*), B1 และ H (*COL1*), A1 และ A2 (*PHYA*), C1 (*DET1* และ *LD*), D2 (*AP2*), E และ K (*PHYB*), F (*COL 2*), L(*FCA*) และ Q (*CCA1*)

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาการถ่ายทอดลักษณะและสืบค้นเครื่องหมายโมเลกุลที่เชื่อมโยงกับอายุวันออกดอกในถั่วเหลืองฝักสดและเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างถั่วเหลือง

ประชากรที่ใช้ทำแผนที่ยีน (mapping population) ใช้ประชากรสายพันธุ์แท้ (recombinant inbred lines, RILs) ที่พัฒนาจากคู่ผสมระหว่างถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นการค้าซึ่งปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ดี ได้แก่ พันธุ์ AGS292 มีอายุวันออกดอกแรกสั้น กับสายพันธุ์ปรับปรุงก้าวหน้า (advanced breeding line) (G8891 x G7945) สายพันธุ์ 31-3-5-5 หรือ K3 มีอายุวันออกดอกแรกยาว

การตรวจหาเครื่องหมายเอสเอสอาร์ที่แยกความแตกต่างของสายพันธุ์พ่อแม่

สำรวจความแตกต่างของสายพันธุ์พ่อแม่โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์ที่กระจายทั่วทั้งจีโนม จำนวน 323 เครื่องหมาย จากแผนที่โครโมโซมของ Cregan *et al*. (1999) โดยสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธีการของ Doyle and Doyle (1987) ใช้เครื่องหมายโมเลกุลที่แสดงความแตกต่างมาวิเคราะห์ลักษณะทางพันธุกรรมกับประชากรลักษณะอายุวันออกดอกแรกที่ปลูกทดสอบ 2 ฤดู เพื่อจำแนกเครื่องหมายโมเลกุลที่เชื่อมโยงกับลักษณะ

การวิเคราะห์ลักษณะอายุดอกแรกบาน

วิเคราะห์ลักษณะอายุดอกแรกบาน ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 2 ซ้ำ ใช้ประชากรถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์แท้ จำนวน 92 สายพันธุ์ ปลูกทดสอบใน 2 สภาพแวดล้อมร่วมกับพันธุ์พ่อแม่

การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างเครื่องหมายเอสเอสอาร์และอายุวันออกดอกแรก

วิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างเครื่องหมายเอสเอสอาร์และอายุวันออกดอกแรก โดยวิเคราะห์ข้อมูลการกระจายตัวของประชากร จากการปลูกทดสอบใน 2 ฤดู และนำเครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์ที่แสดงความแตกต่างกันในพันธุ์พ่อแม่มาตรวจสอบกับประชากรสายพันธุ์แท้ที่ใช้ในการทำแผนที่ (mapping population) เพื่อพิจารณาอิทธิพลของเครื่องหมายโมเลกุลในแต่ละตำแหน่งต่อลักษณะ โดยใช้วิธี single factor analysis (SF-ANOVA) และ multiple factor regression

การวิเคราะห์อัตราพันธุกรรม

ประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ (narrow - sense heritability, h^2) จากสมการ $h^2 = \sigma^2_g / [\sigma^2_g + (\sigma^2_{ge}/e) + (\sigma^2_e/re)]$ (Fehr,1987) เมื่อ σ^2_g และ σ^2_e คือ องค์ประกอบของความแปรปรวนเนื่องจากพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ตามลำดับ *r* คือ จำนวนซ้ำ σ^2_{ge} คือ อิทธิพลร่วมขององค์ประกอบความแปรปรวนของพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม และ *e* คือ จำนวนของสภาพแวดล้อม วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะและการกระจายตัวของลักษณะในประชากร

การสืบค้นความเชื่อมโยงของเครื่องหมายโมเลกุลกับลักษณะที่สนใจ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะ (correlation) และความเชื่อมโยงระหว่างลักษณะกับเครื่องหมายโมเลกุล

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะวันออกดอกแรกในประชากรสายพันธุ์แท้ พบความแตกต่างทางสถิติในทั้งสองฤดู เมื่อทดสอบความเป็นเอกภาพ (homogeneity of variance) ของการทดลองทั้งสองการทดลอง พบว่า ไม่เป็นเอกภาพ การปลูกในฤดูฝนปี 2551 ทำให้ค่าเฉลี่ยของประชากรมีอายุออกดอก 37 วัน ยาวนานกว่าการปลูกในฤดูแล้งปี 2552 มีอายุการออกดอก 33 วัน การกระจายตัวของลักษณะอายุวันออกดอกแรกของประชากรในฤดูฝนปี 2551 มีค่าพิสัยอยู่ระหว่าง 30 ถึง 54 วัน พันธุ์

AGS292 มีค่าเฉลี่ย 28 วัน และพันธุ์ K3 มีค่าเฉลี่ย 47 วัน ในฤดูแล้งปี 2552 มีค่าพิสัยอยู่ระหว่าง 26 ถึง 47 วัน พันธุ์ AGS292 มีค่าเฉลี่ย 26 วัน และพันธุ์ K3 มีค่าเฉลี่ย 47 วัน และเมื่อวิเคราะห์รวมสองฤดู พบว่ามีค่าพิสัยอยู่ระหว่าง 28 ถึง 50 วัน ประชากรมีค่าเฉลี่ย 35 วัน พันธุ์ AGS292 มีค่าเฉลี่ย 27 วัน และพันธุ์ K3 มีค่าเฉลี่ย 47 วัน ดังแสดงใน Table 1 การกระจายตัวของลักษณะในทั้งสองฤดูและการวิเคราะห์รวมเอียงไปทางด้านขวาโดยมีความถี่ของสายพันธุ์แท้ที่มีอายุออกดอกนานกว่าสายพันธุ์ K3 ดังแสดงใน Figure 1

การประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ (narrow-sense heritability, h^2) ลักษณะอายุวันออกดอกแรก ในประชากรสายพันธุ์แท้ ดังแสดงใน Table 1 พบว่า ในฤดูฝนปี 2551 มีค่าร้อยละ 81.3 และในฤดูแล้งปี 2552 ร้อยละ 97 วิเคราะห์รวมในสองฤดูมีค่าเท่ากับร้อยละ 70.8 จากรายงานของ Pooprompan *et al*. (2006) ทำการศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบของลักษณะวันออกดอกแรกในถั่วเหลืองฝักสดประชากรสายพันธุ์แท้ (RIL population) จำนวน 190 สายพันธุ์ ปลูกทดสอบ 2 ฤดู พบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบในฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าเท่ากับ 94.2 และ 91.6 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์รวมทั้งสองฤดูมีค่าที่ต่ำ คือ 29.1 สาเหตุเนื่องมาจากอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ในขณะที่ Niessl *et al*. (1995) ศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้างของลักษณะวันออกดอกแรกในถั่วเหลืองที่ได้จากการผสมกันระหว่างสายพันธุ์ Dom x Apache, Dom x B152, Dom X Silvia, Dunajka x Apache และ Evans x Birka มีค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้างร้อยละ 76, 76, 91, 76, 75 ตามลำดับ และ Graef *et al*. (1996) ได้ทำการศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบของลักษณะวันออกดอกแรกในถั่วเหลืองฝักสดจำนวน 2 ประชากร ที่ได้จากคู่ผสมระหว่างถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ U91-3516 x 'Mikawashima', denoted UX704 และ U91-3516 x 'Gion Fuuki', denoted UX704 ทำการปลูกทดสอบใน 3 ฤดู พบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบแต่ละประชากรมีค่าที่สูง คือ ร้อยละ 96$\pm$0.16 และ ร้อยละ 93$\pm$0.16 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ความแตกต่างของพ่อแม่ โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์ที่เลือกให้กระจายทั่วทั้งจีโนม 323 เครื่องหมาย พบว่ามี 143 เครื่องหมายที่แสดงความแตกต่างระหว่างพ่อแม่ นำเครื่องหมายโมเลกุลเหล่านี้ไปวิเคราะห์ลักษณะอายุวันออกดอกแรกกับประชากรย่อย และประชากรสายพันธุ์แท้ 92 สายพันธุ์

การวิเคราะห์สมการถดถอยหลายตำแหน่ง ของข้อมูลที่รวมสองฤดูของเครื่องหมายโมเลกุลที่แสดงความแตกต่างหรือเชื่อมโยงกับลักษณะวันออกดอกแรก (Table 2) พบว่ามี QTL อย่างน้อย 6 ตำแหน่งที่ควบคุมลักษณะอายุวันออกดอกซึ่งอยู่ใกล้กับเครื่องหมายโมเลกุล Satt431 บนกลุ่มลิงค์เกจ J และเป็นเครื่องหมายที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อการแสดงออกของลักษณะดังกล่าว, Satt187 บนกลุ่มลิงเกจ A2, Sat_415 บนกลุ่มลิงเกจ D1b+W, Satt568 บนกลุ่มลิงเกจ H, Sat_105 บนกลุ่มลิงเกจ I, Satt166 บนกลุ่มลิงค์เกจ L ซึ่งสอดคล้องกับ Tasma *et al*. (2003) ศึกษาถึงอายุการออกดอกในถั่วเหลืองจากประชากรถั่วเหลืองจำนวน 3 ประชากร ซึ่งประกอบด้วย ประชากรสายพันธุ์แท้ คือ IX132 (PI317.336 X 'Corsoy'), IX136 (PI317.334B X 'Corsoy') และประชากร F_2 ที่ได้พัฒนามาจากการผสมกันระหว่างถั่วเหลืองพันธุ์ปลูก *G.max* (สายพันธุ์ปรับปรุงก้าวหน้า A81-356022) และถั่วเหลืองพันธุ์ป่า *G. soja* (PI468.916) พบว่าในแผนที่พันธุกรรมประกอบด้วยกลุ่มลิงเกจและยีนที่เกี่ยวข้องกับการออกดอก ได้แก่ กลุ่มลิงเกจ A2 (*CRY2*), H (*COL1*), A2 (*PHYA*), และ L(*FCA*) และสอดคล้องกับ Pooprompan *et al*. (2006) ทำการศึกษาลักษณะเชิงปริมาณที่ควบคุมลักษณะวันออกดอกแรกในถั่วเหลืองฝักสดประชากรสายพันธุ์แท้

(RIL population) จำนวน 190 สายพันธุ์ ปลูกทดสอบ 2 ฤดู พบว่าในแผนที่พันธุกรรมประกอบด้วยกลุ่มลิงเกจและยีนที่เกี่ยวข้องกับการออกดอก ได้แก่ เครื่องหมายโมเลกุล Satt187 บนกลุ่มลิงเกจ A2, Satt568 บนกลุ่มลิงเกจ H, Sat_105 บนกลุ่มลิงเกจ I และ Satt431 บนกลุ่มลิงค์เกจ J

สรุปผลการวิจัย

การกระจายตัวอายุวันออกดอกแรกในประชากรสายพันธุ์แท้ ที่ได้จากคู่ผสมเดี่ยวระหว่างพันธุ์ AGS292 กับสายพันธุ์ K3 ประชากรสายพันธุ์แท้ในฤดูฝนปี 2551 มีค่าอยู่ระหว่าง 30 ถึง 54 วัน ในฤดูแล้งปี 2552 มีค่าอยู่ระหว่าง 26 ถึง 47 วัน และในการวิเคราะห์รวมสองฤดู มีค่าอยู่ระหว่าง 28 ถึง 50 วัน พันธุ์ AGS292 และสายพันธุ์ K3 ในฤดูฝนปี 2551 มีค่าเฉลี่ย 28 และ 47 วัน และในฤดูแล้งปี 2552 มีค่าเฉลี่ย 26 และ 47 วัน ตามลำดับ และวิเคราะห์รวมทั้งสองฤดูมีค่าเฉลี่ย 27 และ 47 วัน ตามลำดับ การประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ พบว่า ในฤดูฝนปี 2551 มีค่าร้อยละ 81.3 และในฤดูแล้งปี 2552 มีค่าร้อยละ 97 ในขณะที่วิเคราะห์รวมในสองฤดูมีค่าเท่ากับร้อยละ 70.8 ซึ่งการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบทั้ง 2 ฤดูพบว่ามีค่าที่สูง แสดงถึงพันธุกรรมจากพ่อแม่สามารถถ่ายทอดไปสู่ประชากรสายพันธุ์แท้ การวิเคราะห์ความแตกต่างของพ่อแม่โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์ที่เลือกให้กระจายทั่วทั้งจีโนม 323 เครื่องหมาย พบว่ามี 143 เครื่องหมายที่แสดงความแตกต่างระหว่างพ่อแม่ และมี QTL อย่างน้อย 6 ตำแหน่ง ที่ควบคุมลักษณะอายุวันออกดอกโดยเครื่องหมายโมเลกุล Satt431 บนกลุ่มลิงค์เกจ J มีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะมากที่สุด

Table 1 Range and Mean±SD of days of flowering in 92 vegetable soybean RILs and their parents grown in rainy season of 2008 and dry season of 2009 and combined over seasons. The narrow-sense heritabilities were presented in the right column

Season	RILs		Parents		$h^{2\,a}$
	Range	Mean	'AGS292'	'K3'	(%)
Rainy season 2008	30-54	37±4	28	47	81.3
Dry season 2009	26-47	33±4	26	47	97
Combined	28-50	35±4	27	47	70.8

[a] Heritability in the narrow-sense

Table 2 Marker loci significantly associated with day to flowering of 92 vegetable soybean RILs from the cross between 'AGS292' and 'K3' grown in rainy season of 2008 and dry season of 2009 and combined over seasons using multiple-locus regression

		Combined		Environment			
				Rainy 2008		Dry 2009	
Locus	MLG[1]	*P*	Partial R^2 (%)	*P*	Partial R^2(%)	*P*	Partial R^2 (%)
Satt431	J	<0.0001	20.8	0.0002	16.9	<0.0001	25
Sat_105	I	0.0041	9.1	NS		0.008	7.9
Satt049	I	NS[2]		0.0103	5.2	NS	
Satt568	H	0.0021	9.3	0.0101	5.6	0.0059	7.7
Satt166	L	0.0164	5.1	0.0038	8.6	NS	
Satt187	A2	0.0163	4.8	0.0024	8.6	0.0255	4.6
Sat_415	D1b+W	0.0487	3	0.0463	2.8	NS	
Satt403	E	NS		0.013	4.5	NS	
Satt477	O	NS		NS		0.0476	3.4
Total variation explained			52.1		52.2		48.6

1/ Molecular linkage group

2/ Non-significant

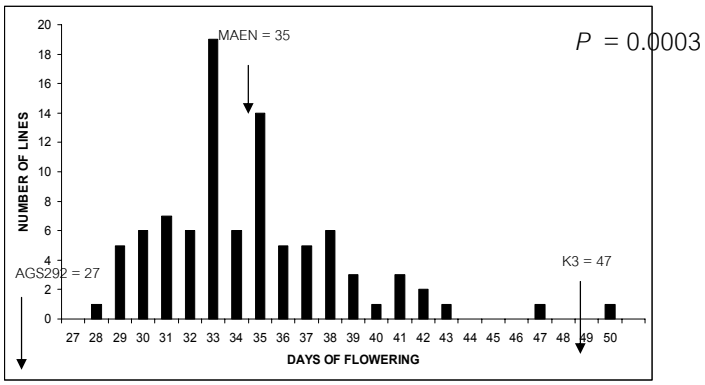


Figure 1 Frequency distribution of days of flowering in RIL population averaged across seasons Mean parental values of 'AGS292' and 'K3' are indicated by arrows

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2545. **เกษตรที่ดีเหมาะสมสำหรับถั่วเหลืองฝักสด.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพ ฯ. 26 หน้า.

อรรัตน์ มงคลพร. 2546. **เครื่องหมายโมเลกุลเพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 95 น.

Cregan, P.B., Jarvik, T., Bush, A.L., Shoemaker, R.C., Lark, K.G., Kahler, A.L., Kaya, N., Van Toai, T.T., Lohnes, D.G., Chung, J., and J.E. Specht. 1999. An integrated genetic linkage map of the soybean genome. **Crop Sci**. 39: 1464-1490.

Doyle, J.J. and J.L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure from small quantities of fresh leaf tissues. **Phytochem. Bull**. 19: 11-15.

Fehr, W.R. 1987. **Principles of cultivar development. Vol.1**: **Theory and Technique**, Macmillan, NY.

Graef, G.L., L.G. Joson, and E.S. James. 1996. **Heritability and Relationships Among Traits for Edamame Production in Two Soybean Populations**. Department of agronomy and horticulture. University of Nebraska, Lincoln. USA.

Mentreddy, S.R., A.I. Mohamed, N. Joshee and A.K. Yadov. 2002. **Edamame a nutritious vegetable crop.** pp. 432-438. Trend in new crops and new uses.

Niessl, H., J. Vollmann and P. Ruckenbauer. 1995. **Selection for time to maturity in soybean *(Glycine max* (L.) Merrill) and seed protein content of early maturing genotypes**. Universitat fur Bodenkultur Wien, Vorstand.: 311-320.

Pooprompan, P., S. Wasee, T. Toojinda, J. Abe, S. Chanprame and P. Srinives. 2006. Molecular marker analysis of days to flowering in vegetable soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Kasetsart J. (Nat.Sci.)**. 40: 573-581.

Tasma, I.M., L.L. Lorenzen, D.E. Green and R.C. Shoemaker. 2001. Mapping genetic loci for flowering time, maturity and photoperiod insensitivity in soybean. **Molecular Breeding**. 8: 25-35.

Tasma, I.M. and. R.C. Shoemaker. 2003. Mapping flowering time gene homolog in soybean and their association with maturity (E) loci. **Crop Sci**. 43: 319-328.

ผลของการต้มต่อสารหอมในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ต่างกัน

Effect of Boiling on Flavor Compounds in the Vegetable Soybean Seed Different Cultivars

เศรษฐา ศิริพินทุ์[1*] สุทธิรักษ์ ผลเจริญ[1] และมัลลิกา จินดาซิงห์[1]

Settha Siripin[1*], Sutirak Plonjarean[1] and Manlika Jindasing[1]

[1]ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: settha@mju.ac.th

บทคัดย่อ

สิ่งที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของคุณภาพเมล็ดและฝักถั่วเหลืองฝักสดคือ ลักษณะความหอม ดังนั้น การศึกษาผลของการต้มต่อสารหอมในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ต่างกัน จึงได้อาศัยเทคนิคการระบุชนิดและปริมาณของสารหอมด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทรกราฟีแมสสเปคโทรเมตรี (GCMS) จากผลการศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นว่า การต้มมีผลต่อชนิดและประมาณของสารหอมในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด เช่น สารหอม 3-Hexen-1-ol และ 1-Hexanol ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 0.652 และ 8.359% ตามลำดับ โดยถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ KAORI มีกลิ่นหอมมากกว่าพันธุ์ DATACHAMAME เพราะถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ KAORI มีปริมาณของสาร 3-Hexen-1-ol, n-Hexanal และ 1-Hexanol ในเมล็ดที่สูงกว่า ผลการวิเคราะห์ของสารหอมครั้งนี้ไม่พบสาร 2-acetyl-1-pyroline ในถั่วเหลืองฝักสดทั้งสองพันธุ์

คำสำคัญ: ถั่วเหลืองฝักสด องค์ประกอบของสารหอม เครื่องก๊าซโครมาโทรกราฟีแมสสเปคโทรเมตรี (GCMS)

Abstract

One of the best qualities requirements of consumer is the flavor characteristic in the Edamame seed and pod, among cultivars. So, the determination of the hot water boiling effect to flavor compounds in the vegetable soybean seed were identified the types and quantities of the compounds by using GCMS (Gas Chromatography Mass Spectrometry). The results showed that the hot water boiling had effected to the numbers of flavor compounds in the vegetable soybean seeds, especially, 3-Hexen-1-ol and 1-Hexanol were increased 0.652 and 8.359%, respectively. The Edamame cultivar “KAORI” had been stronger smell of aromatic flavor compounds than DATACHAMAME cultivar, because of KAORI gave the high levels of 3-Hexen-1-ol, n-Hexanal and 1-Hexanol in the

seeds. The results of flavor compounds analysis were not detected the 2-acetyl-1-pyroline in both vegetable soybean seed cultivars.

Keywords: vegetable soybean, Flavor compounds, GCMS (Gas Chromatography Mass Spectrometry)

Introduction

Vegetable soybean or Edamame (Japanese) or Mao Dou (Chinese) is a traditionally special soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) harvested as a vegetable while the pods are still green and the seeds have developed to fill 80 to 90 percent of the pod width, between R6 and before R7 growth stages. The seed of vegetable soybean cultivars are rich levels in protein, fat (with no cholesterol), minerals and vitamin A,C and E. Historically, vegetable soybean, mao-dou or edamame is recognized in China and Japan for its medicinal values.

Traditionally, vegetable soybeans are used in Japan as a snack during tea time or eaten with beer in summer. However, tradition has changed, now there is year-round demands for vegetable soybean. Domestic production in Japan cannot meet the demand. As a result, Japan has to import vegetable soybean. China, Taiwan and Thailand has rapidly developed the know-how and knowledge in vegetable soybean production, and exported most of its products to Japan as frozen edamame. Qualities requirements of vegetable soybean are into five major categories including appearance, taste, flavor, texture and nutritional value. The pod color is important, and bright-green is most desirable. Sensory evaluation of stored vegetable soybean showed that the taste of seeds is mainly determined by sucrose, glutamic acid and alanine. Saponins, which give bitter taste, are found in the seed and are rich in hypocotyls. Flavor and texture of boiled vegetable soybean are also highly correlated to their sensory scores (Masuda,1991). The boiled soybean contained a characteristic sweet flower-like and beany flavor. The objectives of this study were to determine the effect of boiling on the flavor compounds in the different vegetable soybean seed cultivars by using GCMS.

Materials and Methods

1. Materials

The vegetable soybean 2 cultivars namely, DATACHAMAME and KAORI were studied to the flavor compounds in fresh and boiled seeds. Samples were boiled in hot water, 100ºC, 4 min. and dept quick freezer, 0 °C in cool water immediately. All samples were packed and kept in sealed plastic bags at - 20 °C for analysis the flavor compounds to acid-phase solvent extraction.

2. Acid-phase solvent extraction of aroma compounds methods

Fresh and boiled vegetable soybean seeds, 100 g, were milled, 200 ml. of 0.1M HCl was added and mixture was stirred for 60 min. before filtration. The filtrate,~200 ml, was divided into two equal parts and transferred to 250 ml. separatory funnels. This was followed by the addition of 3 ml of 5 M NaOH to make the solution slightly basic. The aqueous phase was then extracted with dichloromethane (3x100 ml). After drying the combined extracts with anhydrous sodium sulfate, the solution was concentrated to 1 ml using a rotary evaporator under reduced pressure and at temperature of 40 °C. The concentrated extract was further processed under a flow of nitrogen prior to GCMS analysis.

3. Capillary GCMS conditions

GCMS analysis was performed on an Agilent 6890(GC)/HP 5975(MS). Separation was achieved using Helium as the carrier gas(ca.1ml/min) with a fused silica capillary column(HP-5MS), 30 m length, 0.25 mm i.d., and 0.25 μm film thickness. The GC injector was in a splitless mode. Injector and detector temperature were 250 °C and 260 °C, respectively. The oven temperature was programmed starting at 45 °C, 3 min. isothermal, then at 3 °C/min. to 60 °C (3 min. isothermal), then at 10 °C/min. to 250 °C (10 min. isothermal). The effluent from the capillary column went directly into the mass spectrometer, MS. The MS instrument was operated in the full scan and electron impact ionization mode with an ionization voltage of 70 eV and an acceleration voltage of 3,000 V. the ion source temperature was 230 °C and the GCMS transfer line was set to 250 °C.

Results and Discussion

The results of the GCMS analysis are shown in Figure 1, 2, 3 and 4 the chromatograms show a great number of components that may contribute to the flavor compounds in fresh and boiled seeds or pods, of DATACHAMAME and KAORI vegetable soybean cultivars. Compounds corresponding to the peaks and the major ions from mass spectra are listed in Table 1 the compounds were identified mainly by the comparing their mass spectra with those of the standard compounds in the NIST and Wiley library, together with the comparison of their GC retention times with those of standard compounds and were confirmed by the standard addition technique. Tentatively identified components based only on a comparison of the mass spectra with the reference spectra of the NIST and Wiley library that yielded <90% matches were identified as unknown in Table 1. (Siripin *et. al*., 2008)

The results in tables and figures were shown that approximately 27 to 29 prominent pecks had been identify. Of these, there appeared the presence of alcohols, aldehydes, ketones, hydrocarbons and others. The major peaks comprise those of n-Hexanal, 1-Hexanol, methyl ester of Hexadecanoic acid, 4-methyl-6-phenyl-2-pyrimidinamine, n-eicosane, n-tricosan, n-tetracosan, n-octacosan, diisooctyl 1,2-benzenedicarboxylic acid, n-Hexacosane, and n-Heptacosane, 4-methyl-2-Pentanol, 2-Hexanal, 3-Hexene-1-ol, phenylethyl alcohol, nebirinane 6,7-dihydro, lapachone, n-eicosane, and 1,7-trimethyl-2, 3-dimethylindole, the results were similar to Plonjaraen *et. al*. (2007). Many of these compounds have been shown to be the products of lipid oxidation such as aldehydes, n-Hexanal and 2-Hexanal, the important products metabolized by oxidative cleavage of lipids, however, those results were not showed the 2-acetyl-1-pyroline presentation in both fresh or boiled seeds of vegetable soybean cultivars, which were different from Masuda (2001). The hot water boiling was effected on the numbers of flavor compound in vegetable soybean seeds, especially, 3-Hexen-1-ol and 1-Hexanol were increased the levels 0.652 and 8.359% in KAORI seeds, respectively. And hot water boiling effect had decreased the quantity of n-Hexanal in the fresh seeds of the both cultivars. The vegetable soybean cultivar KAORI had been stronger smells of an aromatic flavor compounds than DATACHAMAME cultivars (Table 2).

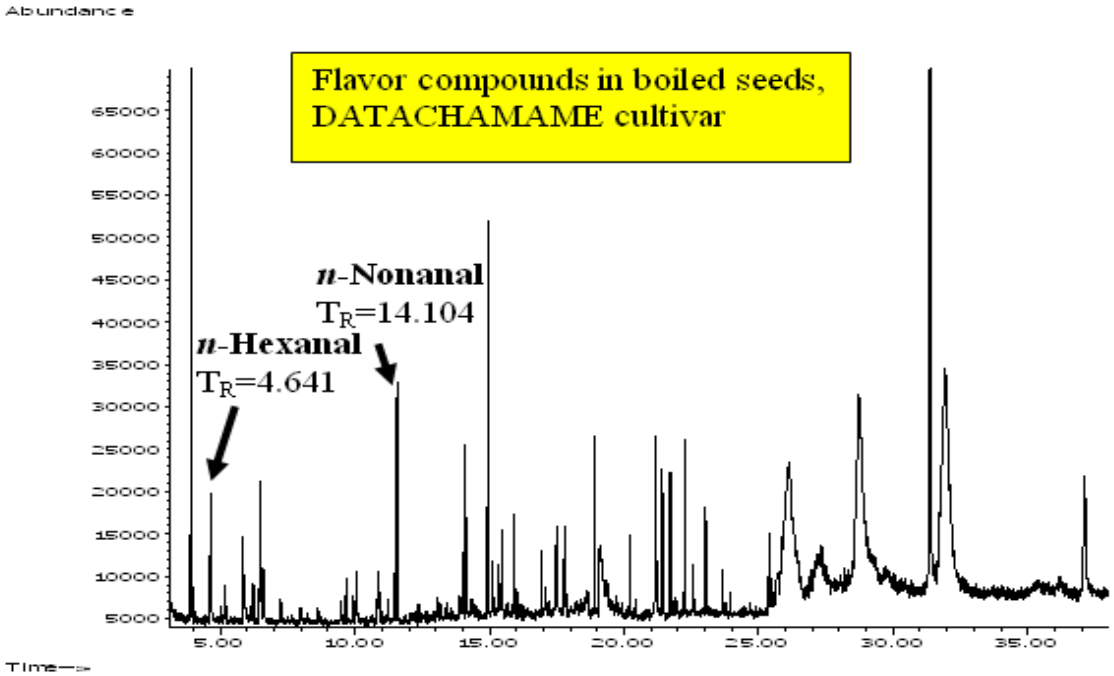


Figure 1 The chromatograms showed the flavor compounds and a great number of components in boiled seeds , DATACHAMAME cultivar

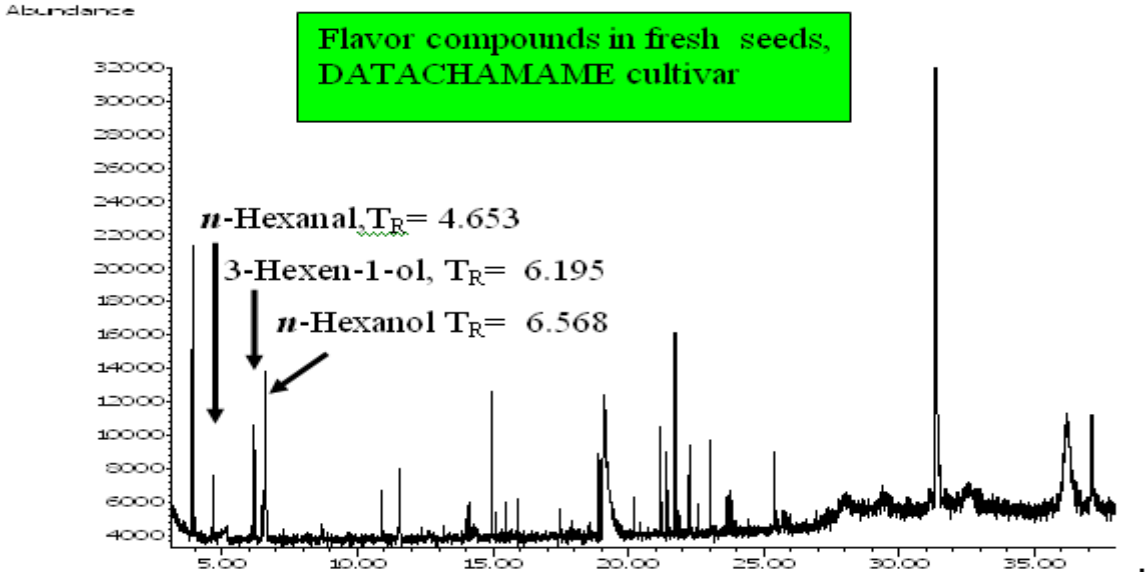


Figure 2 The chromatograms showed the flavor compounds and a great number of components in fresh seeds , DATACHAMAME cultivar

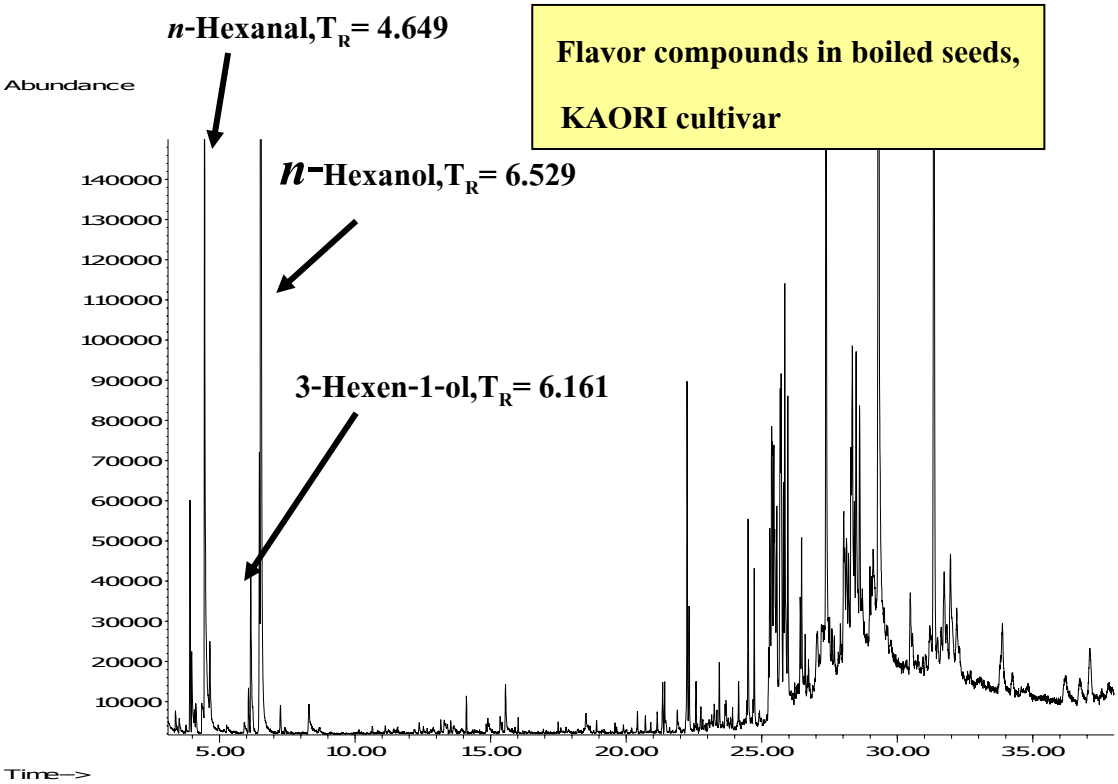


Figure 3 The chromatograms showed the flavor compounds and a great number of components in boiled seeds , KAORI cultivar

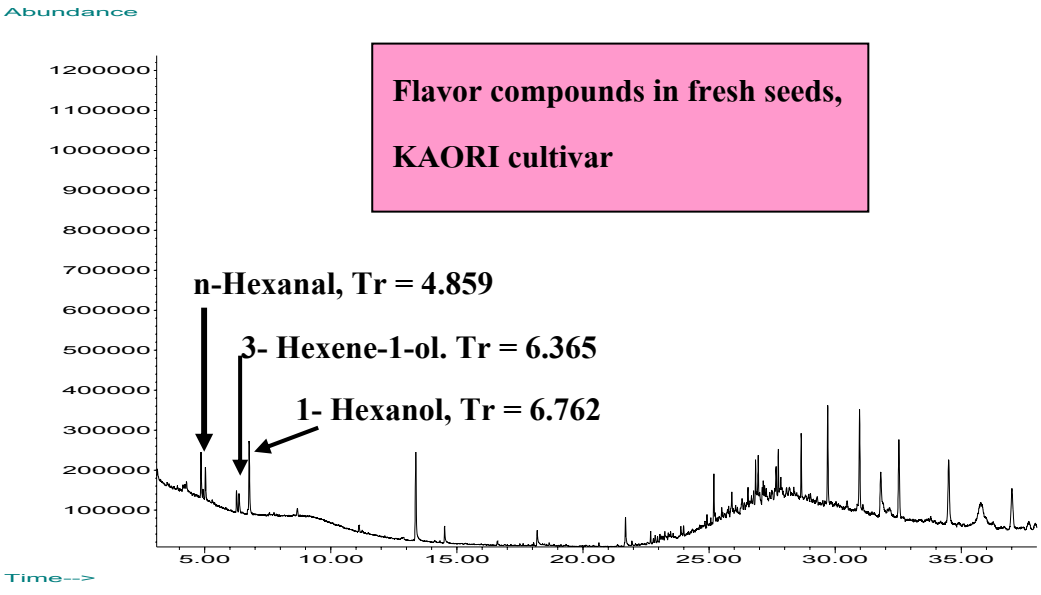


Figure 4 The chromatograms showed the flavor compounds and a great number of components in fresh seeds, KAORI cultivar

Table 1 The components of flavor compounds in fresh seeds, KAORI cultivar

Peak No.	Retention Time	Compounds	m/z c% relative abundance	MW[a]	Quality[b] (%)
1	4.859	*n*-Hexanal	100, 82, 72, 67, 56, 51, 49(100), 39	100	90
2	4.936	Unknown	59(100), 44, 40(100)	87	59
3	5.031	1-Hexanal	87, 69, 57, 51, 45(100), 39	102	90
4	6.264	2-Hexanal	98, 83, 69(100), 63, 55(100), 50, 40(100)	98	96
5	6.365	3-Hexene-1-ol	100, 97, 82, 72, 67(100), 55, 50, 41	100	94
6	6.762	n-Hexanol	84, 69, 56(100), 51, 43, 38	102	91
7	8.694	Unknown	123, 107, 91, 81, 69, 55, 40(100)	182	45
8	11.125	Unknown	85, 82, 81, 73, 72, 71, 70, 69, 68, 67, 60, 58, 57(100),	100	43
9	13.379	2 – Acetyl Pyrrole	109(100), 94(100), 80, 66, 53, 44, 39	109	94
10	14.515	Phenylethyl Alcohol	122, 91(100), 86, 77, 65, 51	122	95
11	18.185	Unknown	100,(100)58, 44(100),39	100	25
12	21.682	Plasticizer	222, 177, 149(100), 132, 121, 105, 93, 81, 76, 65	222	97
13	25.185	Methyl ester Hexadecanoic acid	270, 277, 239, 213, 199, 185, 171, 157, 143, 135, 129,	270	98
14	25.909	Nebirinane 6,7-dihydro	282, 258, 240, 215, 193, 179, 165, 141, 119, 85,	288	97
15	26.537	Lupachone	242, 227(100), 214, 199, 171, 157, 128, 105, 76, 55	242	90
16	26.845	*n*-Eicosane	252, 238, 183, 169, 155, 141, 127, 111, 97, 91, 85, 79	282	98
17	26.746	4-Methyl-6-phenyl-2-Pyrimidinamine	185(100), 128, 105, 77, 44	185	93
18	27.651	1,7-Trimethylene-2,3-dimethylindole	185(100), 179, 171, 157, 128, 89	185	92
19	27.746	*n*-Eicosane	253, 239, 195, 155, 141, 127, 111, 97, 91, 85, 71,	282	97
20	28.647	*n*-Tricosane	324, 281, 252, 239, 183, 169, 155, 141, 125, 111, 97, 85, 71, 57(100), 43	324	97
21	29.702	*n*-Tetracosane	338, 309, 295, 281, 267, 253, 239, 225, 154, 141, 127, 113, 106, 99, 85, 71, 57(100), 43	333	98
22	30.977	*n*-Octacosane	394, 323, 309, 295, 281, 267, 253, 239, 225, 197, 183, 169, 155, 141, 127, 113, 97, 85, 71(100), 57(100), 43	394	98
23	31.819	Diisooctyl 1,2-Benzenedicarboxylic acid	279, 167, 149(100), 121, 112, 104, 83, 70, 55, 41	390	90
24	32.524	*n*-Hexacosane	366, 309, 295, 281, 267, 253, 239, 225, 197, 183, 169, 155, 141, 127, 111, 99, 85, 71, 57(100), 43	366	96
25	34.504	*n*-Heptacosane	380, 351, 323, 309, 295, 281, 267, 253, 239, 225, 207, 183, 169, 155, 141, 127, 113, 97, 85, 71(100), 57(100), 43	380	98
26	35.749	Unknown	396(100), 159, 145, 135, 121, 105, 95, 81(100), 69, 55(100)	396	53
27	37.023	Unknown	397, 313, 309, 295, 281, 267, 253, 225, 183, 169, 155, 141	397	58

[a] molecular weight from GC-MS (EI) data [b] MS quality comparison with database

Table 2 The Flavor compounds in the Boiled and Fresh Vegetable Soybean Seeds cultivars

Line	Time	Compounds	*m/z* c% relative abundance	MW[a]	Quanlity[b]	(% Total (%)
	Boiled seed , DATACHAMAME					
Chamame	4.641	n-Hexanal	82 , 72 , 69 , 58 , 57 , 56 , 55 , 45 , 44 (100),43,41	100	90	1.188 %
Chamame	14.104	n-Nanonal	114 , 98 , 95 , 82 , 72 , 70 , 67 , 57 (100) , 55	142	91	1.239 %
	Fresh seed , DATACHAMAME					
Chamame	4.653	n-Hexanal	82 , 72 , 67 , 56 , 45 , 44 (100) , 43 , 41	100	80	1.681 %
Chamame	6.195	3-Hexen-1-ol	82 , 69 , 67 (100) , 55 , 44 , 43 , 41 , 39	100	79	3.916 %
Chamame	6.568	n-Hexanol	84 , 69 (100) , 44 , 43 , 41 , 39	102	85	6.809 %
	Boiled seed , KAORI					
Kaori	4.649	n-Hexanal	82 , 72 , 67 , 58 , 56 , 44 , 43 , 41	100	72	0.708 %
Kaori	6.161	3-Hexen-1-ol	100 , 82 , 79 , 72 , 67 (100) , 65 , 57 , 55 , 53 , 51	100	97	1.137 %
Kaori	6.529	n-Hexanol	101 , 89 , 73 , 69 , 65 , 59 , 56 (100) , 53 , 43	102	83	10.145%
	Fresh seed , KAORI					
Kaori	4.859	*n*-Hexanal	100, 82, 72, 67, 56, 51, 49(100), 39	100	90	0.907 %
Kaori	6.365	3-Hexene-1-ol	100, 97, 82, 72, 67(100), 55, 50, 41	100	94	0.485 %
Kaori	6.762	1-Hexanol	84, 69, 56(100), 51, 43, 38	100	91	1.786 %

[a] molecular weight from GC-MS (EI) data , [b] MS quality comparison with database

References

Masuda, R. 1991. **Quality Requirement and Improvement of Vegetable Soybean**. Vegetable Soybean Research Needs for Production and Quality Improvement, AVRDC, TAIWAN.

Masuda, R. 2001. Enhancement of sweet components in Vegetable Soybean Seeds: Starch Degradation During Cooking Enhance Flavor of Immature Seeds. **Proceeding of Second International Vegetable Soybean Conference**, Tacome, Washington, USA, August 10-12, 2001: 105-108.

Plonjaraen, S., W. Phutdhawong, S. Siripin, N. Suvannachai and W. Sengphacha. 2007. Flavor Compounds of the Japanese Vegetable Soybean 'Chakaori" Growing in Thailand. **Maejo International Journal of Science and Technology. 01: 1-9.**

Siripin, S., S. Plonjaraen and W. phutdhawong. 2008. Effect of boiling on the flavor compounds in the vegetable soybean (Edamame) cultivars. **Proceeding of the International Collaborotion on Tropical Agriculture**,. National Pingtung University of Science and Technology. May 7-9, 2008: 117-129.

การประเมินการเจริญเติบโต การพัฒนา ศักยภาพการให้ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของงาขี้ม้อนและคาเมลีน่า

Evaluation on the Growth, Development, Yield Potential and Seed Quality of Perilla (*Perilla frutescens*) and Camelina (*Camelina sativa*)

วิสิทธิศักดิ์ วโรรส[1] เศรษฐา ศิริพินทุ์[1*] ประวิตร พุทธานนท์[1] และวราภรณ์ จำปา[1]

Wisittisak Waroros[1], Settha Siripin[1*], Prawit Putthanon[1] and Waraporn Jumpa[1]

[1]ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: settha@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การประเมินการเจริญเติบโต การพัฒนาศักยภาพการให้ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของงาขี้ม้อน และคาเมลีน่า ผลการศึกษาพบว่าการเจริญเติบโตและการพัฒนางาขี้ม้อน แบ่งออกเป็น 6 ระยะ เรียงลำดับดังนี้ ระยะ sowing-emergence, primary leaf, beginning bloom, full bloom, beginning seed และ maturity ตามลำดับ และมีระยะเมล็ดสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยว 118 วันหลังปลูก ส่วนคาเมลีน่าแบ่งการเจริญเติบโตและการพัฒนาออกเป็น 7 ระยะ เรียงลำดับดังนี้ ระยะ sowing-emergence, primary leaf, beginning bloom, beginning pods, full bloom, full pods และ maturity ตามลำดับ และมีระยะเมล็ดสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยว 79 วันหลังปลูก ผลผลิตทั้งสองพืชไม่มีความแตกต่างกัน คาเมลีน่าให้ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 202.39 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนงาขี้ม้อนให้ผลผลิตเฉลี่ย 192.59 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของงาขี้ม้อนและคาเมลีน่า ความบริสุทธิ์ทางกายภาพของเมล็ด (pure seed) ไม่มีความแตกต่างกัน ความชื้นของเมล็ดคาเมลีน่ามีค่าเฉลี่ย 7.95% ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากงาขี้ม้อนที่มีค่าเฉลี่ยความชื้นของเมล็ด 7.42% การทดสอบความงอกพบว่าคาเมลีน่ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดเฉลี่ย 78.75% ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากงาขี้ม้อนที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดเฉลี่ย 48.08% การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์คาเมลีน่ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดเฉลี่ย 56.58% ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากงาขี้ม้อนที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอกหลังการเร่งอายุเฉลี่ย 15.14% และการทดสอบค่าการนำไฟฟ้า คาเมลีน่ามีค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดเฉลี่ย 90.7 $\mu S.cm^{-1}g^{-1}$ ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากงาขี้ม้อนที่มีค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดเฉลี่ย 23.3 $\mu S.cm^{-1}g^{-1}$

คำสำคัญ: งาขี้ม้อน คาเมลีน่า คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ศักยภาพการให้ผลผลิต

Abstract

Evaluation on the growth, development, yield potential and seed quality of perilla (*Perilla frutescens*) and camelina (*Camelina sativa*), results showed that growth and development of perilla performed 6 stages included sowing-emergence, primary leaf, beginning bloom, full bloom, beginning seed and maturity, respectively. Harveting maturity of perilla was 118 days after sowing date. The growth and development of camelina performed 7 stages included sowing-emergence, primary leaf, beginning bloom, beginning pods, full bloom, full pods and maturity, respectively. Harvesting maturity of camelina was 79 days after sowing date. The grain yield per rai of these two crops were not significant difference, camelina gave 202.39 kg./rai compared to perilla which yielded 192.59 kg./rai (1,600 m^2). Study on the seed quality of perilla and camelina, found that physical purity analysis (pure seed) of both crops were not significant difference. Camelina seed moisture test was 7.95%, which was higher significantly than perilla seed moisture content which was 7.42%. Germination test indicated that camelina gave 78.75% germination, which was higher significantly than perilla, which had 48.08% germination. Accelerated Ageing (AA) test also indicated that camelina had 56.58% germination, which was higher significantly than perilla, which had 15.14% of germination after accelerated ageing. As well electrical conductivity test, showed that camelina had electrical conductivity 90.7 $\mu S.cm^{-1}g^{-1}$, which was higher significantly than perilla, which performed electrical conductivity 23.3 $\mu S.cm^{-1}g^{-1}$.

Keywords: Perilla, Camelina, seed quality, yield potential

คำนำ

งาขี้ม้อน (*Perilla frutescens*) พืชน้ำมันชนิดนี้พบมากในหลายประเทศแถบเอเชียตะวันออกและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นพืชตระกูลมิ้นท์ใช้ประกอบอาหารหลากหลายในหลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น (ชื่อญี่ปุ่น: shiso) เกาหลี และจีน เมล็ดมีขนาดเล็กเหมือนเมล็ดงา มีน้ำมันในเมล็ดสูงถึง 31-51% สารสกัดจากเมล็ดเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็น (นัย, 2525)

คาเมลีน่า (*Camelina sativa*) เป็นพืชน้ำมันอีกชนิดหนึ่งที่มีความเป็นไปได้ต่อการพัฒนาการผลิตในประเทศไทย เนื่องจากเป็นพืชที่ให้น้ำมันในเมล็ดสูงถึง 30-40% น้ำมันจากเมล็ดคาเมลีนาสามารถใช้ในอุตสาหกรรมเคมี ยารักษาโรค เครื่องสำอาง และช่วยลดคลอเลสเตอรอล ลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจ เมล็ดคาเมลีน่าหาซื้อได้ในประเทศไทย แต่ไม่มีผู้ใดให้ความสนใจและยังไม่มีการศึกษาถึงประโยชน์อย่างจริงจัง คาเมลีน่าในประเทศไทยจึงเปรียบเสมือนวัชพืชตัวหนึ่งเท่านั้น (ไทยโพสต์, 2551)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและพัฒนา การให้ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของงาขี้ม้อนและคาเมลีน่าที่ผลิตขึ้นในสภาพแวดล้อมในจังหวัดเชียงใหม่เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนางาขี้ม้อนและคาเมลีน่าให้เป็นพืชเศรษฐกิจทางเลือกใหม่ให้เกษตรกร

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์งาขี้ม้อนและคาเมลีน่า
2. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า
3. ตู้อบไฟฟ้า
4. ตู้เพาะ
5. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า
6. เครื่องวัดความชื้นไฟฟ้า

วิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาการเจริญเติบโต การพัฒนาและศักยภาพการให้ผลผลิตของงาขี้ม้อนและคาเมลีน่า วางแผนการทดลองแบบ RCBD 2 สิ่งทดลอง 3 ซ้ำ ณ แปลงวิจัยภาควิชาพืชไร่ คณะผลิต-กรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ โดยปลูกเป็นแถว งาขี้ม้อนระยะระหว่างต้น 25 ถึง เซนติเมตร ระหว่างแถว 50 เซนติเมตร คาเมลีน่าระยะระหว่างต้น 20 ถึง 25 เซนติเมตร ระหว่างแถว 40 เซนติเมตร แล้วกลบบางๆ

การทดลองที่ 2 การศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ CRD 2 สิ่งทดลอง 3 ซ้ำ มีดังนี้ การตรวจสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ โดยวิธีการอบด้วยความร้อน ใช้ตัวอย่างซ้ำละ 5 กรัม อุณหภูมิ 103$\pm$2 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง

การทดสอบความงอก เพาะบนกระดาษแบ่งเส้นเป็นตาราง 10x10 ช่อง ใช้ 2 ชั้น งาขี้ม้อนใช้อุณหภูมิ 20 ถึง 30 องศาเซลเซียส เวลาในการเพาะ 14 วัน (first count วันที่ 5 และ final count วันที่ 14) ส่วนคาเมลีน่าใช้อุณหภูมิ 20 ถึง 30 องศาเซลเซียส เวลาในการเพาะ 10 วัน (first count วันที่ 4 และ final count วันที่ 10)

การเร่งอายุ โดยจัดให้เมล็ดได้รับสภาพความเครียด (stress condition) หรือสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมช่วงสั้นๆ โดยนำเมล็ดไปไว้ในที่อุณหภูมิอุณหภูมิ 40-45$\pm$0.3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง (ISTA, 2003) แล้วทดสอบความงอก

การทดสอบค่าการนำไฟฟ้า ใช้เมล็ด 1 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร เก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ผลศึกษาการเจริญเติบโต การพัฒนาและศักยภาพการให้ผลผลิตของงาขี้ม้อนและคาเมลีน่า พบว่างาขี้ม้อนแบ่งออกได้เป็น 6 ระยะ เรียงลำดับดังนี้ sowing-emergence ใช้เวลา 6 วัน, primary leaf ใช้เวลา 10 วัน, beginning bloom ใช้เวลา 70 วัน, full bloom ใช้เวลา 79 วัน, beginning seed ใช้เวลา 88 วัน และ maturity ใช้เวลา 118 วัน ตามลำดับ ซึ่งแต่ละระยะการเจริญเติบโตใช้เวลาแตกต่างกัน และมีระยะเวลาเมล็ดสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยวหลังปลูก 118 วัน (Table 1) ส่วนคาเมลีน่าแบ่งออกเป็น 7 ระยะ ดังนี้ sowing-emergence ใช้เวลา 4 วัน, primary leaf ใช้เวลา 9 วัน, beginning bloom ใช้เวลา 41 วัน, beginning pods ใช้เวลา 47 วัน, full bloom ใช้เวลา 58 วัน, full pods ใช้เวลา 65 วัน และ maturity ใช้เวลา 79 วัน ตามลำดับ ซึ่งแต่ละระยะการเจริญเติบโตใช้เวลาแตกต่างกัน และมีระยะเวลาเมล็ดสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยวหลังปลูก 79 วัน (Table 2) งาขี้ม้อนมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 1.686 กรัม ซึ่งสูง

กว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากคาเมลีน่าที่มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 0.983 กรัม ผลผลิตต่อไร่ไม่มีความแตกต่างกัน คาเมลีน่าให้ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 202.39 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนงาขี้ม้อนให้ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 192.59 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3)

การทดลองที่ 2 ผลการศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของงาขี้ม้อนและคาเมลีน่า พบว่าความบริสุทธิ์ทางกายภาพของเมล็ด (pure seed) ไม่มีความแตกต่างกัน งาขี้ม้อนมีความบริสุทธิ์ทางกายภาพเฉลี่ย 98.63% ส่วนคาเมลีน่ามีความบริสุทธิ์ทางกายภาพเฉลี่ย 97.94% (Table 4)

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บรักษา 1 สัปดาห์ของคาเมลีน่าและงาขี้ม้อน พบว่าคาเมลีน่ามีความชื้นของเมล็ดเฉลี่ย 8.19% ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากงาขี้ม้อนที่มีความชื้นของเมล็ดเฉลี่ย 7.45% ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บรักษา 5 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน คาเมลีน่ามีความชื้นของเมล็ดเฉลี่ย 7.97% ส่วนงาขี้ม้อนมีความชื้นของเมล็ดเฉลี่ย 7.34% ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บรักษา 9 สัปดาห์ พบว่าคาเมลีน่ามีความชื้นของเมล็ดเฉลี่ย 7.95% ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากงาขี้ม้อนที่มีความชื้นของเมล็ดเฉลี่ย 7.42% (Table 4)

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บรักษา 1 สัปดาห์ พบว่าคาเมลีน่ามีความงอกเฉลี่ย 95.92% ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากงาขี้ม้อนที่มีความงอกเฉลี่ย 36.83% ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บรักษา 5 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน คาเมลีน่ามีความงอกเฉลี่ย 91.67% ส่วนงาขี้ม้อนมีความงอกเฉลี่ย 90.08% ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บรักษา 9 สัปดาห์คาเมลีน่ามีความงอกเฉลี่ย 78.75% ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากงาขี้ม้อนที่มีความงอกเฉลี่ย 48.08% (Table 4)

การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์หลังเก็บรักษา 1 สัปดาห์ พบว่าคาเมลีน่ามีความงอกเฉลี่ย 68.71% ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากงาขี้ม้อนที่มีความงอกเฉลี่ย 48.04% การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์หลังเก็บรักษา 5 สัปดาห์ พบว่างาขี้ม้อนมีความงอกเฉลี่ย 81.75% ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากคาเมลีน่าที่มีความงอกเฉลี่ย 64.63% การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์หลังเก็บรักษา 9 สัปดาห์ พบว่าคาเมลีน่ามีความงอกเฉลี่ย 56.58% ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากงาขี้ม้อนที่มีความงอกเฉลี่ย 15.14% (Table 4)

ค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์หลังเก็บรักษา 1 สัปดาห์ พบว่าคาเมลีน่ามีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 75.9 $\mu S.cm^{-1}g^{-1}$ ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากงาขี้ม้อนที่มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 19.1 $\mu S.cm^{-1}g^{-1}$ ค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์หลังเก็บรักษา 5 สัปดาห์ พบว่าคาเมลีน่ามีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 90.7 $\mu S.cm^{-1}g^{-1}$ ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากงาขี้ม้อนที่มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 20.0 $\mu S.cm^{-1}g^{-1}$ ค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์หลังเก็บรักษา 9 สัปดาห์ พบว่าคาเมลีน่ามีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 99.7 $\mu S.cm^{-1}g^{-1}$ ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากงาขี้ม้อนที่มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 23.3 $\mu S.cm^{-1}g^{-1}$ (Table 4)

Table 1 Duration stage of the growth and development of perilla (*Perilla frutescencs*)

Stages of the growth and development	Days after sowing
Sowing-Emergence	6
Primary leaf	10
Beginning bloom	70
Full bloom	79
Beginning seed	88
Seed maturity	118

Table 2 Duration stage of the growth and development of camelina (*Camelina sativa*)

Stages of the growth and development	Days after sowing
Sowing-Emergence	4
Primary leaf	9
Beginning bloom	41
Beginning pods	47
Full bloom	58
Full pods	65
Seed maturity	79

Table 3 Yields and yield components of perilla (*Perilla frutescencs*) and camelina (*Camelina sativa*)

Yields and yield components	Camelina	Perilla	F-test	LSD .05	LSD .01	CV. (%)
Pod per plant	902.8[b]	4169.6[a]	*	2980.7	6875	33.50
Seed per pod	9.6[a]	3.8[b]	**	1.1	2.6	4.70
Seed wieght 1,000 (g.)	0.983[b]	1.686[a]	*	0.345	0.796	7.36
Seed wieght per plant (g.)	10.120	15.046	ns	5.616	12.954	12.70
Bio mass (g./plant)	25.188[b]	65.617[a]	**	5.928	13.674	3.72
Harvesting Index (%)	40.53[a]	23.00[b]	*	11.54	26.62	10.34
Seed yield (kg./rai)	202.39	192.59	ns	138.44	319.31	11.17

Note : 1) Different alphabets within rows indicated of significant difference between the characters

2) *, ** indicated p>.05 and p>.01 probability levels respectively

Table 4 Seed quality of perilla (*Perilla frutescencs*.) and camelina (*Camelina sativa*.)

Seed character testing	Storage (week)	Camelina	Perilla	F-test	LSD .05	LSD .01	CV. (%)
Physical purity analysis (%)		97.9	98.6	ns	3.55	8.19	1.03
Seed moisture test (%)	1	8.19[a]	7.45[b]	*	0.49	1.12	1.77
	5	7.97	7.34	ns	0.7	1.62	2.62
	9	7.95[a]	7.42[b]	*	0.47	1.08	1.73
Germination test (%)	1	95.92[a]	36.83[b]	**	13.06	30.13	5.6
	5	91.67	90.08	ns	6.03	13.91	1.89
	9	78.75[a]	48.08[b]	**	10.94	25.24	4.91
Accelerated Ageing (AA) test (%)	1	68.71[a]	48.04[b]	**	6.64	15.32	3.24
	5	64.63[b]	81.75[a]	*	8.25	19.02	3.21
	9	56.58[a]	15.14[b]	**	5.31	12.24	4.22
Electrical Conductivity test ($\mu S.cm^{-1} g^{-1}$)	1	75.9[a]	19.1[b]	**	8.55	19.73	5.13
	5	90.7[a]	21.0[b]	**	11.99	27.66	6.11
	9	99.7[a]	23.3[b]	**	13.48	31.09	6.24

Note : 1) Different alphabets within rows indicated of significant difference between the characters

2) *, ** indicated p>.05 and p>.01 probability levels respectively

วิจารณ์ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตและการพัฒนาของงาขี้ม้อนแบ่งออกเป็น 6 ระยะ เริ่มออกดอกเมื่ออายุ 70 วันหลังปลูก และเมล็ดสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 118 วันหลังปลูก ส่วนการเจริญเติบโตและการพัฒนาของคาเมลีน่าแบ่งออกเป็น 7 ระยะ เริ่มออกดอกเมื่ออายุ 41 วันหลังปลูก และเมล็ดสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 79 วันหลังปลูก เมื่อปลูกในฤดูปลายฝน (สิงหาคม-พฤศจิกายน) ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้องกับคาเมลีน่าที่ปลูกในสหรัฐอเมริกาก็จะออกดอกเมื่ออายุ 42-46 วันหลังปลูก และเมล็ดสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยว 77-81 วันหลังปลูก (Putnam *et al.*, 1993)

คาเมลีน่ามีผลผลิตต่อไร่มากที่สุดเฉลี่ย 202.39 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงกว่าคาเมลีน่าที่ปลูกใน Rosemount, Minnesota, U.S.A. มีผลผลิต 1,218 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ หรือ 194.88 กิโลกรัมต่อไร่ (Putnam *et al.*, 1993) ส่วนงาขี้ม้อนมีผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 192.59 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าผลผลิตงาขี้ม้อนที่ปลูกในประเทศเกาหลีใต้มีผลผลิตเมล็ดที่ผลิตเป็นการค้าเฉลี่ย 770 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ หรือ 123.2 กิโลกรัมต่อไร่เท่านั้น (Lee *et al.*, 1989)

ความบริสุทธิ์ทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับความบริสุทธิ์ทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์พืชไร่ตามมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ พบว่าเมล็ดพันธุ์ของงาขี้ม้อนและคาเมลีน่ามีความบริสุทธิ์ทางกายภาพ 98.63 และ 97.94% ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเมล็ดพันธุ์พืชไร่ ทำนองเดียวกับเมล็ดพันธุ์งามีมาตรฐานความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์อยู่ที่ 97% (นิตย์, 2551) เนื่องจากยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ของงาขี้ม้อนและคาเมลีน่า ดังนั้นจึงนำงามาใช้เปรียบเทียบเพราะว่าเป็นพืชน้ำมันเหมือนกัน

งาขี้ม้อนและคาเมลีน่ามีความชื้นของเมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 7.4 และ 8.0% ตามลำดับ มีความใกล้เคียงกับความชื้นของเมล็ดพันธุ์งา ทานตะวัน และคำฝอย ตามมาตรฐานคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ คือ มีความชื้น 8, 9.5 และ 8% ตามลำดับ (สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าวกรมการข้าว, 2547) ซึ่งเป็นระดับความชื้นที่ทำให้อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้นานขึ้น

ความงอกของเมล็ดพันธุ์หลังเก็บรักษา 1, 5 และ 9 สัปดาห์ พบว่าคาเมลีน่ามีความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลงจาก 95.92, 91.67 และ 78.75% ตามลำดับ ส่วนงาขี้ม้อนมีความงอกของเมล็ดพันธุ์ 36.83, 90.08 และ 48.08% ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองและงาตามมาตรฐานเมล็ดพันธุ์จำหน่าย มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 65 และ 70% ตามลำดับ (สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว, 2547) พบว่าเมล็ดพันธุ์ของคาเมลีน่าหลังเก็บรักษา 1, 5 และ 9 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเมล็ดพันธุ์อย่างชัดเจน ส่วนงาขี้ม้อนในการเก็บรักษาสัปดาห์แรกมีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ เมื่อทดสอบความงอกหลังเก็บรักษา 5 สัปดาห์ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ แสดงว่าเมล็ดพันธุ์งาขี้ม้อนอาจจะพักตัว สอดคล้องกับการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์งาขี้ม้อนจาก 4 แหล่งปลูกในประเทศญี่ปุ่น มีความงอกเพียง 0-14% ในช่วง 2 เดือนแรกหลังการเก็บเกี่ยว (Tominaga and Nitta, 1998)

การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์หลังเก็บรักษา 1 สัปดาห์ พบว่าคาเมลีน่ามีความงอกของเมล็ดพันธุ์มากเฉลี่ย 68.71% หลังเก็บรักษา 5 สัปดาห์ พบว่างาขี้ม้อนมีความงอกของเมล็ดมากเฉลี่ย 81.75% และการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์หลังเก็บรักษา 9 สัปดาห์ พบว่า คาเมลีน่ามีความงอกของเมล็ดมากเฉลี่ย 56.58% ผลจากการเร่ง

อายุเมล็ดพันธุ์เปอร์เซ็นต์ความงอกมีความสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์ความงอกจากการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของงาขี้ม้อนและคาเมลีน่าได้

ค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์หลังเก็บรักษา 1, 5 และ 9 สัปดาห์ พบว่าคาเมลีน่ามีค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์มากเฉลี่ย 75.9, 90.7 และ 99.7 $\mu S.cm^{-1}g^{-1}$ ตามลำดับ ผลจากการวัดค่าการนำไฟฟ้าไม่มีความสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ เพราะคาเมลีน่ามีค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดสูงกว่างาขี้ม้อนมากเปอร์เซ็นต์ความงอกจะต้องต่ำกว่างาขี้ม้อน เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่มีสารอินทรีย์รั่วมาก จะมีค่าการนำไฟฟ้าสูง จึงจัดว่าเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงต่ำ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่มีสารรั่วน้อย จัดว่าเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูง (นิตย์, 2551)

สรุปผลการวิจัย

การประเมินศักยภาพการพัฒนาการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของงาขี้ม้อนและคาเมลีน่า ผลการศึกษาพบว่างาขี้ม้อนมีอายุสุกแก่เก็บเกี่ยวยาวกว่าคาเมลีน่า และเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการทดลองกับผลผลิตจากต่างประเทศ พบว่าผลผลิตที่ได้นั้นสูงเทียบเท่าหรือมากกว่าต่างประเทศ แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มองค์ประกอบผลผลิตโดยเฉพาะจำนวนฝักต่อต้นให้มากยิ่งขึ้นโดยการจัดการไร่และธาตุอาหารในช่วงการพัฒนาทางใบและลำต้นที่ดี น่าจะส่งผลต่อผลผลิตต่อไร่เพิ่มสูงขึ้น ในทำนองเดียวกันการเพิ่มขนาดเมล็ดหรือน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ให้มากขึ้นก็น่าจะส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของพืชน้ำมันทั้ง 2 ชนิด ซึ่งผลที่ได้เป็นแนวโน้มที่ดีและสามารถพัฒนาให้เป็นพืชเศรษฐกิจทางเลือกใหม่ ให้เกษตรกรได้ในอนาคตอันใกล้

การศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของงาขี้ม้อนและคาเมลีน่า ผลการศึกษาพบว่าคาเมลีน่ามีคุณภาพเมล็ดพันธุ์สูงกว่างาขี้ม้อนหลังจากเก็บรักษา 9 สัปดาห์ ภายใต้สภาพอุณหภูมิห้อง การทดสอบค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์นั้นไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของคาเมลีน่าได้ เพราะมีค่า EC สูงมาก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ที่ได้สนับสนุนเงินทุนในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ไทยโพสต์. 2551. **แกะรอยพืชโบราณ**. จาก *http://www.thaienv.com* [7 มิถุนายน 2551].

นัย บำรุงเวช. 2525. “งาขี้ม้อน”. **โลกเกษตร.** 2(8): 42-43.

นิตย์ ศกุนรักษ์. 2551. **ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์และวิเคราะห์**. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าวกรมการข้าว. 2547. **มาตรฐานเมล็ดพันธุ์จำหน่าย.** จาก *http://www.doa.go.th* [7 ธันวาคม 2552].

International Rules for Seed Testing Edition 2003. 2003. **Adopted at the Extraordinary 2002.** Santa Cruz, Bolivia. Switzerland: The International Seed Testing Association (ISTA).

Lee, J., E. Han, H. Park and J. Bang. 1989. Review of the research result on perilla and its prospects in Korea. **Proceedings of national symposium on oil crop production and its utilization.** Crop Experiment Station, Rural Development Administration, Suwon, Korea.

Putnam, D.H., J.T. Budin, L.A. Field, and W.M. Breene. 1993. Camelina: A Promising Low-Input Oilseed. *In:* J. Janick and J.E. Simon (eds.) **New crops.** New York. pp. 314-322.

Tominaga, T. and M. Nitta. 1998. Variation in seed germination of cultivated and weedy perilla (*Perilla frutescens*.). **Journal of Weed Science and Technology.** [Online] 43(1): 43-48. Available http://ci.nii.ac.jp/naid/110000.930696/en. (17 December 2009).

Figure 1 Agricultural characteristic of perilla (*Perilla frutescencs*.)

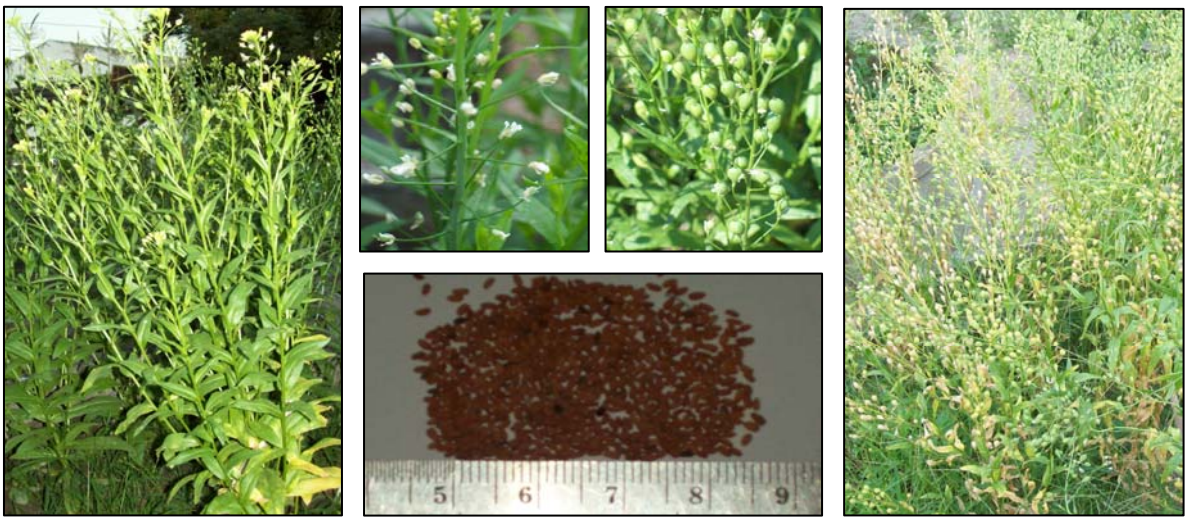


Figure 2 Agricultural characteristic of camelina (*Camelina sativa*.)

การระบุชนิดของ Cannabinoids ในเฮมพ์ (*Cannabis sativa* L.) พันธุ์ไทย

Identification Types of Cannabinoids in Hemp (*Cannabis sativa* L.) Thai Cultivars

สุทธิรักษ์ ผลเจริญ[1] เศรษฐา ศิริพินทุ์[1*] ดนุวัต เพ็งอ้น[1] และวีรชัย พุทธวงศ์[2]

Suttirak Plonjarean[1] Settha Siripin[1*] Danuwat Peng-ont[1] and Weerachai Phutdhawong[2]

[1]ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chaing Mai, Thailand 50290

[2]Department of Chemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, Thailand 73140

*Corresponding author: settha@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การระบุชนิดของสารเสพติด cannabinoids ในเฮมพ์ (กัญชง) มีวิธีการวิเคราะห์หลายวิธี ในการศึกษานี้ได้วิเคราะห์โดยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถวิเคราะห์ชนิดของสารเสพติด cannabinoids ในเฮมพ์พันธุ์ไทยทั้ง 9 พันธุ์ได้ โดยพบว่า มีสารเสพติด cannabinoids 4 ชนิด และมีปริมาณที่แตกต่างกัน ได้แก่ THC, CBN, CBC และ CBD มีค่าอยู่ระหว่าง 6.520-59.377, 1.292-5.154, 0-2.858 และ 9.584-39.714% ของพื้นที่ใต้พีค ตามลำดับ โดยพันธุ์ปางตองมีสาร THC มากที่สุด พันธุ์เวียดนาม มีสาร CBN มากที่สุด พันธุ์ปางอุ๋งมีสาร CBC มากที่สุด และพันธุ์เวียดนามมีสาร CBD มากที่สุด ผลการศึกษานี้สามารถยืนยันได้ว่าวิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS เป็นวิธีที่รวดเร็วและไม่ยุ่งยากสำหรับตรวจหาชนิดและปริมาณของสารเสพติดของสารกลุ่ม cannabinoids ในเฮมพ์พันธุ์ไทย

คำสำคัญ: สารเสพติดกลุ่ม cannabinoids เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) เฮมพ์ (กัญชง)

Abstract

Identification types of cannabinoids in *Hemp (Cannabis sativa* L.) has been analyzed of several methods. In this study, A gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) was detected 4 types of cannabinoids in 9 *Cannabis sativa* L. cultivars in Thailand. The results were revealed that the different *Cannabis sativa* L. cultivars showed the different levels of cannabinoids such as: THC, CBN, CBC and CBD, in the range 6.520-59.377, 1.292-5.154, 0-2.858 and 9.584-39.714% of peak area, respectively. Pang-Thong had produced the highest THC content, Vietnam had performed the highest CBN content, Pang-Oung had performed the highest CBC content and Vietnam had showed the highest CBD content. We confirmed GC-MS technique was rapidly and

simplify detected for evaluation the quantitative analysis and types of cannabinoids in *Cannabis sativa* L. Thailand cultivars.

Keywords: cannabinoids, gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS), Hemp *(Cannabis sativa* L.)

คำนำ

เฮมพ์ (กัญชง) จัดเป็นพืชเส้นใยที่มีความสำคัญ 1 ใน 13 ของโลก และจัดเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศ มีประโยชน์ในการผลิตปัจจัยสี่ของมนุษย์ เช่น สามารถนำไปถักทอเสื้อผ้า เชือก กระสอบ ทำกระดาษ หรือเครื่องใช้ต่างๆ เมล็ดสามารถนำมาเป็นอาหารคน สัตว์เลี้ยง และยังให้น้ำมัน โปรตีน ซึ่งสามารถนำไปผลิตเป็นน้ำมันซักแห้ง สบู่ เครื่องสำอาง หรือแม้กระทั่งเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง De Zeeuw *et al*. (1972)

เฮมพ์สามารถสังเคราะห์สารที่เรียกว่า cannabinoids ชนิดต่างๆ ที่มีโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกัน ได้แก่ 1) tetrahydrocannabinol (THC) ประกอบด้วยสารสองชนิดที่เป็น isomer กัน คือ Delta-9-tetrahydrocannabinol (Δ^9-THC) มีฤทธิ์ทางด้านจิตใจ ทำให้เกิดอารมณ์เคลิบเคลิ้มและเป็นสุข ถ้าเสพโดยการสูบจะออกฤทธิ์แรงกว่ารับประทาน และ Delta-8-tetrahydrocannabinol (Δ^8-THC) ไม่มีฤทธิ์ต่อจิตใจจึงไม่จัดเป็นสารเสพติด ทำให้เกิดอารมณ์เคลิบเคลิ้ม (Devane, 1992) 2) cannabidiol (CBD) 3) cannabinol (CBN) เป็นสารที่ได้จากการออกซิเดชันของ Delta-9-tetrahydrocannabinol มีฤทธิ์ทำให้เกิดการเสพติด 4) cannabicyclol (CBC) 5) cannabichromine (CBCh) 6) cannabinolic acid (CBNA) มีฤทธิ์ทำให้จิตใจสงบจัดเป็นยานอนหลับ 7) cannabichromenic acid (CBCHA) และ 8) cannabidivarol (Hazekamp *et al*.,2004) โดยปริมาณของสารแต่ละพันธุ์จะแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม เช่น ภูมิอากาศ ดิน และน้ำ ฯลฯ (Etienne *et al*., 2003)

ปัจจุบันเฮมพ์จัดเป็นพืชเสพติดประเภทที่ 5 เนื่องจากมีสารสารเสพติดประเภท tetrahydro-cannabinol (THC) มากกว่า 0.3% ซึ่งไม่สามารถปลูกได้ ยกเว้นเพื่อการศึกษาค้นคว้าวิจัยที่ถูกต้องตามกฎหมาย ในการศึกษาค้นคว้าวิจัยต้องขออนุญาตพิเศษ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลด้านต่างๆ ทั้งทางด้านเขตกรรมและข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพในด้านสารเคมี น้ำมันในเมล็ด การให้เส้นใยและเยื่อหรือประโยชน์ในลักษณะอื่นๆ ของกัญชงที่ปลูกในประเทศไว้โดยละเอียด อันจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับรองรับการพัฒนาให้กัญชงเป็นพืชเศรษฐกิจ จึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีวิเคราะห์เพื่อให้สามารถแยกสาร THC ซึ่งมีทั้ง Δ^8-THC และ Δ^9-THC ปนอยู่ ดังนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการศึกษาขณะนี้ คือ การวิเคราะห์เพื่อระบุสารเสพติดกลุ่ม cannabinoids โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) ในกัญชงจึงนับเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาและคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ รวมถึงการตรวจสอบพันธุ์เฮมพ์ที่ปลูกในประเทศไทยโดยไม่เป็นพืชเสพติด

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างสายพันธุ์กัญชง

พันธุ์ปางอุ๋ง, สองแคว, ปางแก, พบพระ, ปางตอง, แม่ตะละ, ห้วยหอย, ห้วยแล้ง และพันธุ์เวียดนาม

สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารเสพติด

เมทานอล analytical grade (Merck, USA), Sodium sulfate anhydrous (Na_2So_4) Ajax;, เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) Agilent; U.S., Column Capillary (HP-5MS)/30.0 m x 250 µm i.d.,0.25 µm และเครื่องกลั่นระบบสุญญากาศ (Rotary vacuum Evaporator) Buchi/R-114; Switzerlan, Membrane 0.45 micron และ Microsyringe 50 ml

การเปรียบเทียบแมสสเปคโทรเมตรีกับฐานข้อมูล

Public library: G1035A Wiley Library (Wiley7) และ National Institute of Standards and Technology, NIST NIST02 Mass Spectral Library

วิธีการทดลอง ทำการสกัดใบเฮมพ์โดยมีขั้นตอนการสกัด ดังนี้

1. วิธีการสกัด นำใบเฮมพ์สดมาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส บดให้เป็นผงละเอียด ชั่งใบ กัญชงที่อบ 5 g มาสกัดด้วย Methanol (CH_3OH) 60 ml และเขย่าใช้ระยะเวลาในการสกัด 24 ชั่วโมง กรองเอาสารละลายที่ใช้ในการสกัดออกมาด้วยกระดาษกรอง จากนั้นขจัดน้ำออกด้วยการเติม Sodium sulfate anhydrous (Na_2SO_4) และกรองเอา Sodium sulfate anhydrous (Na_2SO_4) ออกด้วยกระดาษกรอง

2. การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี นำสารละลายใบของเฮมพ์ที่สกัดได้มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบ โดยเทคนิควิเคราะห์สารตัวอย่างและพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารเป็นการยืนยันโครงสร้างและน้ำหนักโมเลกุลของสารโดยใช้เครื่องแก็สโครมาโตกราฟี [(Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)] ใช้วิธีอิเล็กตรอนอิมแพค [Electron Impact (EI) mode]

รายละเอียดและสภาวะการทำงานของเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS)

Model Agilent mobile phase He (1.0 ml/min) Column Capillary (HP-5MS)/30.0 m x 250 µm i.d.,0.25 µm Injector temperature 110ºC Detector temperature 300ºC/MS (EI) Oven temperature Program 1 min isothermal at 110ºC, then 20ºC/min to 300ºC ปริมาณการฉีด 1.0 µl เทคนิคการทำให้เกิดไอออน Electron Impact (EI), 70 eV

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลด้วยการแตกตัวของแมสสเป็คตรัมและตรวจสอบโดยฐานข้อมูล

ผลการวิเคราะห์การแยกชนิดของสารเสพติด cannabinoilds ในเฮมพ์ทั้ง 9 พันธุ์ ได้แก่ ปางอุ๋ง, สองแคว, ปางแก, พบพระ, ปางตอง, แม่ตะละ, ห้วยหอย, ห้วยแล้ง และพันธุ์เวียดนาม ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) พบว่า

พันธุ์ปางอุ๋ง สามารถตรวจพบสารเสพติด cannabinoilds 4 ชนิด ได้แก่ THC, CBC, CBD และ CBN มีค่าเท่ากับ 22.482, 2.858, 38.112 และ 4.659% ของพื้นที่ใต้พีค (ตารางที่ 1)

พันธุ์สองแคว สามารถตรวจพบสารเสพติด cannabinoilds 3 ชนิด ได้แก่ THC, CBC และ CBN มีค่าเท่ากับ 54.257, 2.191 และ 3.244% ของพื้นที่ใต้พีค แต่ไม่พบสารในกลุ่มของ CBD (ตารางที่ 1)

พันธุ์ปางแก สามารถตรวจพบสารเสพติด cannabinoilds 2 ชนิด ได้แก่ THC และ CBD มีค่าเท่ากับ 14.770 และ 9.584% ของพื้นที่ใต้พีค แต่ไม่พบสารในกลุ่มของ CBC และ CBN (ตารางที่ 1)

พันธุ์พบพระ สามารถตรวจพบสารเสพติด cannabinoilds 3 ชนิด ได้แก่ THC, CBN และ CBD มีค่าเท่ากับ 42.203, 3.039 และ 31.899% ของพื้นที่ใต้พีค แต่ไม่พบสารในกลุ่มของ CBC (ตารางที่ 1)

พันธุ์ปางตอง สามารถตรวจพบสารเสพติด cannabinoilds 3 ชนิด ได้แก่ THC, CBN และ CBC มีค่าเท่ากับ 59.377, 2.183 และ 2.137% ของพื้นที่ใต้พีค แต่ไม่พบสารในกลุ่มของ CBD (ตารางที่ 1)

พันธุ์แม่ตะละ สามารถตรวจพบสามารถตรวจพบสารเสพติด cannabinoilds 4 ชนิด ได้แก่ THC, CBC, CBD และ CBN มีค่าเท่ากับ 42.100, 1.424, 1.344 และ 22.734% ของพื้นที่ใต้พีค (ตารางที่ 1)

พันธุ์ห้วยหอย สามารถตรวจพบสารเสพติด cannabinoilds 4 ชนิด ได้แก่ THC, CBC, CBD และ CBN มีค่าเท่ากับ 41.948, 1.292, 1.055 และ 27.734% ของพื้นที่ใต้พีค (ตารางที่ 1)

พันธุ์ห้วยแล้ง สามารถตรวจพบสารเสพติด cannabinoilds 3 ชนิด ได้แก่ THC, CBN และ CBC มีค่าเท่ากับ 34.113, 1.292 และ 1.055% ของพื้นที่ใต้พีค แต่ไม่พบสารในกลุ่มของ CBD (ตารางที่ 1)

พันธุ์เวียดนาม สามารถตรวจพบสารเสพติด cannabinoilds 3 ชนิด ได้แก่ THC, CBN และ CBD มีค่าเท่ากับ 6.520, 5.154 และ 39.714% ของพื้นที่ใต้พีค แต่ไม่พบสารในกลุ่มของ CBC (ตารางที่ 1)

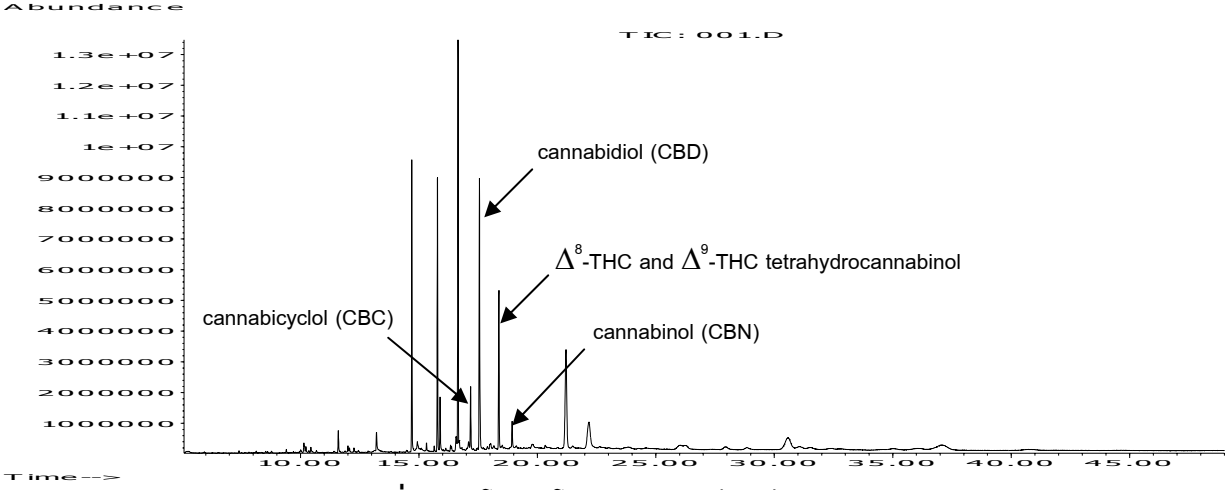
ตารางที่ 1 ผลของการวิเคราะห์สารเสพติด cannabinoids ในเฮมพ์ 9 พันธุ์ ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS)

พันธุ์	ชนิดของสารกลุ่ม cannabinoids (% พื้นที่ใต้พีค)			
	THC	CBN	CBC	CBD
ปางอุ๋ง	22.482	4.659	2.858	38.112
สองแคว	54.257	3.244	2.191	-
ปางแก	14.77	-	-	9.584
พบพระ	42.203	3.039	-	31.899
ปางตอง	59.377	2.183	2.137	-
แม่ตะละ	42.1	1.492	1.344	22.734
ห้วยหอย	41.948	1.292	1.055	27.643
ห้วยแล้ง	34.113	1.292	1.055	-
เวียดนาม	6.52	5.154	-	39.714

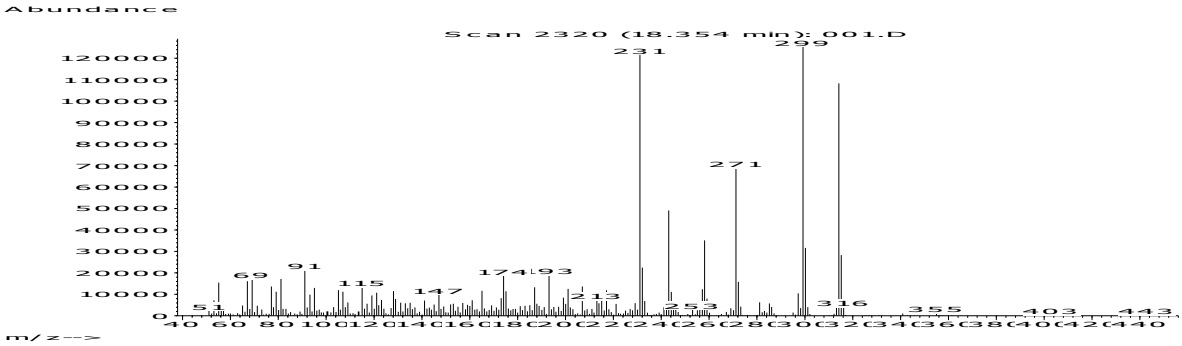
หมายเหตุ 1. % of Total เปอร์เซ็นต์รวมของพื้นที่ใต้พีคของสารแต่ละชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ใต้พีคทั้งหมด

การเปรียบเทียบแมสสเปคโทรเมตรีกับฐานข้อมูล

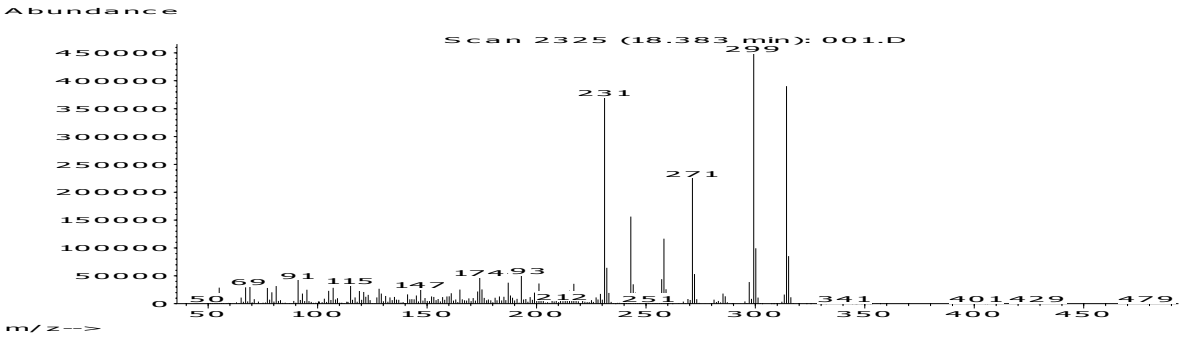
ผลการวิเคราะห์เพื่อระบุชนิดของสารเสพติด cannabinoids ในกัญชงสายพันธุ์ไทย ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) โดยการเปรียบเทียบแมสสเปคโทรเมตรีกับฐานข้อมูลใน Public library: G1035A Wiley Library (Wiley7) และ National Institute of Standards and Technology, NIST NIST02 Mass Spectral Library พบว่า สามารถตรวจพบสารเสพติด cannabinoids ที่สำคัญ ได้แก่ Δ^8-THC, Δ^9-THC, CBC, CBD และ CBN ซึ่งมีปริมาณเวลารีเทนชั่นที่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.350, 18.385, 17.080, 17.553 และ 18.930 นาที ตามลำดับ ดังภาพที่ 1-6



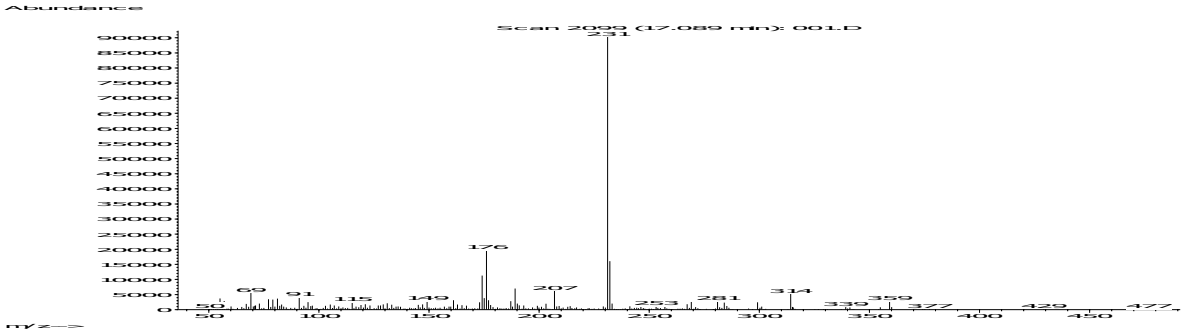
ภาพที่ 1 พีคโครมาโทรแกรมเฮมพ์พันธุ์ปางอุ๋ง



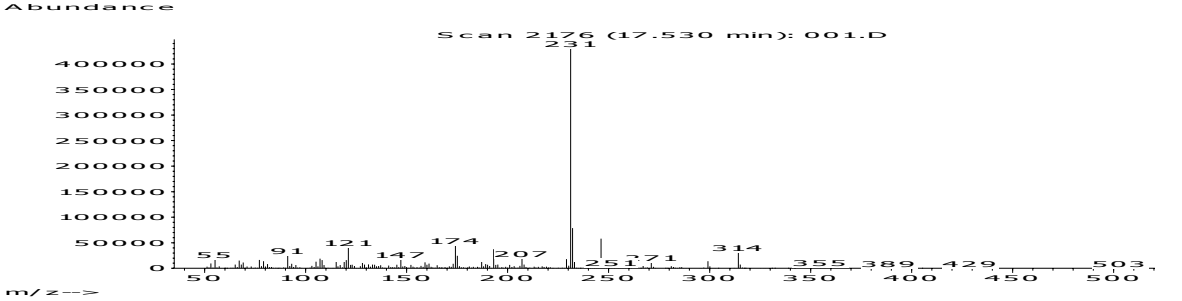
ภาพที่ 2 แมสสเป็กตรัม Δ^9-THC ของเฮมพ์พันธุ์ปางอุ๋ง ที่รีเทนชัน 18.354 นาที



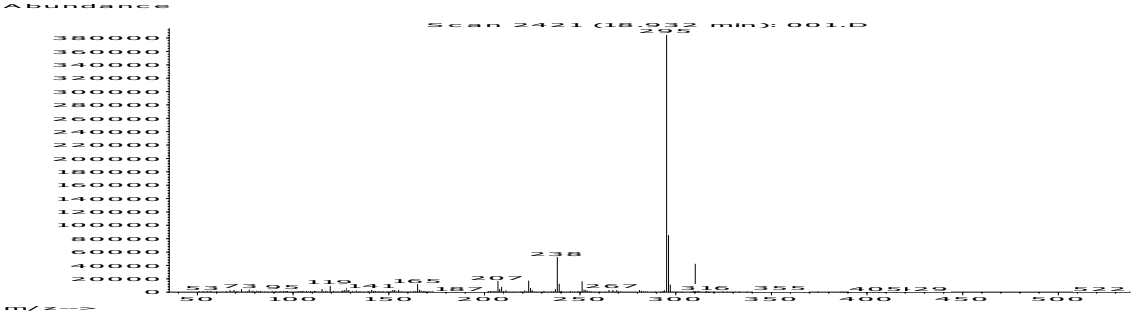
ภาพที่ 3 แมสสเป็กตรัม Δ^8-THC ของเฮมพ์พันธุ์ปางอุ๋ง ที่รีเทนชัน 18.383 นาที



ภาพที่ 4 แมสสเป็กตรัม CBC ของเฮมพ์พันธุ์ปางอุ๋ง ที่รีเทนชัน 17.089 นาที



ภาพที่ 5 แมสสเป็กตรัม CBD ของเฮมพ์พันธุ์ปางอุ๋ง ที่รีเทนชัน 17.530 นาที



ภาพที่ 6 แมสสเป็กตรัม CBN ของเฮมพ์พันธุ์ปางอุ๋ง ที่รีเทนชัน 18.932 นาที

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์การแยกชนิดของสารเสพติดในเฮมพ์ทั้ง 9 พันธุ์ ได้แก่ ปางอุ๋ง, สองแคว, ปางแก, พบพระ, ปางตอง, แม่ตะละ, ห้วยหอย, ห้วยแล้ง และพันธุ์เวียดนาม ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) มีสาร THC มีค่าอยู่ในช่วง 6.520-59.377% ของพื้นที่ใต้พีค พันธุ์เวียดนามมีสาร THC น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.520% ของพื้นที่ใต้พีค ส่วนพันธุ์ที่มีสาร THC มากที่สุดคือ พันธุ์ปางตอง มีค่าเท่ากับ 59.377% ของพื้นที่ใต้พีค, CBD มีค่าอยู่ในช่วง 9.584-39.714% ของพื้นที่ใต้พีค, CBC มีค่าอยู่ในช่วง 1.05-2.8585% ของพื้นที่ใต้พีค และ CBN มีค่าอยู่ในช่วง 1.292-5.154% ของพื้นที่ใต้พีค ปริมาณและชนิดของสารเสพติด cannabinoids แตกต่างกันเนื่องจากอิทธิพลของพันธุกรรมที่ใช้ที่เป็นพันธุ์ต่างกัน และสภาพแวดล้อม เช่น ภูมิอากาศ ดิน น้ำ ฯลฯ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Etienne *et al*., 2003

การตรวจหาหาชนิดของสารเสพติดกลุ่ม cannabinoids ในเฮมพ์พันธุ์ต่างกันทั้ง 9 พันธุ์ สามารถตรวจพบสาร THC และยังพบสาร CBD, CBN และ CBC ซึ่งสารทั้ง 4 ชนิดเป็น Biosynthesis ของ THC ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hildebert and Sabine (1996) สารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในเฮมพ์มีหลายชนิด แต่สารที่สำคัญที่สุดที่มีฤทธิ์ต่อสมอง และทำให้ร่างกาย อารมณ์ และจิตใจเปลี่ยนแปลงไปคือ สารในกลุ่ม THC มีสองชนิดที่เป็นสารออกฤทธิ์คือ Δ^9-THC และ CBD ส่วน Δ^8-THC ไม่มีฤทธิ์ต่อจิตใจจึงไม่จัดเป็นสารเสพติด ทำให้เกิดอารมณ์เคลิบเคลิ้ม CBN เป็นสารที่ได้จากการออกซิเดชันของ Δ^9-THC แต่ Δ^9-THC จัดเป็นสารประกอบส่วนใหญ่ในกัญชงที่ส่งผลกระทบต่อจิตและประสาทมากที่สุด โดยสารนี้มีลักษณะเป็นของเหลวคล้ายน้ำมัน ไม่ค่อยละลายน้ำ (Chadi, 2006) การเรียกชื่อสารเสพติดชนิดนี้โดยทั่วไปนิยมเรียกชื่อสั้นๆ ว่าสาร THC สารเสพติดที่พบในเฮมพ์มีอยู่ 2 สารที่เป็น Isomer กัน คือ Δ^8-THC และ Δ^9-THC โดย THC ที่พบนี้สามารถแยกและวิเคราะห์ผลด้วยการแตกตัวของแมสสเป็คตรัมที่เกิด และตรวจสอบโดยฐานข้อมูลของแมสสเป็คตรัม ซึ่งฐานข้อมูลที่ใช้คือ NIST และ Wiley7 โดยสาร THC มีสูตรโครงสร้างโมเลกุลเป็น $C_{21}H_{30}O_2$ มีน้ำหนักมวลโมเลกุลเท่ากับ 314.46 สอดคล้องกับรายงานของ Elsohly and Slade (2005) นอกจากนั้นยังพบกลุ่มของสารอื่นที่มีความใกล้เคียงกับ THC เช่น

Hexadecanoic acid, Cannabispirenone A, Cannabichromene, Cannabivarin เป็นต้น สอดคล้องกับรายงานของสุทธิรักษ์ และคณะ (2552)

ผลการทดลองที่ได้นี้สามารถบอกกลุ่มของสาร tetrahydrocannabinol (THC) cannabidiol (CBD) cannabinol (CBN) มีความเกี่ยวข้องกัน เนื่องจากในเฮมพ์ที่มีปริมาณ tetrahydrocannabinol (THC) สูงจะมีผลทำให้ cannabidiol (CBD) สูงตามไปด้วย จึงทำให้เฮมพ์มีฤทธิ์ที่เป็นสารเสพติดมาก และในอีกด้านถ้าผลการวิเคราะห์ตรวจพบมีสาร cannabinol (CBN) สูงจะทำให้ตรวจพบกลุ่มของ tetrahydrocannabinol (THC) cannabidiol (CBD) ในปริมาณที่ต่ำ ซึ่งเป็นสิ่งดีที่จะทำให้เฮมพ์พันธุ์นั้นมีฤทธิ์ที่เป็นสารเสพติดน้อย ข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้นเป็นผลมาจาก Biosynthesis parthway ของสาร THC ในกลุ่ม cannabinoids ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bruce and John (1973) ข้อมูลจากการทดลองนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้คัดเลือกพันธุ์เฮมพ์ที่มีสาร THC น้อยและส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

สุทธิรักษ์ ผลเจริญ เศรษฐา ศิริพินทุ์ ดนุวัติ เพ็งอ้น และวีรชัย พุทธวงศ์. 2552. การวิเคราะห์สารเสพติด tetrahydrocannabinol (THC) ในกัญชงพันธุ์ต่างกัน โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC/MS). **ว. วิทย์. กษ.** 40(3): 305-308.

Bruce, L.H. and John, D.R. 1973. Nuclear magnetic resonance spectroscopy ^{13}C fourier transformspectra of Δ-8-THC and Δ-9-tetrahydrocannabinol. **Proc. Nat. Acad. Sci**. 70(4): 1027-1029.

Chadi, A. 2006. Development and validation of the quantitation of Δ^9-tetrahydrocannabinol in human plasma by high performance liquid chromatography after solid-phase extraction. **Pharma. and Biom. Ana**. 41(3): 1011-1016.

Devane, W.A., L. Hanuš, A. Breuer, R.G. Pertwee, L.A. Stevenson, G. Griffin, D. Gibson, A. Mandelbaum, A. Etinger and R. Mechoulam. 1992. Isolation and structure of a brain constituent that binds to the cannabinoid receptor. **Sci**. 258: 1946-1949.

De Zeeuw, R. A., Th. M. Malingre and F. W. H. M. Merkus. 1972. Tetrahydrocannabinolic acid, an important component in the evaluation of *Cannabis* products. **Pharm. Pharmacology**. 24: 1-6.

Elsohly, M.A. and D. Slade. 2005. Chemical constituents of marijuana: The complex mixture of natural cannabinoids. **Life Sci**. 78: 539-548.

Etienne, P.M. de Meijer, B. Manuela, C. Andrea, C. Paola, M. Cristina, R. Paolo and M. Giuseppe. 2003. The inheritance of chemical phenotype in Cannabis sativa L. **Genetics**. 136: 335-346.

Hazekamp, A., Y. Hae Choi and R. Verpoorte. 2004. Quantitative Analysis of Canabinoids from *Cannabis sativa* Using ^{1}H NMR Chem. **Pharin. Bull**. 52(6): 718-721.

สาขาเกษตรศาสตร์:
ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

ความหลากชนิดของนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

Species Diversity of Birds at Maejo University, Chiang Mai Province

ประภากร ธาราฉาย

Prapakorn Tarachai

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: tarachai@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากชนิดของนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2551 - กรกฎาคม 2552 โดยใช้วิธี Line transect ใน 4 พื้นที่สำรวจ ดังนี้ พื้นที่สำรวจที่ 1 บริเวณคณะพัฒนาการท่องเที่ยว พื้นที่สำรวจที่ 2 บริเวณภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร พื้นที่สำรวจที่ 3 บริเวณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ และพื้นที่สำรวจที่ 4 บริเวณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ผลปรากฏว่า พบนกจำนวนทั้งสิ้น 94 ชนิด ใน 12 อันดับ 33 วงศ์ โดยแบ่งออกเป็นนกประจำถิ่นจำนวน 64 ชนิด และนกอพยพย้ายถิ่นจำนวน 30 ชนิด ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดนก หรือ Shannon index ของพื้นที่สำรวจที่ 3 มีค่ามากที่สุด คือ 3.46 ส่วนพื้นที่สำรวจที่ 1 มีค่าน้อยที่สุด คือ 3.13 ค่าดัชนีความคล้ายคลึงของชนิดนกที่พบในแต่ละสภาพถิ่นอาศัย (Community similarity) หรือ Sorensen index ปรากฏว่า พื้นที่สำรวจที่ 2 และ 3 มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกันของชนิดนกที่พบมากที่สุด คือ 0.87 ในขณะที่พื้นที่สำรวจที่ 1 และ 4 มีค่าน้อยที่สุด คือ 0.61

คำสำคัญ: มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ความหลากชนิดของนก

Abstract

Species diversity of birds at Maejo University, Chiang Mai province was studied during Aug-08 – Jul-09. A line transect method was used at 4 sampling sites, sampling site 1: school of tourism management, sampling site 2: department of Agronomy, faculty of Agricultural Production, sampling site 3: faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources and sampling site 4: faculty of Animal Science and Technology. A total number of bird species was 94 species in 33 families. There were divided to 64 resident and 30 winter visitor. A comparison of species diversity using Shannon index showed that, the highest species diversity index value was a sampling site 3, whereas the lowest value was a sampling site 1. Community similarity between sampling site using Sorensen index showed that the highest value of Sorensen index was sampling site 2 and 3 whereas sampling site 1 and 4 was the lowest index value.

Keywords: Maejo University, species diversity of bird

คำนำ

นกเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังจัดอยู่ใน Class Aves ซึ่งมีความหลากหลายของชนิดมาก มีรายงานว่าทั่วโลกพบนกจำนวนทั้งสิ้น 9,672 ชนิด (Sibley and Monroe, 1990) สำหรับประเทศไทย มีรายงานการพบนกจำนวนทั้งสิ้น 986 ชนิด (จารุจินต์ และคณะ, 2550) ประเภทของป่า การกระจายของพืชที่เป็นอาหาร ความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเล ฤดูกาล และการรบกวนจากมนุษย์ มีผลต่อการกระจายตัวของนก (บุญร่วม, 2529) ความซับซ้อนของป่าไม้ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดจำนวนและจำนวนชนิดนก (อู่แก้ว, 2531) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงจำนวนชนิดนกในแต่ละพื้นที่ยังขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของอาหารบริเวณที่อยู่อาศัย (โกเศศ และกำพล, 2542) กิจกรรมบางอย่างของมนุษย์จะมีผลต่อจำนวนชนิดของนก เช่น การล่าสัตว์ การเผาป่า และการตัดไม้เป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้ชนิดของนกบนดอยสุเทพและดอยปุยมีจำนวนลดลง (Round, 1984) ความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมจะมีผลทำให้ชนิดและปริมาณของนกลดลง (โกเศศ และกำพล, 2542) ซึ่ง ทวี (2527) ได้กล่าวถึงวิธีการจำแนกคุณภาพของสิ่งแวดล้อมโดยใช้ชนิดนกที่พบเป็นตัวแสดง โดยแบ่งตามลักษณะและคุณภาพสิ่งแวดล้อมออกเป็น 4 ระดับ คือ

1. คุณภาพสิ่งแวดล้อมไม่ดี สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปเป็นตึกรามบ้านช่องและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ไม่มีต้นไม้หรือพืชชนิดอื่นๆ มีประชากรมนุษย์หนาแน่นมาก มีมลพิษของเสียงและอากาศ นกที่พบส่วนมาก ได้แก่ นกกระจอกบ้าน นกพิราบป่า

2. คุณภาพสิ่งแวดล้อมพอใช้ สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปมีต้นไม้ปลูกอยู่อย่างกระจายเล็กน้อย มีสนามหญ้าเล็กๆ มีประชากรมนุษย์หนาแน่นพอสมควร มีเสียงรบกวนและอากาศเป็นพิษเป็นครั้งคราว นกที่พบส่วนมาก ได้แก่ นกเอี้ยง นกนางแอ่นบ้าน นกเขาใหญ่

3. คุณภาพสิ่งแวดล้อมดี สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปมีต้นไม้ ไม้พุ่ม และสนามหญ้ามาก มีที่อยู่อาศัยที่หากินของนกมาก มีประชากรมนุษย์น้อยไม่หนาแน่น ไม่ค่อยจะมีเสียงรบกวน อากาศดีและน้ำในแหล่งน้ำสะอาด นกที่พบส่วนมาก ได้แก่ นกอีแพรด นกกางเขนบ้าน นกกิ้งโครง นกกวัก นกอัญชัน และนกน้ำอื่นๆ

4. คุณภาพสิ่งแวดล้อมดีมาก สภาพที่อยู่อาศัยและที่หากินของนกดีมาก สามารถใช้เป็นที่สร้างรังวางไข่และเลี้ยงลูก มีที่คุ้มกันภัย มีประชากรมนุษย์อาศัยอยู่น้อยมาก ไม่มีเสียงรบกวนและมีแหล่งน้ำสะอาด นกที่พบส่วนมาก ได้แก่ นกขมิ้น นกกินปลี นกกาฝาก นกกะรางหัวหงอก อีกา นกยาง นกแซงแซว นกปรอด นกเป็ดน้ำ นกกระจิบ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ภายในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยมีทั้งอาคารสำนักงาน อาคารเรียน สวนป่า แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้ แปลงเพาะปลูกพืชไร่ บ่อเพาะเลี้ยงปลา แปลงหญ้าเลี้ยงสัตว์ และคอกเลี้ยงสัตว์ ส่งผลให้มีความหลากหลายของระบบนิเวศถิ่นอาศัยของนกมาก อย่างไรก็ตามมีนกบางชนิดที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลง ถ้าหากสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม หรือมีกิจกรรมจากมนุษย์บางอย่างก็อาจจะส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตและการพบเห็นของนกชนิดนั้นๆ ได้

ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลด้านความหลากชนิดของนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จึงไม่มีฐานข้อมูลที่จะใช้วางแผนทำงานด้านอนุรักษ์และการจัดการสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การวิจัยนี้จึงทำการศึกษาความหลากชนิดของนกในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของนกที่พบในพื้นที่มหาวิทยาลัยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่สำรวจ

ทำการสำรวจชนิดนกที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2551 - กรกฎาคม 2552 โดยแบ่งพื้นที่สำรวจออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

พื้นที่สำรวจที่ 1 บริเวณคณะพัฒนาการท่องเที่ยวและพื้นที่โดยรอบ ประกอบด้วย สำนักงานอธิการบดี และอุทยานกล้วยไม้ มีสภาพแวดล้อมเป็นอาคารเรียนและอาคารสำนักงาน สวนปาล์ม ไม้ยืนต้นขนาดใหญ่และไม้พุ่ม เช่น ต้นจามจุรี ต้นนนทรี ต้นไทร เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมของมนุษย์ทั้งวันโดยเฉพาะในวันและเวลาราชการ

พื้นที่สำรวจที่ 2 บริเวณภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร ในพื้นที่ประกอบด้วย นาข้าว แปลงพืชไร่ มีการเพาะปลูกพืชไร่หมุนเวียนหลายชนิด เช่น ข้าว ข้าวโพด ปอ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว เป็นต้น

พื้นที่สำรวจที่ 3 บริเวณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ในพื้นที่ประกอบด้วยบ่อเพาะเลี้ยงปลา อาคารเรียน และอาคารอนุบาลสัตว์น้ำ สภาพพื้นที่ค่อนข้างโล่ง บริเวณริมถนนและขอบบ่อเพาะเลี้ยงปลาจะมีหญ้าขึ้นปกคลุม

พื้นที่สำรวจที่ 4 บริเวณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ในพื้นที่ประกอบด้วย อาคารเรียน โรงชำแหละ คอกเลี้ยงสัตว์ และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ มีสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ค่อนข้างโล่ง และแห้งแล้ง มีไม้พุ่มขึ้นกระจัดกระจาย ไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ เช่น ต้นจามจุรี ต้นสัก ต้นไทร เป็นต้น

วิธีการสำรวจ

ทำการสำรวจนกโดยวิธี Line transect โดยการเดินสำรวจตามแนวถนนในพื้นที่สำรวจที่ได้กำหนดไว้แล้วเป็นประจำทุกเดือน ในแต่ละเส้นทางสำรวจจะใช้เวลาประมาณ 45 นาที โดยใช้กล้องส่องทางไกลขนาดกำลังขยาย 8 เท่า และกล้องเทเลสโคปขนาดกำลังขยาย 25 เท่า สำรวจนกจนทั่วทั้งพื้นที่ เมื่อพบนกจะทำการบันทึกชนิดและจำนวนนกที่พบในระยะที่ห่างจากตัวผู้สำรวจหรือแนวเส้นทางสำรวจไม่เกิน 60 เมตร

การรายงานผลการสำรวจชนิดนก

ชนิดและจำนวนนกที่พบในแต่ครั้งของการสำรวจจะนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดนก (Species diversity index) หรือ Shannon index ค่าความสม่ำเสมอของการพบนก (Evenness) ค่าดัชนีความคล้ายคลึงของชนิดนก (Community similarity) หรือ Sorensen index ตามที่อธิบายไว้ใน โอภาส (2542)

ผลการวิจัย

การศึกษาความหลากชนิดของนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2551 - กรกฎาคม 2552 ปรากฏว่า พบนกจำนวนทั้งสิ้น 94 ชนิด ใน 12 อันดับ 33 วงศ์ โดยแบ่งออกเป็นนกประจำถิ่นจำนวน 64 ชนิด และนกอพยพเข้ามาในช่วงฤดูหนาวจำนวน 30 ชนิด รายชื่อนกที่พบในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ทั้งหมดแสดงใน**ตารางภาคผนวกที่ 1** นกที่พบในพื้นที่สำรวจที่มีการกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้วนั้นมีจำนวนทั้งสิ้น 77 ชนิด ใน 31 วงศ์ แบ่งออกเป็นนกประจำถิ่นจำนวน 52 ชนิด และนกอพยพเข้ามาในช่วงฤดูหนาวจำนวน 25 ชนิด จำนวนชนิดนกที่พบพื้นที่สำรวจแสดงใน **ตารางที่ 1** พบว่า พื้นที่สำรวจที่ 4 มีจำนวนชนิดมากที่สุดคือ มีจำนวนทั้งสิ้น 64 ชนิด ส่วนพื้นที่สำรวจที่พบจำนวนชนิดนกน้อยที่สุดคือ พื้นที่สำรวจที่ 1 มีจำนวนชนิดนกทั้งสิ้นเท่ากับ 31 ชนิด

ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดนก หรือ Shannon index ในแต่ละพื้นที่สำรวจแสดงในตารางที่ 2 จากการสำรวจทั้งปี ปรากฏว่าพื้นที่สำรวจที่ 3 มีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดนกมากที่สุด คือ 3.46 ส่วนพื้นที่สำรวจที่ 1 มีค่าน้อยที่สุด คือ 3.13 เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดนกในแต่ละฤดูกาลจะพบว่า ในช่วงฤดูร้อนพื้นที่สำรวจที่ 2 มีค่าดัชนีมากที่สุด คือ 3.35 ส่วนฤดูฝนและฤดูหนาว พื้นที่สำรวจที่ 3 มีค่าดัชนีมากที่สุด คือ 3.32 และ 3.34 ตามลำดับ

ค่าความสม่ำเสมอในการพบนก (Evenness) ในพื้นที่สำรวจแสดงในตารางที่ 3 จากการสำรวจตลอดทั้งปีปรากฏว่า พื้นที่สำรวจที่ 1 มีค่าความสม่ำเสมอในการพบนกมากที่สุด คือ 0.91 ส่วนพื้นที่สำรวจที่ 4 มีค่าน้อยที่สุด คือ 0.78 เมื่อพิจารณาแต่ละฤดูกาลปรากฏว่า ในช่วงฤดูร้อนพื้นที่สำรวจที่ 2 มีค่าดัชนีความสม่ำเสมอในการพบนกมากที่สุด คือ 0.92 ส่วนในฤดูฝนและฤดูหนาว พื้นที่สำรวจที่ 3 มีค่าความสม่ำเสมอในการพบนกมากที่สุด คือ 0.91

ค่าดัชนีความคล้ายคลึงของชนิดนกในแต่ละสภาพถิ่นอาศัย (Community similarity) หรือ Sorensen index ของพื้นที่สำรวจแสดงในตารางที่ 4 จากการสำรวจนกตลอดทั้งปีปรากฏว่า พื้นที่สำรวจที่ 2 และ 3 มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกันของชนิดนกที่พบมากที่สุด คือ 0.87 ในขณะที่พื้นที่สำรวจที่ 1 และ 4 มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกันของชนิดนกน้อยที่สุด คือ 0.61 แสดงให้เห็นว่า ชนิดนกที่พบในทั้งสองพื้นที่นั้นมีความแตกต่างกันมาก เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความคล้ายคลึงของชนิดนกที่พบในแต่ละฤดูกาล พบว่า ในช่วงฤดูร้อน พื้นที่สำรวจที่ 2 และ 4 มีค่ามากที่สุด คือ 0.67 ในที่ขณะในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาวพื้นที่สำรวจที่ 2 และ 3 มีค่ามากที่สุด คือ 0.81 และ 0.83 ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาความหลากชนิดของนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2551 - กรกฎาคม 2552 พบว่า พื้นที่สำรวจที่พบจำนวนชนิดนกมากที่สุด คือ พื้นที่สำรวจที่ 4 รองลงมา คือ พื้นที่สำรวจที่ 2, 3 และ 1 ตามลำดับ แต่เมื่อคำนวณเป็นค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดนก หรือ Shannon index แล้วกลับพบว่า พื้นที่สำรวจที่ 3 มีค่าความหลากหลายของชนิดนกมากที่สุด รองลงมา คือ พื้นที่สำรวจที่ 2, 4 และ 1 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในพื้นที่สำรวจที่ 4 นั้น พบนกหลาย

ชนิดที่หากินรวมกันเป็นฝูงใหญ่มากในพื้นที่เดียวกัน เช่น นกนางแอ่นบ้าน นกเอี้ยงหงอน และนกกระจอกบ้าน ซึ่งพบหากินรวมกันเป็นจำนวนมากถึง 125, 64 และ 36 ตัว ตามลำดับ จึงทำให้เมื่อคำนวณเป็นค่า Shannon index แล้วทำให้ได้ค่าที่ลดลง เนื่องจากนกหลายชนิดจะใช้ Niche ร่วมกันในหลายๆ ด้าน เช่น การระวังภัยจากศัตรู การแลกเปลี่ยนข้อมูลด้านอาหาร โดยเฉพาะนกขนาดเล็ก (เอกลักษณ์, 2548) เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดนกในแต่ละพื้นที่สำรวจ พบว่า พื้นที่สำรวจที่ 3 มีค่ามากที่สุด ในฤดูฝนและฤดูหนาว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าพื้นที่สำรวจที่ 3 ประกอบด้วยบ่อเพาะเลี้ยงปลา อาคารเรียน พื้นที่ส่วนใหญ่มีสภาพค่อนข้างโล่ง บริเวณริมถนน และคันบ่อเพาะเลี้ยงปลาจะมีหญ้าขึ้นปกคลุม ส่งผลให้พบนกที่อาศัยและหากินในบริเวณทุ่งหญ้า ชายน้ำ พื้นที่น้ำท่วมขัง และนกที่อาศัยตามอาคารบ้านเรือนอยู่ในบริเวณเดียวกัน แต่เมื่อถึงฤดูร้อนกลับมีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดนกต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบ่อเพาะเลี้ยงปลาส่วนใหญ่จะมีการพักบ่อ ไม่มีน้ำขัง และพื้นที่ส่วนใหญ่มีต้นไม้ขึ้นอยู่น้อยจึงส่งผลให้ในช่วงนี้มีความหลากหลายของชนิดนกที่พบน้อยตามไปด้วย

ค่าความสม่ำเสมอของการพบนก หรือความสม่ำเสมอของการกระจายจำนวนตัวของนก (Evenness) ตลอดทั้งปีปรากฏว่า พื้นที่สำรวจที่ 1 มีค่ามากที่สุด ในขณะที่พื้นที่สำรวจที่ 4 มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ เอกลักษณ์ (2548) ที่พบว่า ในพื้นที่ที่มีจำนวนชนิดนกน้อยจะมีค่าความสม่ำเสมอของการพบนกสูง คือ จะมีความใกล้เคียงกันของจำนวนตัวของนกแต่ละชนิดที่พบในแต่ละครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากมีจำนวนชนิดและจำนวนตัวของนกที่พบค่อนข้างน้อยจึงทำให้เกิดการกระจายตัวในการใช้ Niche ในขณะที่พื้นที่สำรวจที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอของการพบนกน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในบางช่วงเวลาจะมีนกนางแอ่นบ้าน นกเอี้ยงหงอน และนกกระจอกบ้านมาหากินรวมกันเป็นฝูงใหญ่

เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีความคล้ายคลึงกันของชนิดนกที่พบในแต่ละสภาพถิ่นอาศัย หรือ Sorensen index ตลอดทั้งปี พบว่า พื้นที่สำรวจที่ 2 และ 3 มีค่ามากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะว่า พื้นที่สำรวจที่ 2 มีสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปเป็นนาข้าว แปลงเพาะปลูกพืชไร่ พืชไร่ที่ปลูกมีความหลากหลายของชนิดมากในบริเวณเดียวกัน เช่น ข้าว ข้าวโพด ปอ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ข้าวบาร์เลย์ กระเจี๊ยบ ทานตะวัน เป็นต้น ริมถนนมีคลองส่งน้ำและไม้ยืนต้น จึงทำให้พบชนิดนกคล้ายคลึงกับพื้นที่สำรวจที่ 3 มากที่สุด นอกจากนี้ทั้งสองพื้นที่สำรวจ ยังพบนกอพยพย้ายถิ่นเข้ามาในฤดูหนาวคล้ายคลึงกันอีกด้วย เช่น นกยางกรอกพันธุ์จีน นกชายเลนน้ำจืด และนกยอดหญ้าหัวดำ เป็นต้น

จากการบันทึกข้อมูล พบว่า ชนิดนกที่มีจำนวนตัวในการพบแต่ละครั้งมากที่สุด 3 อันดับแรกของแต่ละพื้นที่สำรวจ มีดังนี้ พื้นที่สำรวจที่ 1 พบนกเอี้ยงหงอน นกเอี้ยงสาริกา และนกแอ่นบ้าน จำนวน 24, 23 และ 20 ตัว ตามลำดับ พื้นที่สำรวจที่ 2 พบนกกระติ๊ดขี้หมู นกเอี้ยงหงอน และนกพิราบป่า จำนวน 40, 36 และ 30 ตัว ตามลำดับ พื้นที่สำรวจที่ 3 พบนกเอี้ยงหงอน นกแอ่นบ้าน และนกยางกรอกพันธุ์จีน จำนวน 36, 13 และ 12 ตัว ตามลำดับ และพื้นที่สำรวจที่ 4 พบนกนางแอ่นบ้าน นกเอี้ยงหงอน และนกกระจอกบ้าน จำนวน 125, 64 และ 36 ตัว ตามลำดับ เมื่อนำชนิดนกที่พบมากที่สุดในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้มาใช้เป็นดัชนีในการตัดสินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมตามหลักเกณฑ์ที่เสนอโดย ทวี (2527) พบว่า คุณภาพของสิ่งแวดล้อมในมหาวิทยาลัยแม่โจ้จะอยู่ในระดับพอใช้

นอกจากนี้ จากการสังเกตการพบนกในแต่ละครั้งของการสำรวจสรุปได้ว่า นกกลุ่มที่กินแมลงเป็นอาหารหลัก เช่น นกกางเขนบ้าน นกยอดหญ้าสีดำ นกจาบคาเล็ก นกกระจิบธรรมดา นกกระจิบหญ้าสีเรียบ มักพบในปริมาณน้อยและพบกระจายตัวอยู่ห่างๆ ในขณะที่นกเอี้ยงหงอน นกเอี้ยงสาริกา และนกกระจอก

บ้าน ซึ่งจัดเป็นนกกลุ่มที่กินอาหารได้หลายอย่างทั้งพืชและสัตว์ และสามารถทำรังตามอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (โอภาส, 2544) พบในปริมาณมากกว่าและมักจะหากินรวมกันเป็นฝูง โดยพบนกเอี้ยงสาริกาในพื้นที่ที่มีต้นไม้และมีสิ่งปลูกสร้างมากกว่านกเอี้ยงหงอน ในขณะที่นกเอี้ยงหงอนจะพบมากในพื้นที่ที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ และนาข้าว ส่วนนกกระจอกบ้านนั้นพบในทุกพื้นที่ศึกษาในปริมาณเท่าๆ กัน ในขณะที่นกที่กินผลไม้เป็นอาหารหลักและทำรังบนต้นไม้ เช่น นกปรอดสวน นกปรอดหัวสีเขม่า และนกตีทอง พบว่า มีจำนวนตัวและการกระจายตัวที่สัมพันธ์กับการมีอยู่ของต้นไม้ในพื้นที่โดยเฉพาะต้นไม้ที่ออกผลเป็นอาหารสำหรับนกได้

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความหลากชนิดของนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2551 - กรกฎาคม 2552 ปรากฏว่า พบนกจำนวนทั้งสิ้น 94 ชนิด ใน 12 อันดับ 33 วงศ์ โดยแบ่งออกเป็นนกประจำถิ่นจำนวน 64 ชนิด และนกอพยพย้ายถิ่นจำนวน 30 ชนิด เมื่อนำชนิดนกที่พบมากที่สุดในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้มาใช้เป็นดัชนีในการตัดสินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมในมหาวิทยาลัยตามหลักเกณฑ์ที่เสนอโดย ทวี (2527) พบว่า คุณภาพของสิ่งแวดล้อมในมหาวิทยาลัยแม่โจ้จะอยู่ในระดับพอใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

โกเศศ รัตนะ และกำพล มีสวัสดิ์. 2542. **ความหลากหลายของชนิดพันธุ์นกบริเวณป่าชุมชนต้นน้ำเทพา จังหวัดยะลาและสงขลา**. รายงานผลการวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย.

จารุจินต์ นภีตะภัฏ กานต์ เลขะกุล และวัชระ สงวนสมบัติ. 2550. **คู่มือดูนก หมอบุญส่ง เลขะกุล นกเมืองไทย**. คณะบุคคลนายแพทย์บุญส่ง เลขะกุล: กรุงเทพฯ. 465 น.

บุญร่วม สิงหากัน. 2529. **การกระจายของนกในวงศ์นกปรอด (Family Pycnonotidae) บนดอยสุเทพและดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

ทวี หนูทอง. 2527. การใช้นกเป็นตัวแสดงคุณภาพสิ่งแวดล้อม. **วนสาร.**

อู่แก้ว ประกอบไวทยกิจ บีเวอร์. 2531. **นิเวศวิทยา**. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช: กรุงเทพฯ. 346 น.

เอกลักษณ์ คันศร. 2548. **ความหลากหลายของชนิดนกบริเวณดอยผ้าห่มปก อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

โอภาส ขอบเขตต์. 2542. เทคนิคในการสำรวจนก. ใน **แนวทางในการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ**. โครงการจัดตั้งศูนย์ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 227 น.

โอภาส ขอบเขตต์. 2544. **นกในเมืองไทย เล่ม 5**. สำนักพิมพ์สารคดี: กรุงเทพฯ. 287 น.

Round P.D. 1984. The status and conservation of the bird community in Doi Suthep-Pui National Park,North-West Thailand. **Nat Hist. Bull. Siam Soc**. 32(1): 21-46.

Sibley, C.G. and B.L. Monroe Jr. 1990. **Distribution and Taxonomy of Birds of the World**. New Haven & Landon: Yale University Press. 1111 p.

ตารางที่ 1 จำนวนชนิดนกที่พบในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ในแต่ละพื้นที่สำรวจ

พื้นที่สำรวจ	นกประจำถิ่น	นกอพยพย้ายถิ่น	รวม
พื้นที่สำรวจที่ 1	27	4	31
พื้นที่สำรวจที่ 2	38	17	55
พื้นที่สำรวจที่ 3	36	12	48
พื้นที่สำรวจที่ 4	49	15	64

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดนก (species diversity index) หรือ Shannon index ที่พบในแต่ละพื้นที่สำรวจ

พื้นที่สำรวจ	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ตลอดทั้งปี
พื้นที่สำรวจที่ 1	2.81	2.98	2.76	3.13
พื้นที่สำรวจที่ 2	3.35	3.20	3.13	3.43
พื้นที่สำรวจที่ 3	2.68	3.32	3.34	3.46
พื้นที่สำรวจที่ 4	2.92	3.26	3.04	3.25

ตารางที่ 3 ค่าความสม่ำเสมอของการพบนก (Evenness) ที่พบในแต่ละพื้นที่สำรวจ

พื้นที่สำรวจ	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ตลอดทั้งปี
พื้นที่สำรวจที่ 1	0.88	0.90	0.87	0.91
พื้นที่สำรวจที่ 2	0.92	0.83	0.83	0.86
พื้นที่สำรวจที่ 3	0.81	0.91	0.91	0.89
พื้นที่สำรวจที่ 4	0.78	0.85	0.77	0.78

ตารางที่ 4 ค่าดัชนีความคล้ายคลึงของชุมชน (Community similarity) หรือ Sorensen index ของนกที่พบในแต่ละพื้นที่สำรวจ

พื้นที่สำรวจ	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ตลอดทั้งปี
พื้นที่สำรวจที่ 1&2	0.51	0.61	0.64	0.65
พื้นที่สำรวจที่ 1&3	0.63	0.71	0.63	0.71
พื้นที่สำรวจที่ 1&4	0.61	0.62	0.63	0.61
พื้นที่สำรวจที่ 2&3	0.61	0.81	0.83	0.87
พื้นที่สำรวจที่ 2&4	0.67	0.75	0.76	0.74
พื้นที่สำรวจที่ 3&4	0.64	0.73	0.73	0.73

ตารางภาคผนวกที่ 1 ชนิดนกที่พบในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ลำดับที่	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ชื่อไทย	สถานภาพ
1	*Acridotheres grandis*	White-vented Myna	นกเอี้ยงหงอน	ประจำถิ่น
2	*Acridotheres tristis*	Common Myna	นกเอี้ยงสาริกา	ประจำถิ่น
3	*Aegithina tiphia*	Common Iora	นกขมิ้นน้อยธรรมดา	ประจำถิ่น
4	*Alcedo atthis*	Common Kingfisher	นกกะเต็นน้อยธรรมดา	อพยพ
5	*Amaurornis phoenicurus*	White-breasted Waterhen	นกกวัก	ประจำถิ่น
6	*Anthus hodgsoni*	Olive-backed Pipit	นกเด้าดินสวน *	อพยพ
7	*Anthus rufulus*	Paddyfield Pipit	นกเด้าดินทุ่งเล็ก	ประจำถิ่น
8	*Apus nipalensis*	House Swift	นกแอ่นบ้าน	ประจำถิ่น
9	*Ardeola bacchus*	Chinese Pond Heron	นกยางกรอกพันธุ์จีน	อพยพ
10	*Artamus fuscus*	Ashy Woodswallow	นกแอ่นพง	ประจำถิ่น
11	*Bubulcus ibis*	Cattle Egret	นกยางควาย	อพยพ
12	*Butastur liventer*	Rufous-winged Buzzard	เหยี่ยวปีกแดง *	ประจำถิ่น
13	*Buteo buteo*	Common Buzzard	เหยี่ยวทะเลทราย *	อพยพ
14	*Cacomantis merulinus*	Plaintive Cuckoo	นกอีวาบตั๊กแตน	ประจำถิ่น
15	*Cecropis daurica*	Red-rumped Swallow	นกนางแอ่นตะโพกแดง *	อพยพ
16	*Cecropis striolata*	Striated Swallow	นกนางแอ่นลาย	ประจำถิ่น
17	*Centropus bengalensis*	Lesser Coucal	นกกะปูดเล็ก	ประจำถิ่น
18	*Centropus sinensis*	Greater Coucal	นกกะปูดใหญ่	ประจำถิ่น
19	*Charadrius dubius*	Little Ringed Plover	นกหัวโตเล็กขาเหลือง	อพยพ
20	*Cisticola exilis*	Bright-capped Cisticola	นกยอดข้าวหางแพนหัวแดง	ประจำถิ่น
21	*Cisticola juncidis*	Zitting Cisticola	นกยอดข้าวหางแพนลาย	ประจำถิ่น
22	*Columba livia*	Rock Pigeon	นกพิราบป่า	ประจำถิ่น
23	*Copsychus malabaricus*	White-rumped Shama	นกกางเขนดง *	ประจำถิ่น
24	*Copsychus saularis*	Oriental Magpie Robin	นกกางเขนบ้าน	ประจำถิ่น
25	*Coracias benghalensis*	Indian Roller	นกตะขาบทุ่ง	ประจำถิ่น
26	*Corvus macrorhynchos*	Large-billed Crow	อีกา	ประจำถิ่น
27	*Culicicapa ceylonensis*	Grey-headed Flycatcher	นกจับแมลงหัวเทา *	ประจำถิ่น

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ชื่อไทย	สถานภาพ
28	*Cyornis tickelliae*	Tickell's Blue Flycatcher	นกจับแมลงอกสัมท้องขาว	ประจำถิ่น
29	*Cypsiurus balasiensis*	Asian Palm Swift	นกแอ่นตาล	ประจำถิ่น
30	*Dendrocopos canicapillus*	Grey-capped Woodpecker	นกหัวขวานด่างแคระ	ประจำถิ่น
31	*Dendrocygna javanica*	Lesser Whistling-duck	เป็ดแดง	อพยพ
32	*Dicaeum cruentatum*	Scarlet-backed Flowerpecker	นกสีชมพูสวน	ประจำถิ่น
33	*Dicrurus macrocercus*	Black Drongo	นกแซงแซวหางปลา	ประจำถิ่น
34	*Dicrurus paradiseus*	Greater Racket-tailed Drongo	นกแซงแซวหางบ่วงใหญ่	ประจำถิ่น
35	*Egretta garzetta*	Little Egret	นกยางเปีย	อพยพ
36	*Elanus caeruleus*	Black-shouldered Kite	เหยี่ยวขาว *	ประจำถิ่น
37	*Eudynamys scolopacea*	Asian Koel	นกกาเหว่า	ประจำถิ่น
38	*Falco tinnunculus*	Common Kestrel	เหยี่ยวเคสเตรล *	อพยพ
39	*Ficedula albicilla*	Red-throated Flycatcher	นกจับแมลงคอแดง	อพยพ
40	*Francolinus pintadeanus*	Chinese Francolin	นกกระทาทุ่ง	ประจำถิ่น
41	*Gallinago gallinago*	Common Snipe	นกปากซ่อมหางพัด	อพยพ
42	*Geopelia striata*	Zebra Dove	นกเขาชวา	ประจำถิ่น
43	*Glaucidium cuculoides*	Asian Barred Owlet	นกเค้าโมง, นกเค้าแมว *	ประจำถิ่น
44	*Gracupica contra*	Asian Pied Myna	นกเอี้ยงด่าง	ประจำถิ่น
45	*Gracupica nigricollis*	Black-collared Myna	นกกิ้งโครงคอดำ	ประจำถิ่น
46	*Halcyon pileata*	Black-capped Kingfisher	นกกะเต็นหัวดำ	อพยพผ่าน
47	*Halcyon smyrnensis*	White-throated Kingfisher	นกกะเต็นอกขาว	ประจำถิ่น
48	*Hemiprocne coronata*	Crested Treeswift	นกแอ่นฟ้าหงอน	ประจำถิ่น
49	*Hirundo rustica*	Barn Swallow	นกนางแอ่นบ้าน	อพยพ
50	*Hirundo smithii*	Wire-tailed Swallow	นกนางแอ่นหางลวด	ประจำถิ่น
51	*Hypothymis azurea*	Black-naped Monarch	นกจับแมลงจุกดำ *	ประจำถิ่น
52	*Ixobrychus cinnamomeus*	Cinnamon Bittern	นกยางไฟธรรมดา	ประจำถิ่น
53	*Lanius collurioides*	Burmese Shrike	นกอีเสือหลังแดง	อพยพ
54	*Lanius cristatus*	Brown Shrike	นกอีเสือสีน้ำตาล	อพยพ
55	*Lanius schach*	Long-tailed Shrike	นกอีเสือหัวดำ	อพยพ

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ชื่อไทย	สถานภาพ
56	*Lonchura punctulata*	Scaly-breasted Munia	นกกระติ๊ดขี้หมู	ประจำถิ่น
57	*Lonchura striata*	White-rumped Munia	นกกระติ๊ดตะโพกขาว	ประจำถิ่น
58	*Luscinia calliope*	Siberian Rubythroat	นกคอทับทิม *	อพยพ
59	*Megalaima haemacephala*	Coppersmith Barbet	นกตีทอง	ประจำถิ่น
60	*Merops orientalis*	Green Bee-eater	นกจาบคาเล็ก	ประจำถิ่น
61	*Merops philippinus*	Blue-tailed Bee-eater	นกจาบคาหัวเขียว *	อพยพ
62	*Mirafra erythrocephala*	Indochinese Bushlark	นกจาบฝนปีกแดง	ประจำถิ่น
63	*Monticola solitarius*	Blue Rock Thrush	นกกระเบื้องผา	อพยพ
64	*Motacilla alba*	White Wagtail	นกอุ้มบาตร	อพยพ
65	*Motacilla cinerea*	Grey Wagtail	นกเด้าลมหลังเทา	อพยพ
66	*Nectarinia asiatica*	Purple Sunbird	นกกินปลีดำม่วง *	ประจำถิ่น
67	*Nectarinia jugularis*	Olive-backed Sunbird	นกกินปลีอกเหลือง	ประจำถิ่น
68	*Orthotomus sutorius*	Common Tailorbird	นกกระจิบธรรมดา	ประจำถิ่น
69	*Passer domesticus*	House Sparrow	นกกระจอกใหญ่	ประจำถิ่น
70	*Passer flaveolus*	Plain-backed Sparrow	นกกระจอกตาล	ประจำถิ่น
71	*Passer montanus*	Eurasian Tree Sparrow	นกกระจอกบ้าน	ประจำถิ่น
72	*Pernis ptilorhyncus*	Oriental Honey-buzzard	เหยี่ยวผึ้ง	ประจำถิ่น
73	*Phaenicophaeus tristis*	Green-billed Malkoha	นกบั้งรอกใหญ่	ประจำถิ่น
74	*Phoenicurus ochruros*	Black Redstart	นกเขนสีดำ *	อพยพ
75	*Phragmaticola aedon*	Thick-billed Warbler	นกพงปากหนา	อพยพ
76	*Phylloscopus fuscatus*	Dusky Warbler	นกกระจิ๊ดสีคล้ำ	อพยพ
77	*Phylloscopus inornatus*	Yellow-browed Warbler	นกกระจิ๊ดธรรมดา	อพยพ
78	*Ploceus philippinus*	Baya Weaver	นกกระจาบธรรมดา	ประจำถิ่น
79	*Prinia hodgsonii*	Grey-breasted Prinia	นกกระจิบหญ้าอกเทา	ประจำถิ่น
80	*Prinia inornata*	Plain Prinia	นกกระจิบหญ้าสีเรียบ	ประจำถิ่น
81	*Pycnonotus aurigaster*	Sooty-headed Bulbul	นกปรอดหัวสีเขม่า	ประจำถิ่น
82	*Pycnonotus blanfordi*	Streak-eared Bulbul	นกปรอดสวน	ประจำถิ่น
83	*Pycnonotus jocosus*	Red-whiskered Bulbul	นกปรอดหัวโขน	ประจำถิ่น

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ชื่อไทย	สถานภาพ
84	*Saxicola caprata*	Pied Bushchat	นกยอดหญ้าสีดำ	ประจำถิ่น
85	*Saxicola maurus*	Eastern Stonechat	นกยอดหญ้าหัวดำ	อพยพ
86	*Streptopelia chinensis*	Spotted Dove	นกเขาใหญ่	ประจำถิ่น
87	*Streptopelia tranquebarica*	Red Collared Dove	นกเขาไฟ *	ประจำถิ่น
88	*Sturnia malabarica*	Chestnut-tailed Starling	นกกิ้งโครงแกลบหัวเทา *	อพยพ
89	*Tachybaptus ruficollis*	Little Grebe	นกเป็ดผีเล็ก *	ประจำถิ่น
90	*Tringa glareola*	Wood Sandpiper	นกชายเลนน้ำจืด	อพยพ
91	*Tringa ochropus*	Green Sandpiper	นกชายเลนเขียว	อพยพ
92	*Turnix suscitator*	Barred Buttonquail	นกคุ่มอกลาย	ประจำถิ่น
93	*Upupa epops*	Common Hoopoe	นกกะรางหัวขวาน	ประจำถิ่น
94	*Vanellus indicus*	Red-wattled Lapwing	นกกระแตแต้แว้ด	ประจำถิ่น

หมายเหตุ * หมายถึงนกที่พบนอกพื้นที่สำรวจหรือนอกวันและเวลาที่สำรวจ

ความสัมพันธ์ระหว่างกลูมาลินและอินทรีย์คาร์บอนกับเสถียรภาพเม็ดดิน ภายใต้การใช้ที่ดินแบบต่าง ๆ

The Relationship between Glomalin-related Soil Protein, Organic Carbon and Soil Aggregate Stability in Soils under Various Land Uses

ศุภธิดา อ่ำทอง* พงษ์สุดา ศิรินิกร พิทวัส สุสิงสา และนงลักษณ์ เมืองใจ

Suphathida Aumtong*, Pongsuda Sirinikorn, Pithawat Susingsa and Nonglux Maungjai

ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Soil Science and Environments, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: supathida@mju.ac.th, saumtong@yahoo.com

Abstract

Types of land use and soil cultivation are important to maintain soil fertility. This study aimed to know the relationships between glomalin-related soil protein contents and amount of permagante oxidizable carbon (POC) and aggregate stability of various land uses from mountainous areas in northern Thailand. Soil aggregate, glomalin-related soil protein component and POC responded to land use intensity and landscape characteristic. Land use type with shifting cultivation that occurred in mountainous area showed the highest aggregate stability, and amount of glomalin-related soil protein, due to lack of tillage and least disturbed managements. This study found positive relationship between soil aggregate stability and easily extractable glomalin content and permanganate oxidizable carbon content.

Keywords: glomalin-related soil protein, permanganate oxidizable carbon, soil aggregate stability

Introduction

The mountain areas of northern Thailand are considered the origin of important natural resources. The prevailing land management practices of the ethnic tribes in the sloping areas, mainly shifting cultivation and zero tillage made it appear that the land was undisturbed (Aumtong *et al*., 2009). Glomalin-related soil protein component is produced by arbuscular mychorrrihza (Rillig, 2004) and as stably glue hyphae (Wright and Upadhyaya, 1998) has an important role in soil aggregate stabilization and indicated that glomalin produced from some crop rotation cropping system could promote aggregate stability (Wright and Anderson, 2000). The quantification of

glomalin can be divided into two fractions; first, easily extractable glomalin and second, total glomalin. Both of them show different responses to land use change (Wright and Upadhyaya, 1998). Wright *et al*. (1999) indicated that arbuscular mycorrhiza (AM) fungi have been related to aggregate formation and stability. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) occur in the soil of most ecosystems, including polluted soils. AMF form symbiotic networks with host plant roots. The fungi scavenge nutrients from soils and transfer these nutrients to the host plant in exchange for carbohydrates. Host plants rely upon mycorrhizal fungi to acquire nutrients such as phosphorus and nitrogen for growth. The screening of native host plants e.g. weed, shrub and tree in various ecosystems could be done. The benefit from plant hosts at practical level could then be as cover crop in agro-ecosystems or agro-forestry systems.

Because AMF settle on about 80% of vascular host plant species and are found in almost every soil type, glomalin is detected in large amounts in numerous soils. Glomalin is defined as organic substance glycoprotein copiously produced by all AMF, measured operationally in soils as glomalin-related soil protein (GRSP) (Rillig, 2004). Glomalin is firmly incorporated into the hyphae and spore wall in large amounts (Driver *et al*., 2005) and are highly positively correlated with soil aggregate stability (Wright and Upadhyaya, 1998). However, the relationship between the content of glomalin and other soil properties should be studied. (Blair *et al*., 1995) defined the fraction that was oxidized by permanganate as labile fraction. But when integrated the labile fractions, which seemed to be permanganate oxidizable carbon (POC), did not reflect the land use type similar to another labile soil organic fraction (Aumtong *et al*., 2009).This active soil C fractions showed more sensitive to management effects than total organic C (Weil *et al*.,2003).

The objective of this study is to know the relationships between glomalin-related soil protein contents and permanganate oxidizable carbon and aggregate stability of various land uses from mountainous area of northern Thailand.

Methods

The study was carried out in Khiud Chang Watershed (KCW), Ban Pong and Maejo in Chiang Mai province, northern Thailand. The mean annual rainfall of this area from 1998 to 2009 was about 1200 mm. The mean monthly air temperature was about 29°C, being mountainous, has an undulating landscape. KCW is a tributary of Mae Nam Mae Rim watershed and is located in an area that has an elevation of 300 to 1,100 meters above sea level (ASL).

Land uses

From each site, a composite soil sample of 8-10 subsamples were collected from each land-use. Samples were taken at depth 0-15 cm at 39 sites (Table 1).

Glomalin related soil protein analysis

Easily-extractable and total glomalin related soil protein were extracted by adjusted procedure from (Wright and Upadhyaya, 1998). One gram of air dried soil was placed into a 50 ml centrifuge tube and mixed with 8 ml of 50 mM sodium citrate buffer (pH = 8), then samples were autoclaved for 30 minutes. The supernatant was collected by centrifugation 2,510 g for 15 minutes. Total glomalin related soil protein was extracted with 8 ml of 50 mM sodium citrate buffer (pH = 8), then samples were autoclaved for 90 minutes. The supernatant was determined for related-soil protein as glomalin by the Bradford assay with bovine serum albumin standard.

Table 1 The characteristics of the main land uses in the area

Land uses	**Abbrevation, Symbol**	**Number of replications**	**Characteristics**
Secondary conservation forests	(SCF),	4	15 years old, much of the plant cover is bamboo and have nearly 50 % closed canopies. Some villagers harvest nontimber forest products (NTFP's).
Fruit tree plantations	(FTP) ,	12	mostly longan, mango and lychee (*Litchi chinensis)*, which are now 7 to 30 years old.
Fallow areas	(FA),	4	covered with bush and grass; free of agricultural activities for 1- 4 years.
Afforestated areas	(Teak),	4	young 15 year old teak (*Tectona grandis*) areas.
Wetland rice (Paddy soil)	(PAD),	4	a practice that started about 30-years ago, wetland rice is grown by machine for tillage in soil preparation.
Upland rice	(UPR),	3	planted upland rice for home consumption, and maize for livestock feed, annually or rotated.
Vegetable	(VEC),	8	planted vegetable and ornamental crop for selling consumption, and high input of chemical fertilizer and frequency of land use.

Aggregate stability

The soil was transferred along with the filter paper into an aluminum can and dried at 105°C for 24 hours. The oven-dry soil aggregates (5 g) were transferred into the dispersion wet sieving apparatus. The dispersing agent of 10 ml of 5 percent solution of sodium hexametaphosphate

and enough distilled water were added to fill the cup to within 4 cm of the rim, and then the suspension was stirred for 5 minutes. Aggregate stability is the amount of aggregated soil > 0.25 mm remaining after 5 min of wet sieving (Kemper and Rosenau, 1986).

Permanganate Oxidized Carbon (POC)

Permanganate oxidized carbon was determined by permanganate oxidation, according to (Weil *et al*., 2003): 2-3 g of air-dried soil and passed through the sieve 0.5 mm with 20 ml 0.02 M $KMnO_4$. The soil-$KMnO_4$ suspensions were shaken at 200 rpm for 15 min at room temperature in screw cap polycarbonate centrifuge tubes. After shaking, the tubes were centrifuged at 5,000 rpm for 15 min to separate the soil particles from the solution. Subsequently 0.20 ml of the clear solution was transferred into a glass tube, diluted with 10.0 ml of deionizer water, using a vortex for complete mixing. The absorbance was measured with a spectrometer at 550 nm of light and compared to an absorbance reading on a standard curve.

Soil organic carbon (SOC)

Soil organic carbon content was determined after sieving (0.5 mm) by the wet combustion method described in (Nelson and Sommers, 1986).

Statistical analysis

The degree of glomalin, SOC, aggregate stability that differed among land-use types were determined by one way ANOVA. Evaluation of the relationship between glomalin and other soil indicators was determined by regression analysis.

Results and Discussion

The results showed that the amount of total glomalin and aggregates stability were lowest in paddy soils or soils that were intensively disturbed soil by tillage (Table 2). The tillage practice caused loss of soil organic matter leading to low soil biological activity. Microbial activity could include mychorrhizal fungi activity. Meanwhile, the upland soil planted with rice or less cultivated and disturbed than other arable soils, showed high amounts of easily extractable glomalin , total glomalin. Wright and Anderson (2000) indicated that glomalin changes quickly in response to tillage practices and crop rotation. The basic method for planting field crops such as corn for animal feed and upland rice, involved dropping seeds directly into a hole in the soil. These practices seen as economical in terms of seeds, convenient in terms of the sloping land characteristics, were an important local wisdom to manage production factors, and may be a means to protect and maintain soil resources besides preventing soil erosion. From the high content glomalin in upland rice, the upland rice plantation could be considered as a non-tillage practice from mountainous area in Northern Thailand, and could be included in shifting cultivation cropping system. Crop rotation and

non-tillage could be found in this area. Land use change, the transformation of agricultural land (e.g. upland rice) to fallow area and secondary forest is the pattern of land use change in shifting cultivation. This pattern agrees with the diversity of host plants that produced glomalin also. The Secondary forest areas had the highest content of total glomalin, POC, SOC and aggregate stability (Table 2). These soils (SCF, FT and FA)were generally highest easily glomalin, total glomalin, POC, SOC and aggregate stability in the less disturbed cultivated or recently cultivated soils (Table 2.). Addition of moderate amounts of fertilizer to the utilized land (FT) may contribute to increased productivity and increased formation of organic matter (Aumtong *et al*. 2009). For the vegetable plantation (VEC) and teak plantation showed rather low of all parameters it may be that frequent crop cycles and teak plantation areas were established from poor land. This study found positive relationship between soil aggregate stability and easily extractable glomalin content (r^2=0.3159) (Figure 1F) and showed that the relationship between the water aggregate stability and POC were positively correlated (r^2=0.3832) also (Figure 4B). From this study could be suggested that aggregate stability affected by POC the as glomalin.

Table 2 Land use types affected on amount of easily-extractable glomalin and total glomalin related soil protein, permanganate oxidizable carbon (POC), soil organic carbon (SOC) and aggregate stability from mountainous area northern Thailand

Land use (see Table 1)	Number of samples	Easily-extractable glomalin	Total glomalin	POC	SOC	Aggregate Stability
		(mg/kg)		(g/kg)	(%)	(%)
VEC	8	6.16 cd	7.16 b	2.07 c	1.36 cd	29.69 cde
PAD	4	5.70 cd	6.30 b	1.92 c	1.55 bcd	21.35 e
UR	3	8.77 a	11.22 a	2.48 bc	1.73 bc	51.75 b
FT	12	7.31 b	10.37 a	2.50 bc	1.62 bc	35.51 c
Teak	4	5.65 cd	7.63 b	1.71 c	1.11 d	28.13 cde
FA	4	6.81 bc	8.19 b	3.29 b	2.04 b	34.20 cd
SCF	4	7.96 ab	10.81 a	6.93 a	4.31 a	78.16 a

For each variable letters are indicative of statistical differences (P<0.05).

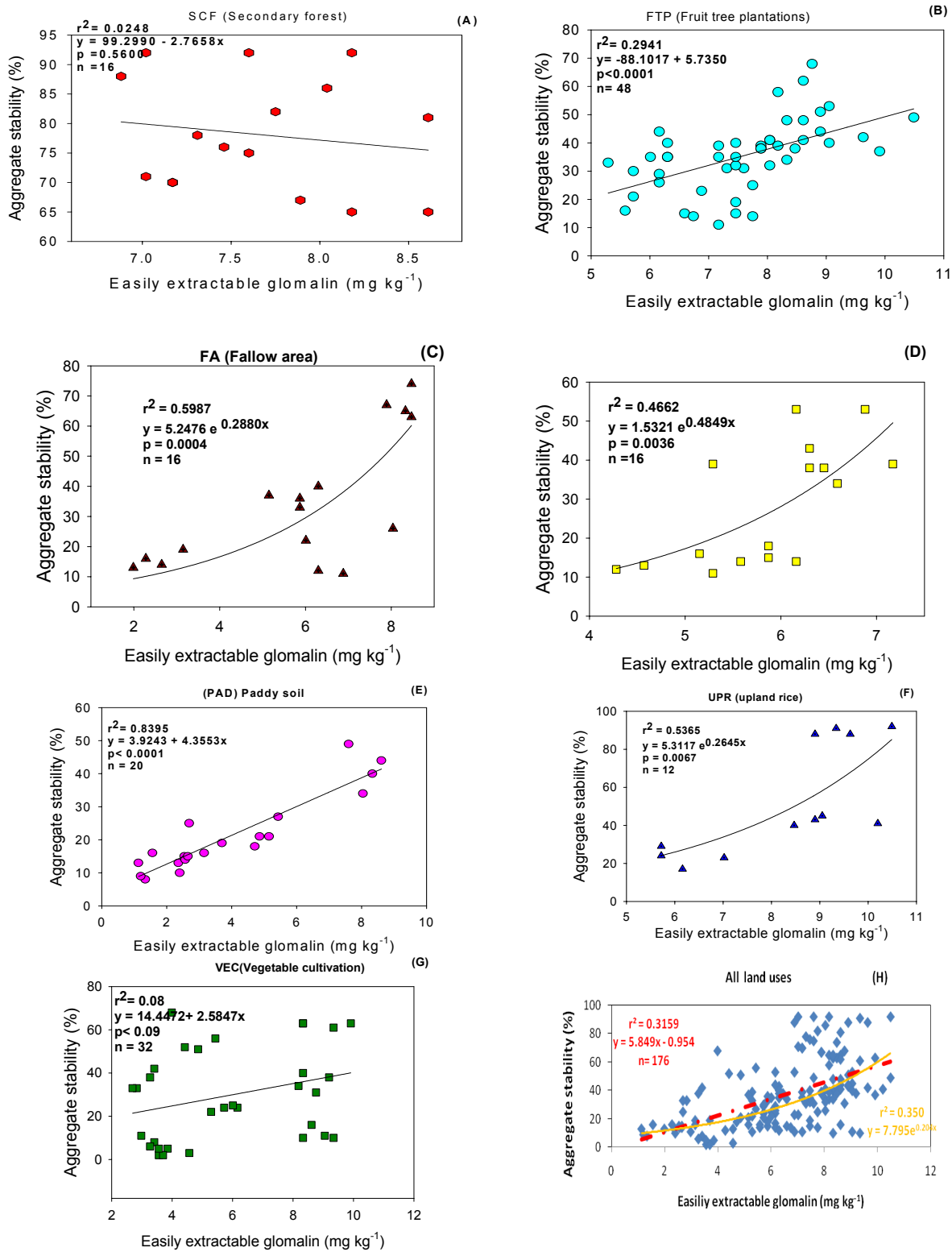


Figure 1 Relationship between easily extractable and stability of 1-2 mm-size aggregates in 0-15 cm soil samples of variety land uses in Chiang Mai province, northern Thailand

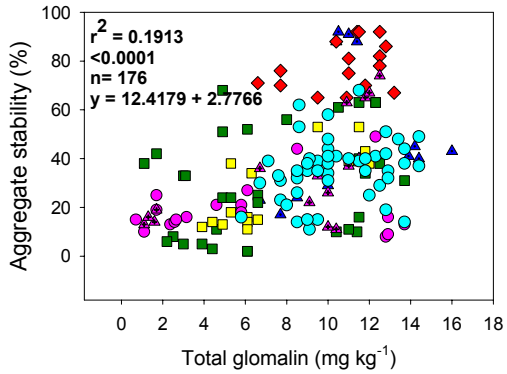


Figure 2 Relationship between total glomalin and stability of 1-2 mm-size aggregates in 0-15 cm soil samples of variety land uses in Chiang Mai province, northern Thailand

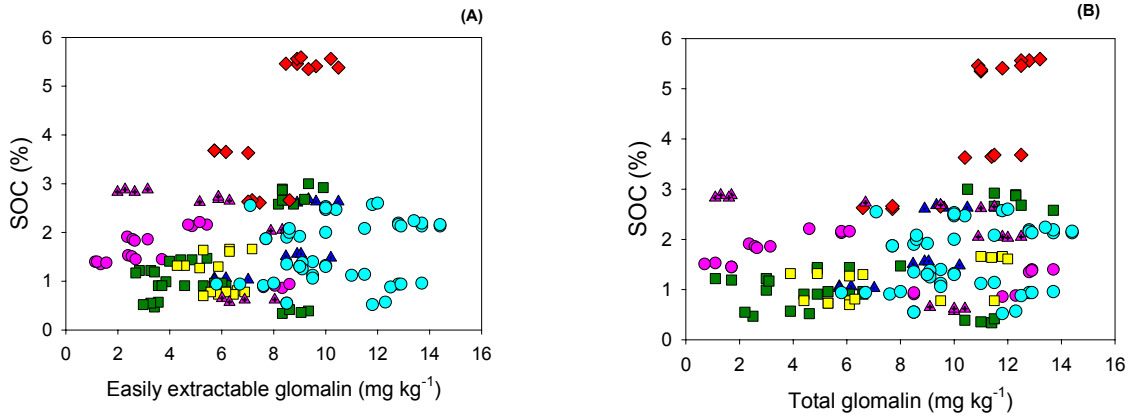


Figure 3 Relationship between easily extractable glomalin (A), total glomalin (B) and SOC in 0-15 cm soil samples of variety land uses in Chiang Mai province , northern Thailand

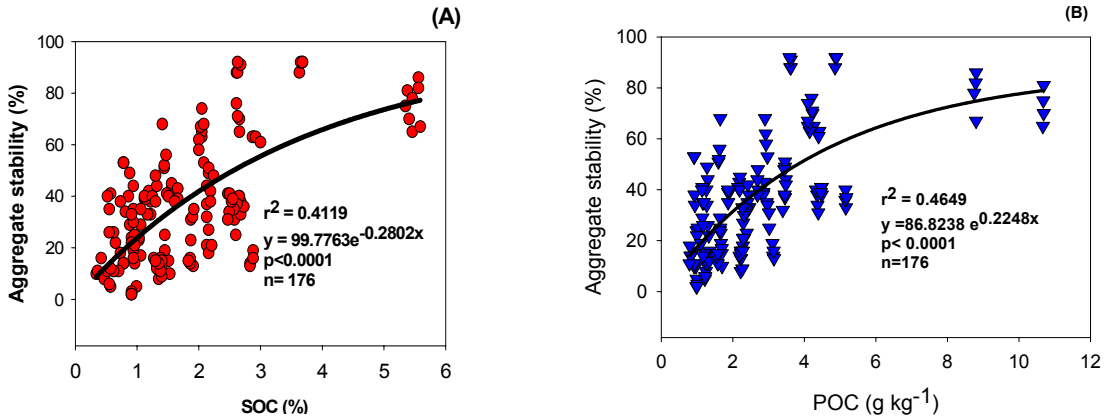


Figure 4 Relationship between (A) SOC and (B) POC and stability of 1-2 mm-size aggregates in 0-15 cm soil samples of variety land uses in Chiang Mai province, northern Thailand

Conclusion

The level of disturbed land uses and landscape affected the soil quality due to the decreasing soil organic carbon, permanganate oxidizable carbon and amount of glomalin related soil protein. These fractions could be related with soil aggregate stability. The land use types minimally disturbed, like upland rice cultivation in mountainous landscape, had the highest amount of easily extractable and total glomalin. Meanwhile, the land use types from highly accessible use of lowland had the lowest of amount of glomalin contents and POC and showed positive relationship between soil aggregate stability and easily extractable glomalin content and POC content.

Acknowledgements

Funding for this study was supported by the Agricultural Production Faculty, Maejo university.

Reference

Aumtong, S., J. Magid, S. Bruun and A. de Neergaard. 2009. Relating soil carbon fractions to land use in sloping uplands in northern Thailand. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. 131: 229-239.

Blair, G.J., R.D.B. Lefroy and L. Lisle. 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Aust. J. Agric. Res**. 46: 1459-1466.

Driver, J.D., W.E. Holben and M.C. Rillig. 2005. Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**. 37: 101-106.

Kemper, N.D. and R.C.Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. *In:* Klute, A. (ed.) **Methods of soil analysis**. Part 1.5 SSSA, Madison, Wisconsin.

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1986. Total C, organic C and organic matter. *In*: Page, A.L. (ed.) **Methods of soil analysis.** SSSA, Madison,Wisconsin.

Rillig, M.C. 2004. Arbuscular mycorrhizae and terrestrial ecosystem processes. **Ecology Letters**. 7: 740-754.

Weil, R.R., K.R., Islm, M.A., Stine J.B.Gruver and S.E. Samson-Liebig 2003. Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. **American Journal of Alternative Agriculture**. 18: 3-17.

Wright, S.F. J.L. Starr and I.C. Paltineanu. 1999. Changes in aggregate stability and concentration of glomalin during tillage managements transition. **Soil Science Society American Journal**. 63: 1825-1829

Wright, S.F. and R.L. Anderson. 2000. Aggregate stability and glomalin in alternative crop rotations for the central great plains. **Biol. Fertil. Soils**. 31: 249-253.

Wright, S.F. and A. Upadhyaya. 1998. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant Soil**. 198: 97-107.

ผลกระทบของลักษณะการขยายตัวของเมืองเชิงพื้นที่ต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในเขตเมืองเชียงใหม่

Impact of Spatially-explicit Urbanization on Urban Heat Island in Chiang Mai Metropolitan Area

มานัส ศรีวณิช*

Manat Srivanit*

ภาควิชาการผังเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

Urban Environmental Planning and Development Program, Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University, Rangsit Center, Pathumthani 12121

*Corresponding author: s.manat@gmail.com

บทคัดย่อ

เมืองเชียงใหม่เป็นพื้นที่หนึ่งที่ประสบปัญหาการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็วและได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ความร้อนเมือง ปัญหานี้ได้ส่งผลต่อสภาวะภูมิอากาศในระดับภูมิภาค ตลอดจนสภาพแวดล้อมเมือง และการพัฒนาทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ บทความนี้ได้เลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท ระบบอีทีเอ็มพลัส ในปี ค.ศ. 2000 และ 2006 ครอบคลุมพื้นที่เมืองเชียงใหม่ที่สามารถบ่งบอกถึงอุณหภูมิพื้นผิว (LST) และการขยายตัวของสิ่งปลูกสร้าง ผลลัพท์ที่ได้แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิพื้นผิวที่สูงซึ่งสัมพันธ์กับประเภทของสิ่งปกคลุมพื้นดิน ตลอดจนถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับดัชนีอื่น ได้แก่ ดัชนีผลต่างพืชพรรณ (NDVI) ดัชนีผลต่างน้ำ (NDWI) ความหนาแน่นอาคาร อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) และอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน (BCR) ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาสู่การกำหนดมาตรการลดอุณหภูมิพื้นผิวและการวางแผนเมืองที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของเมืองเชียงใหม่ต่อไป

Abstract

Chiang Mai Metropolitan Area (CMMA) is one of the regions experiencing rapid urbanization that has resulted in remarkable Urban Heat Island (UHI) effect, which will be sure to influence the regional climate, environment, and socio-economic development. In this study, Landsat ETM+ images from 2000 and 2006 in the CMMA were selected to retrieve the land surface temperature (LST) and built-up area. The analysis showed that higher temperature in the UHI was located with a scattered pattern, which was related to certain land-cover types. In order to analyze the relationship between UHI and land-cover changes, this study attempted to employ a quantitative approach in exploring the relationship between temperature and several indices, including the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index

(NDWI), Density of Building, Floor Area Ratio (FAR) and Building Coverage Ratio (BCR). In conclusion, the results of this study can provide methods and basic information for the reduction of urban LST and the establishment of environmentally friendly urban planning.

Keywords: Urban heat island (UHI), Land surface temperature (LST), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI), Floor Area Ratio (FAR), Building Coverage Ratio (BCR)

คำนำ

การขยายตัวของเมืองจะยิ่งเพิ่มมากขึ้นไม่เฉพาะแต่กรุงเทพมหานครเท่านั้น รวมถึงเมืองขนาดใหญ่ที่อยู่ตามภาคต่างๆ เช่น เชียงใหม่ นครราชสีมา ขอนแก่น ฯลฯ ก็มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน การขยายตัวของเมืองโดยเฉพาะการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนและสิ่งก่อสร้างต่างๆ อย่างไม่มีแบบแผน รวมถึงการที่อาคารที่มีความสูงและขนาดต่างๆ ได้เข้ามาแทนพื้นที่สีเขียวในเมือง ส่งผลให้พื้นที่เมืองขาดพืชพรรณในพื้นที่ในเมืองที่จะช่วยให้เย็นลงจากการระเหยคายน้ำ (evaporation) ของต้นไม้ ประกอบกับลมพัดประจำปีไม่สามารถพัดพาอากาศเสียในเมืองที่เกิดจากฝุ่นและมลพิษในอากาศออกไปจากเมืองได้ ทำให้เกิดเป็นกลุ่มของหมอกควันปกคลุมอยู่เหนือเมือง สิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งที่เกิดขึ้นและเป็นผลมาจากปัญหาต่างๆ ข้างต้น คือ การมีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและสะสมอยู่เหนือเมือง (ธนกฤต, 2545) มีปัจจัยต่างๆ ที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์นี้ เช่น การที่พื้นผิวของสิ่งก่อสร้างโดนแสงแดดตลอดเวลา ในช่วงเวลากลางวัน ทำให้มีการ ดูดซับและสะสมความร้อนเป็นจำนวนมากและมีการคายความร้อนนั้นสู่บรรยากาศทำให้อุณหภูมิของเมืองเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความร้อนจากการเผาไหม้ต่างๆ และความร้อนจากเครื่องปรับอากาศ ที่ใช้อยู่ทั่วไปก็ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตประจำวันและสุขภาพของผู้คนที่พักอาศัยอยู่ในเมืองอีกด้วย

การขยายตัวของเมืองที่เพิ่มมากขึ้นและปัญหานี้จะเพิ่มขึ้นตามมาอย่างแน่นนอน การเพิ่มความร้อนของเมืองเป็นปรากฏการณ์ปกติในพื้นที่เมือง สภาพการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเมืองที่มีลักษณะที่ซับซ้อนทางด้านรูปทรงวัสดุก่อสร้างและกิจกรรมมนุษย์การเพิ่มขึ้นของสารก่อมลพิษในอากาศและการลดลงของความชื้นสัมพัทธ์ มลภาวะทางความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์เป็นปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิในเมืองสูงกว่าชนบท ปรากฏการณ์นี้รู้จักในนามของ ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Urban heat island) และเป็นปรากฏการณ์ที่สัมพันธ์กับสภาวะโลกร้อน (Oke, 1987; Nakagawa, 1996; Rizwan *et al*., 2008) ในขณะที่พื้นที่สีเขียวและแหล่งน้ำมีส่วนช่วยในการลดความร้อนที่ถูกกักไว้ในเมือง เรียกพื้นที่ดังกล่าวว่า บริเวณอุณหภูมิต่ำ (Cool island) ในเวลากลางวันความร้อนจะถูกนำมาใช้ในการระเหยน้ำผิวดินและในดินไปเป็นความชื้นในบรรยากาศ รวมทั้งใช้แสงแดดไปในการสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืชแทนที่จะเปลี่ยนเป็นความร้อน ดังนั้นการลดลงของพื้นที่สีเขียวภายในเมืองย่อมส่งผลให้เมืองร้อนขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง (Built-up area) ที่มีพืชพันธุ์น้อยกว่าบริเวณโดยรอบหรือพื้นที่เปิดโล่ง (Pichakum, 1995)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้ทำการศึกษาสนใจศึกษาเรื่อง ผลกระทบของการขยายตัวของเมืองเชียงใหม่ต่ออุณหภูมิพื้นผิวด้วยวิธีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีด้านการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System (GIS) และการหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีผลต่างพืชพรรณ ดัชนีผลต่างน้ำ ความหนาแน่นอาคาร อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน และอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน กับอุณหภูมิพื้นผิวในเขตเมืองเชียงใหม่ เพื่อนำมาสู่การกำหนดมาตรการลดอุณหภูมิในตัวเมืองต่อไป ซึ่งถือว่าเป็นเรื่องที่น่าสนใจอีกเรื่องหนึ่งและสำคัญไปไม่น้อยกว่าปัญหาภาวะโลกร้อนที่พบอยู่ในปัจจุบันนี้

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ความร้อนเมืองของเมืองเชียงใหม่ ด้วยวิธีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีด้านการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) จากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท (LANDSAT) ระบบ Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) ในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม และเดือนมกราคมถึงมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองมีความรุนแรง (Urban Heat Island Intensity: UHII) (Pathathai, 2006) ได้แก่ วันที่ 5 มีนาคม ค.ศ. 2000 (พ.ศ. 2543) และวันที่ 18 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2006 (พ.ศ. 2549) เพื่อตรวจหาความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวระหว่างพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินเป็นอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Built-up area) กับพื้นที่เปิดโล่ง (Open space) ในเขตเมืองเชียงใหม่ ตลอดจนศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ดัชนีผลต่างน้ำ (Normalized Difference Water Index: NDWI) ความหนาแน่นอาคาร อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR) และอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน (Building Coverage Ratio: BCR)

วิธีการ

1. การศึกษาความสมบูรณ์ของน้ำที่เป็นองค์ประกอบของพืชพรรณและดิน จากการคำนวณหาดัชนีผลต่างน้ำ (Normalized Difference Water Index: NDWI) อัตราส่วนค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยในช่วงอินฟราเรดใกล้ และช่วงอินฟราเรดกลาง ค่า NDWI จะแปรผันอยู่ระหว่าง -1 และ 1 โดยค่า 0 หมายถึง ไม่มีองค์ประกอบของน้ำอยู่ในพื้นที่สำรวจ ในขณะที่เข้าใกล้ค่า 1 หมายถึง มีองค์ประกอบของน้ำอยู่หนาแน่นมากในพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งมีสูตรการคำนวณหาดังสมการที่ 1

$$NDWI = \frac{R_{NIR} - R_{MIR}}{R_{NIR} + R_{MIR}} \quad [1]$$

เมื่อ NDWI คือ ดัชนีผลต่างพืชพรรณ R_{NIR} และ R_{MIR} คือ ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near-infrared band) หรือ แบนด์ 4 และช่วงคลื่นอินฟราเรดกลาง (Mid-infrared band) หรือแบนด์ 5 ความยาวช่วงคลื่นระหว่าง 0.75-0.90 μm และ 1.55-1.75 μm ตามลำดับ (Maki *et al*., 2004)

2. การศึกษาความสมบูรณ์ของพืชพรรณจากการคำนวณหาดัชนีผลต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) อัตราส่วนค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยในช่วงสีแดงและช่วงอินฟราเรดใกล้ ค่า NDVI จะแปรผันอยู่ระหว่าง -1 และ 1 โดยค่า 0 หมายถึง ไม่มีพวกพืชพรรณใบเขียวอยู่ในพื้นที่สำรวจในขณะที่ค่า 0.8 หรือ 0.9 หมายถึง มีพวกพืชพรรณใบเขียวอยู่หนาแน่นมากในพื้นที่ดังกล่าว ทั้งนี้โดยปกติค่านี้จะอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.7 เท่านั้น ซึ่งมีสูตรการคำนวณหาดังสมการที่ 2

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{red}}{R_{NIR} + R_{red}} \quad [2]$$

เมื่อ NDVI คือ ดัชนีผลต่างพืชพรรณ R_{NIR} และ R_{red} คือ ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near-infrared band) หรือแบนด์ 4 และช่วงคลื่นสีแดง (Red band) หรือแบนด์ 3 ที่มีความยาวช่วงคลื่นระหว่าง 0.63-0.69 μm ตามลำดับ (Purevdorj *et al*., 1998)

3. การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature: LST) จะใช้ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal infrared band) หรือแบนด์ 6 ดาวเทียม LANDSAT ระบบ ETM+ ที่มีความยาวช่วงคลื่นระหว่าง 10.40-12.50 μm โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน (Chen *et al*., 2006) ดังนี้

3.1. ขั้นตอนที่ 1 การแปลงค่าความสว่าง (Digital Numbers: DNs) เป็นค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (Spectral radiance) ซึ่งมีสูตรการคำนวณหาดังสมการที่ 3

$$L_\lambda = \frac{(L_{max} - L_{\min})}{QCAL_{max} - QCAL_{\min}} \times (DN - QCAL_{\min}) + L_{\min} \quad [3]$$

เมื่อ L_λ คือ ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ (Spectral radiance at the sensor's aperture) *(W/(m^2 sr.μm))* DN คือ ค่าความสว่าง (Digital Numbers: DNs) ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน $QCAL_{\max}$ คือ ค่าความสว่างสูงสุดของแบนด์ 6 ดาวเทียม LANDSAT ระบบ ETM+ เท่ากับ 255 $QCAL_{\min}$ คือ ค่าความสว่างต่ำสุดของแบนด์ 6 ดาวเทียม LANDSAT ระบบ ETM+ เท่ากับ 1 $L_{\min}$ คือ ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นต่ำสุดที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ระบบ ETM+ เท่ากับ 3.20 *(W/(m^2 sr.μm))* $L_{\max}$ คือ ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นสูงสุดที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ระบบ ETM+ เท่ากับ 12.65 *(W/(m^2 sr.μm))*

3.2. ขั้นตอนที่ 2 การแปลงแผ่รังสีเชิงคลื่นที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ให้เป็นอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature: LST) ซึ่งมีสูตรการคำนวณหาดังสมการที่ 4

$$T_k = \frac{K2}{In\left(\frac{K1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad [4]$$

เมื่อ T_k คือ อุณหภูมิพื้นผิว (เคลวิน) $K1$ และ $K2$ คือ ค่า pre-launch calibration constants ของดาวเทียม LANDSAT ระบบ ETM+ โดย $K1$ เท่ากับ 666.09 *(W/(m^2 sr.μm))* และ $K2$ เท่ากับ

1,282.71 เคลวิน L_λ คือ ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ *(W/(m^2 sr.μm)*) (Chander and Markham, 2003)

3.3. ขั้นตอนที่ 3 การแปลงอุณหภูมิพื้นผิวจากหน่วยเคลวิน (T_k) เป็นองศาเซลเซียส (T_c) ซึ่งมีสูตรการคำนวณหาดังสมการที่ 5

$$T_c = T_k - 273.15 \quad [5]$$

4. การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมืองจากข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวางผังเมือง มาตราส่วน 1:4,000 กรมโยธาธิการและผังเมือง โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นกริดขนาด 500 เมตร จำนวนทั้งสิ้น 1,773 กริด ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาเพื่อศึกษาลักษณะเชิงพื้นที่ของเมือง ได้แก่ ความหนาแน่นอาคาร (Density of building) หมายถึง จำนวนอาคารในกริด อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR) หมายถึง อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมทุกชั้นของอาคารทุกหลังต่อพื้นที่กริดที่เป็นที่ตั้งอาคาร และอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน (Building Coverage Ratio: BCR) หมายถึง อัตราส่วนพื้นที่อาคารและส่วนที่มีหลังคาปกคลุมถึงทั้งหมดต่อพื้นที่กริดที่ใช้เป็นที่ตั้งอาคาร

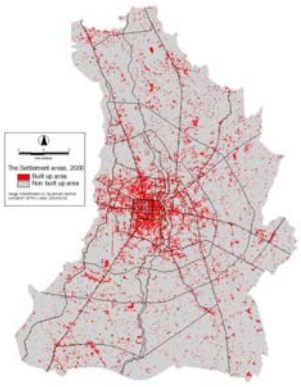
ในการศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple linear regression and correlation analysis) ใช้ในการตรวจสอบลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยแบ่งเป็นตัวแปรอิสระ (Independent variable) ในที่นี้คือค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ และดัชนีผลต่างสิ่งปลูกสร้าง ส่วนอุณหภูมิพื้นผิวเป็นตัวแปรตาม (Dependent variable) ผลของการศึกษาจะให้ทราบถึง (1) ขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม และ (2) แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม เพื่อที่จะสามารถคาดการณ์ได้ว่าตัวแปรอิสระตัวใดมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากที่สุด จากสัมประสิทธิ์ความถดถอย (regression coefficient) และแสดงเป็นแผนภาพการกระจาย (scatter diagram หรือ scatter plot) ตลอดจนการวิเคราะห์การถดถอยจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง (Correlation coefficient)

ผลการวิจัย

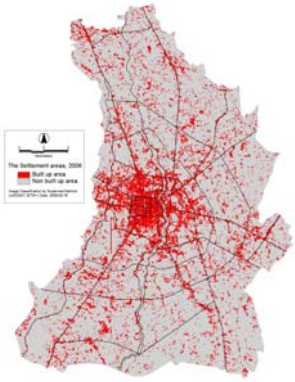
การศึกษาความเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินเป็นอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ด้วยวิธีการประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท ในปี ค.ศ. 2000 และ ค.ศ. 2006 ทำการจำแนกประเภทภาพแบบกำกับดูแล (Supervised classification) เพื่อจำแนกพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างในเขตเมืองเชียงใหม่และปริมณฑล มีพื้นที่ประมาณ 410 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุม 7 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองเชียงใหม่ อำเภอแม่ริม อำเภอสันทราย อำเภอดอนสะเก็ด อำเภอสันกำแพง อำเภอสารภี และอำเภอหางดง โดยพบว่า ในปี ค.ศ. 2000 มีพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างประมาณ 43 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10 ของพื้นที่ศึกษา โดยร้อยละ 53 หรือประมาณ 23 ตารางกิโลเมตร ของพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างในปี ค.ศ.2000 กระจายอยู่ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ และในปี ค.ศ. 2006 ขยายตัวของพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นเป็น 49 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 12 ของพื้นที่ศึกษา โดยกระจายตัวอยู่ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่มากที่สุด

ประมาณ 26 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 53) รองลงมา ได้แก่ อำเภอสารภี (ร้อยละ 11.6) อำเภอหางดง (ร้อยละ 10.1) อำเภอสันทราย (ร้อยละ 9.7) อำเภอแม่ริม (ร้อยละ 7.6) อำเภอสันกำแพง (ร้อยละ 6.3) และอำเภอดอยสะเก็ด (ร้อยละ 1.7) ตามลำดับ (ภาพที่ 1, a และ b) การขยายสู่พื้นที่ชานเมืองของเมืองเชียงใหม่มากขึ้นจึงส่งผลให้พื้นที่โล่งที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมถูกรุกล้ำเพื่อนำไปใช้ก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างต่างๆ เพิ่มขึ้นในอัตราที่รวดเร็วอย่างไม่มีแบบแผน สิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งที่เกิดขึ้นและเป็นผลมาจากปัญหาดังกล่าว คือ การมีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและสะสมอยู่เหนือเมืองที่เรียกว่า ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

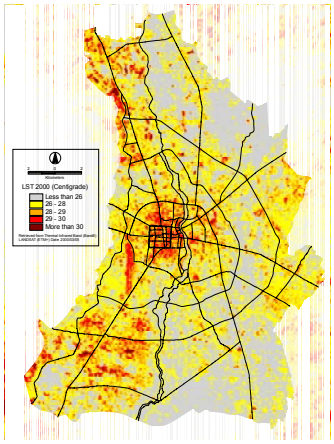
การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิว (LST) (ภาพที่ 1, c และ d) จะใช้ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ดาวเทียม LANDSAT ระบบ ETM+ พบว่า ปี ค.ศ. 2000 เมืองเชียงใหม่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยประมาณ 20.73 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นเป็น 26.80 องศาเซลเซียส ในปี ค.ศ. 2006 ตามลำดับ โดยในปี ค.ศ. 2006 เขตอำเภอเมืองเชียงใหม่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงที่สุดประมาณ 27.68 องศาเซลเซียส มากกว่าอำเภอรอบนอกประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส โดยอำเภอที่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงรองลงมา ได้แก่ อำเภอหางดง (26.94 องศาเซลเซียส) อำเภอสันกำแพง (26.83 องศาเซลเซียส) อำเภอแม่ริม (26.82 องศาเซลเซียส) อำเภอดอยสะเก็ด (26.30 องศาเซลเซียส) อำเภอสารภี (26.20 องศาเซลเซียส) และอำเภอสันทราย (26.18 องศาเซลเซียส) ตามลำดับ



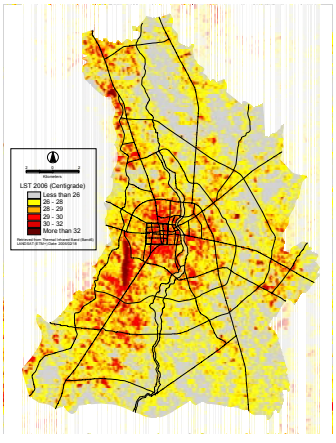
(a) 2000



(b) 2006



(c) LST 2000

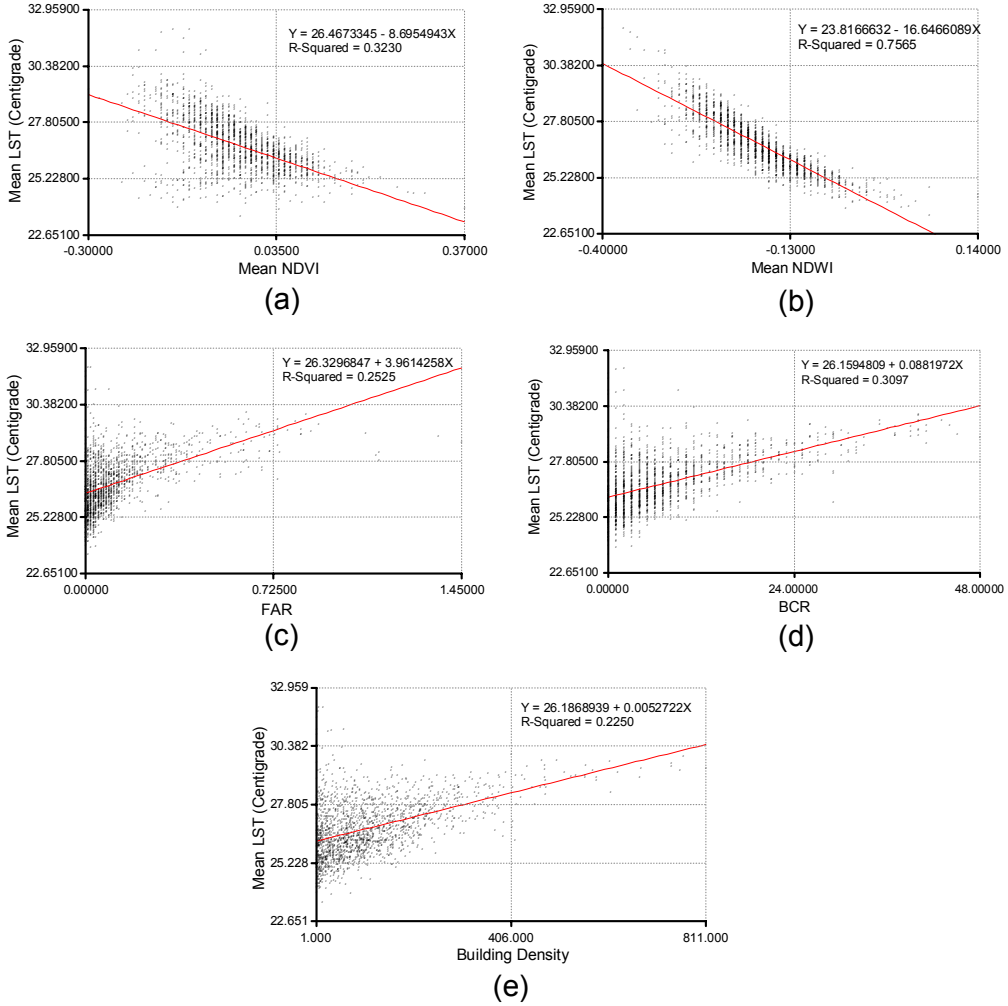


(d) LST 2006

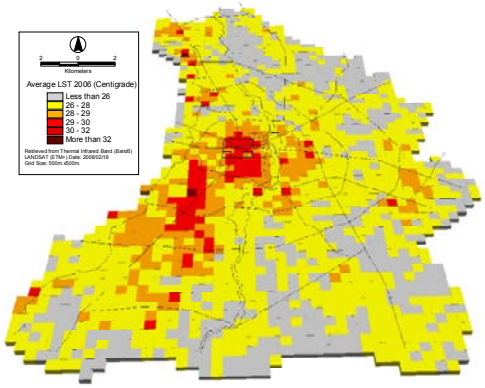
ภาพที่ 1 การขยายตัวของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Built-up area) (a) 2000 และ (b) 2006 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว (LSTs) (c) 2000 และ (d) 2006

จากการศึกษาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์อย่างง่าย โดยอุณหภูมิพื้นผิว (LST) เป็นตัวแปรตาม ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ (NDVI) ดัชนีผลต่างน้ำ (NDWI) ความหนาแน่นอาคาร อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) และอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน (BCR) เป็นตัวแปรอิสระ ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งห้าแสดงออกมาเป็นแผนภาพกระจัดกระจาย (ภาพที่ 2 และ 3)

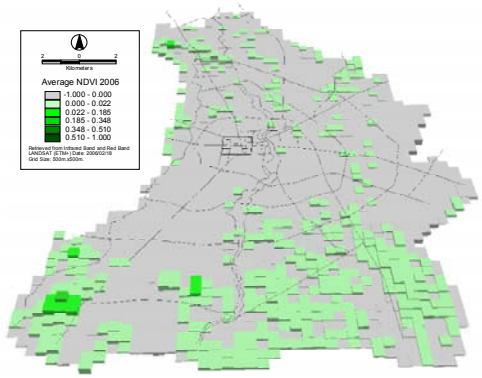
จากค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณและค่าดัชนีผลต่างน้ำ พบว่า ดัชนีผลต่างพืชพรรณและค่าดัชนีผลต่างน้ำ มีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้ามอุณหภูมิพื้นผิว โดยค่าดัชนีผลต่างน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) หรือ R^2 เท่ากับ 0.7565 มากกว่าดัชนีผลต่างพืชพรรณที่เท่ากับ 0.3230 นั่นแสดงว่าค่าดัชนีผลต่างน้ำมีความสัมพันธ์ต่ออุณหภูมิพื้นผิวที่ลดลงมากกว่าค่าดัชนีพืชพรรณ อัตราการลดลงเฉลี่ยประมาณ 16.65 องศาเซลเซียส พื้นที่ที่มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับความเชื่อมั่นสูงส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่อำเภอรอบนอกที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมและมีแหล่งน้ำที่อุดมสมบูรณ์



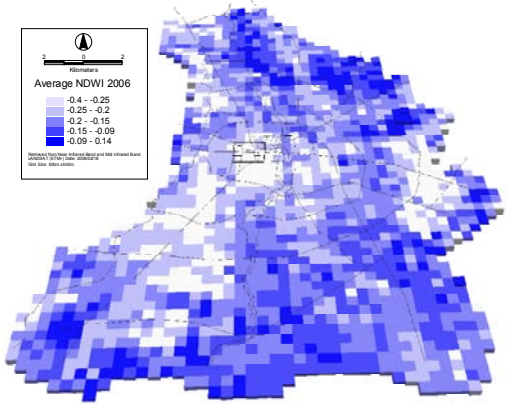
ภาพที่ 2 แผนภาพกระจัดกระจาย (Scatter Plots) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (a) LST กับ NDVI, (b) LST กับ NDWI, (c) LST กับ FAR, (d) LST กับ BCR และ (e) LST กับความหนาแน่นอาคาร



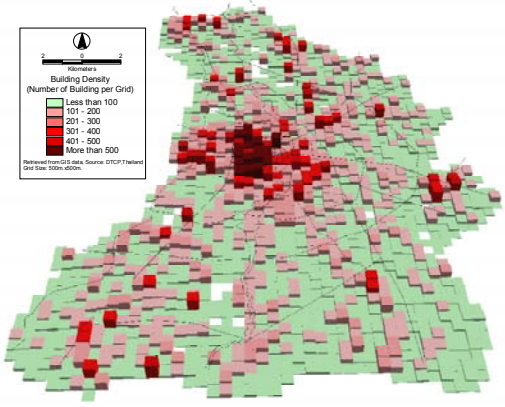
(a) LST



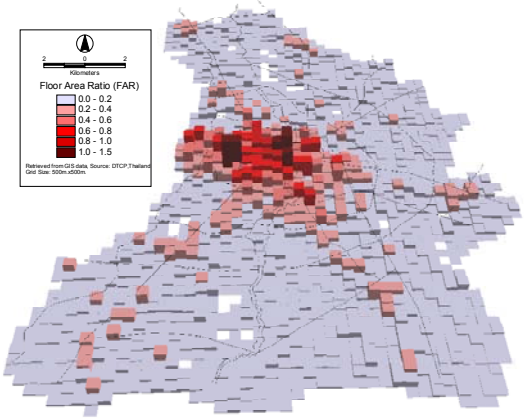
(b) NDVI



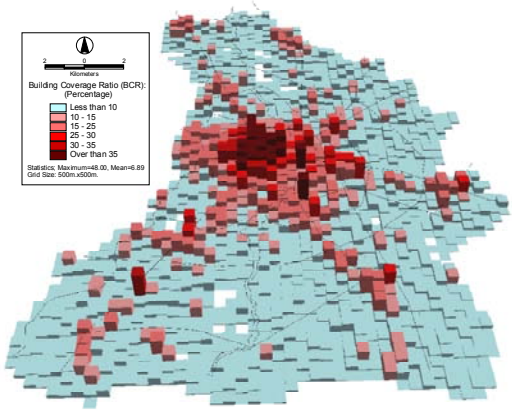
(c) NDWI



(d) Density of Building



(e) FAR



(f) BCR

ภาพที่ 3 ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ของเมืองเชียงใหม่ (a) LST, (b) NDVI, (c) NDWI, (d) density of building, (e) FAR และ (f) BCR

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับความหนาแน่นอาคาร FAR และ BCR พบว่า มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน โดยอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน (BCR) มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิวที่เพิ่มขึ้นมากกว่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) และความหนาแน่นอาคาร โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่เท่ากับ 0.3097, 0.2525 และ 0.2250 ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่มี

อัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดินสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิวสูง ได้แก่ บริเวณย่านศูนย์กลางพาณิชยกรรมในเขตอำเภอเมือง ย่านตลาดต้นลำไย ย่านไนท์บาซ่าร์ ถนนช้างคลาน ย่านช้างเผือก ถนนโชตนา ย่านวิทยาลัยครูเชียงใหม่ ย่านประตูเชียงใหม่ ถนนวัวลาย เป็นต้น

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาที่ได้จากการประเมินค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ (NDVI) ดัชนีผลต่างน้ำ (NDWI) ความหนาแน่นอาคาร อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) และอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน (BCR) ร่วมกับอุณหภูมิพื้นผิวที่เป็นตัวแปรตามและถือเป็นปัจจัยหลักของลดและเพิ่มความรุนแรงของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนภายในเขตพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ที่ได้รับอิทธิพลจากการขยายตัวของเมืองในช่วงเวลาที่ต่างกัน โดยพบว่า แนวโน้มการขยายตัวของอาคารสิ่งปลูกสร้างจากปี ค.ศ. 2000 และ ค.ศ. 2006 เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะพื้นที่อำเภอข้างเคียงกับอำเภอเมืองเชียงใหม่ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเมืองที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จากปี ค.ศ. 2000 อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยประมาณ 20.73 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นประมาณ 6 องศาเซลเซียส เป็น 26.80 องศาเซลเซียส ในปี ค.ศ. 2006 โดยในปี ค.ศ. 2006 เขตอำเภอเมืองเชียงใหม่มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงที่สุดประมาณ 27.68 องศาเซลเซียส มากกว่าอำเภอรอบนอกประมาณ 1 ถึง 2 องศาเซลเซียส การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวดังกล่าวสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ทั้งในเรื่องของขนาดและความหนาแน่น ตลอดจนการลดลงของพืชพรรณ ต้นไม้ใหญ่ และภาวะความแห้งแล้งในช่วงหน้าแล้งที่ทำให้สูญเสียความชุ่มชื้นของดิน ซึ่งอาจจะมีสาเหตุหรือปัจจัยที่เป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อความรุนแรงของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของพื้นที่เมืองเชียงใหม่

การศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีด้านการสำรวจระยะไกล หรือ Remote sensing จากการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท (LANDSAT) ระบบ ETM+ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม โดยใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนประเมินค่าอุณหภูมิพื้นผิวในช่วงเวลากลางวัน หากจะมีการศึกษาผลกระทบของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในช่วงเวลาคืนที่เกิดจากการปลดปล่อยรังสีความร้อนของพื้นผิวอาจจะต้องเลือกใช้ข้อมูลดาวเทียมที่มีระบบบันทึกภาพช่วงเวลากลางคืน เช่น MODIS, AVHRR, MTSAT เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย ที่อนุเคราะห์ข้อมูล GIS ผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ มาตรส่วน 1:4000 เพื่องานวิจัยชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

ธนกฤต เทียนมณี. 2545. **ปรากฏการณ์เกาะความร้อนกับสภาพทางกายภาพของเมือง.** ภาควิชาการออกแบบและวางผังชุมชนเมือง มหาวิทยาลัยศิลปากร: กรุงเทพฯ.

จริยา บุญญวัฒน์. 2545. โดมความร้อนเหนือมหานคร วิธีการตรวจวัดและแนวทางการควบคุม. **สิ่งแวดล้อม.** 3: 14-15.

Tonsuwonnont, P. 2006. **Heat island and electrical energy consumption in urban areas.** Asian institute of technology. Thailand.

Oke, T.R. 1973. City size and the urban heat island. **Atmos Environ.** 7: 769-79.

K. Kataoka, F. Matsumoto and T. Ichinose. 2009. **Urban warming trends in several large Asian cities over the last 100 years: science of the total environment.**

Nakagawa K. 1996. Recent trends of urban climatological studies in Japan, with special emphasis on the thermal environments of urban areas. **Geogr Rev Jpn.** 69-B: 206-224.

Rizwan, A.M., Y.C.L. Dennis and C. Liu. 2008. A review on the generation, determination and mitigation of urban heat island. **J. Environ Sci.** 20: 120-128.

Pichakum, N. and Y. Maruta. An investigation on the distribution of air temperature and the effect of open space on mitigating severe climate in Bangkok, Thailand. **Environ. Inf. Sci.** 24(1): 74-81.

Zha, Y., J. Gao, and S. Ni. 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International Journal of Remote Sensing.** 24(3): 583-659.

Purevdorj, T.S., R. Tateishi, T. Ishiyama and Y. Honda. 1998. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing.** 19(18): 3519-3535.

Chen, X.L., M.Z. Zhao, P.X. Li and Z.Y. Yin. 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**. 104: 133-146.

Chen, Z.M., I.S. Babiker, Z.X. Chen, K. Komaki, M.A.A. Mohamed and K. Kato. 2004. Estimation of interannual variation in productivity of global vegetation using NDVI data. **International Journal of Remote Sensing**. 25(16): 3139-3150.

Chander, G. and B. Markham. 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. 41(11): 2674-2677.

การประเมินการสัมผัสสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน ในผู้ขายอาหารปิ้งย่างเขตกรุงเทพมหานคร

Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Exposure of Grilled Meat Vendors in Bangkok

อัญชุลี การดี[1*] พรพิมล กองทิพย์[1] วิทยา อยู่สุข[1] สุทธินันท์ ฉันท์ธนกุล[1] และดุสิต สุจิรารัตน์[2]

Anchulee Karndee[1*], Pornpimol Kongtip[1], Witaya Yoosook[1], Suttinun Chantanakul[1] and Dusit Sujirarat[2]

[1]ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณะสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400

[2]ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณะสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400

[1]Department of Occupational Health and Safety, Faculty of public Health, Mahidol University, Bangkok, Thailand 10400

[2]Department of Epidemiology, Faculty of public Health, Mahidol University, Bangkok, Thailand 10400

*Corresponding author: koi_kohii@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ทำการประเมินการสัมผัสสารกลุ่มสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) ในผู้ขายหมูปิ้งบริเวณริมถนน เขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 23 คน โดยเก็บตัวอย่างสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอนในอากาศ ที่ระดับหายใจของผู้ขาย ตามขั้นตอนที่ดัดแปลงจาก NIOSH Method 5515 (1994) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟฟี แมสสเปกโตรเมตรี กราฟมาตรฐานพีเอเอชความเข้มข้น 12 - 600 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเป็นเส้นตรง อยู่ในช่วง 0.949-0.997 ค่าความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ที่ความเข้มข้น 6,000 และ 12,000 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร อยู่ในช่วง 78.15-90.74% และค่าประสิทธิภาพการสกัดสารจากตัวดูดซับที่ความเข้มข้น 6,000 นาโนกรัมต่อมิลลิตร อยู่ในช่วง 65.98-102.69% ผลพบว่าผู้ขายหมูปิ้งบริเวณริมถนนในเขตกรุงเทพฯ มีการสัมผัสสารโพลีไซคลิก อะไรมาติก ไฮโดรคาร์บอนประเภทไอระเหย 8 ชนิด คือ Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Fluoranthene และ Pyrene โดยค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.29-3.52 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่ง Phenanthrene มีค่าความเข้มข้นสูงสุดส่วน Naphthalene และ Acenaphthene มีความเข้มข้นน้อยที่สุด

คำสำคัญ: โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) การสัมผัส การปิ้งย่าง

Abstract

This study is to assess the exposure of polycyclic aromatic hydrocarbons in twenty three grilled meat vendors in Bangkok area by using Gas Chromatography/Mass spectrometry technique. Air samples were collected in breathing zone of study subjects following the modified NIOSH Method 5515 (1994). The validated method found linearity range of calibration curve from 12 to 600 ng/ml with R^2 0.949 - 0.997. The accuracy of analytical method at concentrations 6,000 and 12,000 ng/ml in the range of 78.15 to 90.74% and the desorption efficiency at concentration 6,000 ng/ml were 65.98 to 102.69%. Results of this study found 8 gaseous PAHs including Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Fluoranthene and Pyrene. The measured average exposed concentrations of each gaseous PAHs range from 0.29 to 3.52 μg/m^3. The Phenanthrene concentration found was the highest, Naphthalene and Acenaphthene were the lowest.

Keywords: polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), exposure, grilling

คำนำ

สารโพลีไซคลิก อะไรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons; พีเอเอช) เป็นกลุ่มสารเคมีที่มีมากกว่า 100 ชนิด พบในเขม่าควันไฟ ไอเสียของเครื่องยนต์ น้ำมันดิบ และยังเกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของสารอินทรีย์ เช่น ไขมันที่อยู่ในเนื้อสัตว์ น้ำมัน และไฮโดรคาร์บอนชนิดอื่นๆ ดังนั้นจึงพบสารชนิดนี้ในส่วนที่ไหม้เกรียมของอาหาร ปิ้ง ย่าง อาหารทอดกรอบ อาหารรมควัน นอกจากนี้ยังพบสาร PAHs คล้ายคลึงกับการเผาไหม้ ในควันจากเครื่องยนต์ ควันบุหรี่ และควันจากเตาเผาเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม (กรมควบคุมมลพิษ, 2543) สารพีเอเอชมีลักษณะโครงสร้างโมเลกุลเป็นวงอะโรมาติกเชื่อมต่อกันตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป การศึกษาของ Laowagul *et al*. (2005) พบว่า 99% ของสารพีเอเอชที่มีวงแหวน 2-3 วงจะอยู่ในสถานะแก๊ส และมากกว่า 90% ของสารพีเอเอชที่มีวงแหวน 5-7 วงจะอยู่ในสถานะของแข็งในรูปของฝุ่นละออง ส่วนพีเอเอชที่มีวงแหวน 4-5 วงพบว่าอยู่ทั้งสองสถานะ และจากรายงานการประเมินการสัมผัสทางการหายใจของสารพีเอเอชที่ผ่านมากล่าวตรงกันว่าความเข้มข้นในสถานะแก๊สมีสูงกว่าความเข้มข้นในสถานะอนุภาคมากกว่า 4-5 เท่า (Liu *et al*., 2007; Chen *et al*., 2008) สารพีเอเอชส่วนใหญ่เป็นสารเริ่มต้นของสารกลายพันธุ์ (Premutagen) และเป็นสารสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) ด้วยเหตุนี้จึงถูกจัดเข้าอยู่ในกลุ่มสารที่มีความสำคัญในเรื่องมลพิษในอากาศโดยหน่วยงาน Environmental Protection Agency (EPA) ซึ่ง EPA ได้กำหนดให้สาร PAHs 16 ตัว ได้แก่ Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Benz[a]anthracene, Chrysene, Benzo[b]fluoranthene, Benzo[k]fluoranthene, Benzo[a]pyrene, Dibenz[a,h]anthracene, Benzo[g,h,i]pyrene, and Indeno[1,2,3-cd]pyrene เป็นสารที่แนะนำให้รายงานในผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ (USEPA, 1984)

ในปัจจุบันการประกอบอาชีพขายอาหารปิ้งย่างบริเวณริมถนนเป็นอาชีพที่มีผู้ดำเนินกิจการมากในเขตกรุงเทพมหานครเนื่องจากการลงทุนที่ไม่สูงมากและเหมาะกับลักษณะของกลุ่มลูกค้าที่เป็นผู้อยู่อาศัยในเมืองซึ่งดำรงชีวิตอย่างเร่งรีบ อุปกรณ์ที่ใช้ในการปิ้งย่างประกอบไปด้วย รถเข็น เตา ตะแกรงสำหรับปิ้งย่าง และวัตถุดิบที่ใช้ปิ้งย่าง ได้แก่ เนื้อไก่ เนื้อหมู เป็นต้น และใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง จะเห็นได้ว่าผู้ประกอบอาชีพขายอาหารปิ้งบริเวณริมถนนนั้นเป็นกลุ่มที่มีการสัมผัสกับสารก่อมะเร็งชนิดนี้อยู่ตลอดเวลาการทำงาน ผลการศึกษาของ Ruchirawat *et al*. (2005) รายงานว่า พบสารพีเอเอชในรูปฝุ่นละออง 10 ชนิดในอากาศระดับหายใจที่เก็บจากกลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบอาชีพขายอาหารปิ้งย่างริมถนนเขตกรุงเทพฯ สูงกว่ากลุ่มอาชีพที่ขายเสื้อผ้าในพื้นที่เดียวกัน (37.24 ng/m^3 และ 16.07 ng/m^3) และยังสูงกว่าในกลุ่มเปรียบเทียบที่เป็นพระและแม่ชีซึ่งอยู่ห่างจากถนน 500 เมตร (5.34 ng/m^3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) จากเอกสารงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาที่ครอบคลุมการสัมผัสสารพีเอเอชทั้งในรูปอนุภาคและแก๊สทางการหายใจของผู้ขายอาหารปิ้งย่าง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเพื่อทราบถึงระดับการสัมผัสสารพีเอเอช 16 ชนิดในทั้งสองสถานะรวมถึงปัจจัยการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัส ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการสัมผัสสารพีเอเอชและการดูแลป้องกันสุขภาพของผู้ขายอาหารปิ้งย่างต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับการสัมผัสสารกลุ่ม โพลีไซคลิก อะไรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) ในรูปของไอระเหยที่ผู้ขายหมูปิ้งบริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานครสัมผัสขณะประกอบอาชีพ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้คือผู้ขายหมูปิ้ง ในเขตกรุงเทพมหานคร คัดเลือกตัวอย่างโดยเลือกผู้ขายหมูปิ้งที่เต็มใจเข้าร่วมการศึกษา โดยต้องมีอายุ 20-59 ปี สุขภาพแข็งแรง ไม่สูบบุหรี่ในระหว่างการเก็บตัวอย่างอากาศ ทำเลค้าขายอยู่ในบริเวณริมถนนย่านที่มีการจราจรคับคั่ง เช่น อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ประตูน้ำ ปทุมวัน ดินแดง และสะพานควายเป็นต้น โดยผู้ขายอาหารปิ้งย่างต้องเป็นเจ้าของกิจการเอง และใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงในการปิ้งย่างเท่านั้น

การเก็บตัวอย่างอากาศ

การศึกษานี้ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย (พฤศจิกายน-ธันวาคม พ.ศ. 2552) ซึ่งลักษณะทางภูมิอากาศในช่วงการเก็บตัวอย่างอากาศ มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 29 องศาเซลเซียส (27.70-30.60 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.7% (61.9-84.0%) และค่าเฉลี่ยความเร็วลมเท่ากับ 0.68 เมตรต่อนาที (0.24-1.15 เมตรต่อนาที) ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในบริเวณหายใจของผู้ขายหมูปิ้ง โดยใช้ปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล (Model 224/PCXR-8, SKC Inc.US) ที่ต่อกับตลับบรรจุกระดาษกรองชนิด Glass fiber (ø 37 mm ,SKC Inc.US) และหลอดดูดซับชนิด

XAD-2 (Supelco, US) ประยุกต์จาก NIOSH method no.5515 (NIOSH,1994) โดยปรับอัตราการไหลที่ 2 ลิตรต่อนาที ทำการเก็บตัวอย่างตลอดระยะเวลาการทำงานของผู้ขายหมูปิ้ง และเก็บข้อมูลทั่วไป ลักษณะการทำงาน โดยการสังเกตและการสอบถามข้อมูลโดยตรงจากผู้ขายหมูปิ้งตามแบบสัมภาษณ์

การสกัดและวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ

การสกัดและวิเคราะห์ในการศึกษานี้พัฒนาเทคนิควิธีการสกัดและวิเคราะห์สารพีเอเอชด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC/MS)

การเตรียมกราฟมาตรฐาน (Standard curve) ของสารพีเอเอชทำโดยนำสารละลายมาตรฐานสารพีเอเอช 16 ชนิด (SV Calibration Mix #5 cat. 31011, Restek Cor., US) มาเจือจางด้วยตัวทำละลายเฮกเซน (Merck, Germany) ที่ค่าความเข้มข้น 12, 24, 60, 96, 240 และ 600 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นของสารละลายพีเอเอช

ค่าประสิทธิภาพการสกัดสารจากตัวดูดซับ (Desorption efficiency) ได้ถูกทดสอบโดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 6,000 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ฉีดเข้าไปในตัวดูดซับชนิด XAD-2 ในปริมาตร 5 ไมโครลิตร แล้วปิดฝาทันที หุ้มด้วยกระดาษฟอยด์ นำไปแช่ที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ข้ามคืน จากนั้นนำมาสกัดด้วยสารละลายเฮกเซน 500 ไมโครลิตร และใส่เครื่องอัลตราโซนิคที่ควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำประมาณ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 30 นาที แล้วจึงดูดแยกสารละลายออกจากตัวดูดซับและนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC/MS Series 6890N, Agilent, US) โดยเตรียมทั้งหมด 3 ซ้ำ แล้วนำมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการสกัด

ค่าความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์ (Accuracy) คำนวณจากค่า %recovery ซึ่งถูกทดสอบโดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 6,000 และ 12,000 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ โดยเริ่มจากการแยกหลอดเก็บตัวอย่าง XAD-2 ส่วนหน้าและหลังออกจากกัน นำสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 6,000 และ 12,000 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 5 ไมโครลิตร ฉีดเข้าไปในตัวดูดซับชนิด XAD-2 ส่วนหน้า จากนั้นปิดฝาทันที หุ้มด้วยกระดาษฟอยด์ นำไปแช่ที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ข้ามคืน แล้วนำไปสกัดด้วยสารละลายเฮกเซนปริมาตร 500 ไมโครลิตร ใส่เครื่องอัลตราโซนิคที่ควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำประมาณ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาที แล้วจึงดูดแยกสารละลายออกจากตัวดูดซับและนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC/MS)

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างแสดงในตารางที่ 1 ผู้ขายหมูปิ้งทั้งหมด 23 คน แบ่งเป็นชาย 15 คน หญิง 8 คน มีอายุเฉลี่ย 41.5 ปี (24-60 ปี) ทำงานปิ้งหมูขาย 6-7 วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลาในการทำงาน 5-8 ชั่วโมง/วัน อายุการทำงานเฉลี่ย 7.1 ปี (1-20 ปี) 82.6% ของกลุ่มตัวอย่างทราบว่าควันจากการปิ้งย่างเป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่มีเพียง 13% ที่ใส่ผ้าปิดจมูกทุกครั้งขณะปิ้งย่าง

Table 1 General characteristics of grilled meat vonders

Characteristics	Number	Percentage
Age group (years)		
≤ 30	1	4.3
31-40	10	43.5
41-50	7	30.4
> 50	5	21.7
Duration of work as grilled meat vendor (years)		
≤ 5	10	43.5
6-10	8	34.8
11-15	4	17.4
16-20	1	4.3
Knowledge of toxicity of grilled meat smokes		
yes	19	82.6
no	4	17.4
Cotton mask used		
yes	3	13
no	9	39.1
sometime	11	47.8

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารละลายมาตรฐานพีเอเอช 16 ชนิด ด้วยเครื่อง GC/MS ได้โครมาโตแกรม ดัง Figure 1 โดยสารพีเอเอชแต่ละชนิดมีค่า Retention time และค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของกราฟมาตรฐาน (Correlation coefficient of calibration curve, R^2) ในช่วงความเข้มข้น 12-600 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร อยู่ในช่วง 0.949-0.997 ดังแสดงใน Table 2

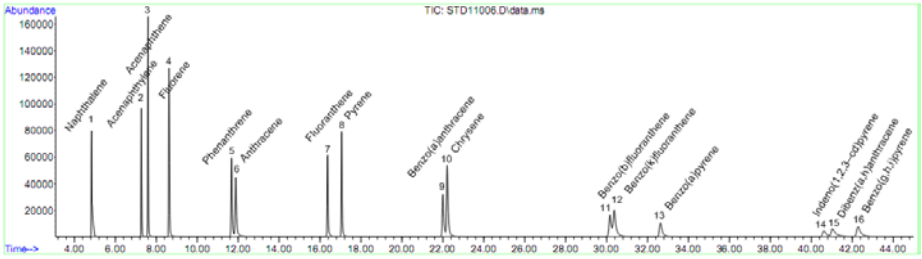


Figure 1 Chromatograms of 16 standard PAHs [600 ng/ml] by GC/MS analysis. GC-parameters: Column; injection temp. of 280°C, injection volume of 2 µl, split less mode with carrier gas (helium) by flow rate at 0.8 ml/min, Oven temperature program; 80°C heated to 185°C at 15°C /min for 5 min, then heated to 240°C at 10°C /min for 10 min after that heated to 276°C at 3 °C /min for 5.5 min, MS-parameters: ionization energy 70 eV.

Table 2 Retention time and Correlation coefficient of Calibration curve (R^2) for the analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)

PAHs (conc. 12 – 600 ng/ml)	Retention time (min)	Correlation coefficient of Calibration curve,R^2
Naphthalene	4.849	0.997
Acenaphthylene	7.275	0.983
Acenaphthene	7.600	0.993
Fluorene	8.635	0.990
Phenanthrene	11.773	0.983
Anthracene	11.989	0.968
Fluoranthene	16.441	0.981
Pyrene	17.121	0.981
Benzo(a)anthracene	22.147	0.964
Chrysene	22.340	0.968
Benzo(b)fluoranthene	30.397	0.957
Benzo(k)fluoranthene	30.549	0.949
Benzo(a)pyrene	32.904	0.958
Indeno(1,2,3–cd)pyrene	41.016	0.962
Dibenz(a,h)anthracene	41.457	0.953
Benzo(g,h,i)pyrene	42.572	0.957

ค่าประสิทธิภาพการสกัดสารจากตัวดูดซับ (Desorption efficiency) อยู่ในช่วง 65.98-102.69% ค่าความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์ (%Recovery) มีค่าอยู่ในช่วง 78.15-90.74 % ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Desorption concentration, desorption efficiency, recoverd concentration and average recovery for the analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)

PAHs	Desorption Concentration (ng/ml)	Desorption efficiency (%)	Recovered Concentration [a] (ng/ml)	Average Recovery [a] (%)
1. Naphthalene	60	102.69	47.21	78.69
	120		108.89	90.74
2. Acenaphthylene	60	88.46	47.57	79.28
	120		104.13	86.78
3. Acenaphthene	60	95.34	47.19	78.66
	120		107.38	89.49
4. Fluorene	60	88.70	47.11	78.52
	120		105.58	87.99
5. Phenanthrene	60	72.34	48.68	81.13
	120		101.10	84.25
6. Anthracene	60	71.82	51.06	85.11
	120		93.78	78.15
7. Fluoranthene	60	66.63	49.73	82.88
	120		102.04	85.03
8. Pyrene	60	65.98	49.34	82.24
	120		99.99	83.33

[a] 3 times average

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารพีเอเอชรูปไอระเหยในบรรยากาศจากผู้ขายหมูปิ้ง จำนวน 23 คน พบว่า เป็นสารพีเอเอช 8 ชนิด คือ naphthalene, acenaphthylene, acenaphthene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene และ pyrene ดังโครมาโตแกรมที่แสดงใน Figure 2 ซึ่งสารพีเอเอชที่พบทั้ง 8 ชนิด เป็นชนิดที่มีขนาดเล็ก วงอะโรมาติก 2-4 วง ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.29-3.52 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดัง Table 4

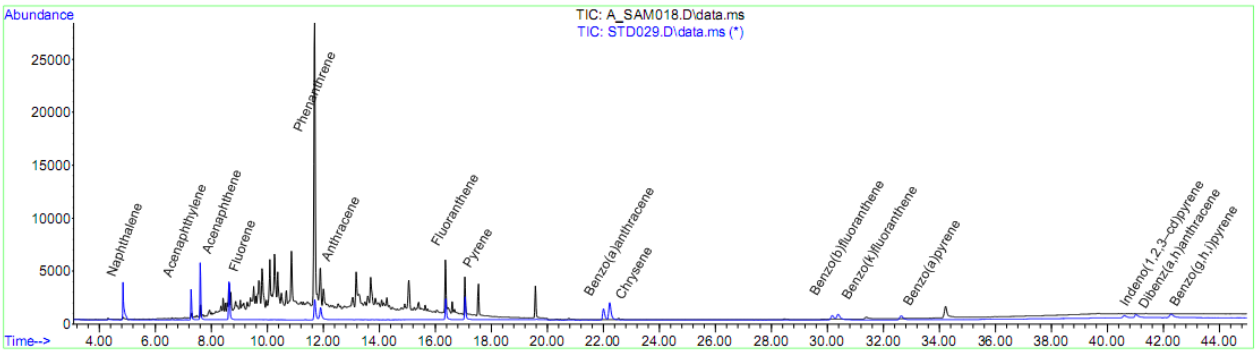


Figure 2 Chromatograms of air samples analysis by GC/MS; GC-parameters: Column; injection temp. of 280°C, injection volume of 2 µl, split less mode with carrier gas (helium) by flow rate at 0.8 ml/min, Oven temperature program; 80°C heated to 185°C at 15°C /min for 5 min, then heated to 240°C at 10°C /min for 10 min after that heated to 276°C at 3°C /min for 5.5 min, MS-parameters: ionization energy 70 eV.

Table 4 Concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in breathing zone of Grilled meat vendors

PAHs	Concentration (µg/m^3) $\bar{X} \pm$ SD (n=23)
Naphthalene	0.27 ± 0.56
Acenaphthylene	0.57 ± 0.76
Acenaphthene	0.29 ± 0.42
Fluorene	0.72 ± 1.25
Phenanthrene	3.52 ± 3.84
Anthracene	0.73 ± 0.78
Fluoranthene	0.63 ± 0.59
Pyrene	0.31 ± 0.35

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

ค่าความเข้มข้นของสารพีเอเอช 8 ชนิด คือ naphthalene, acenaphthylene, acenaphthene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene และ pyrene ที่พบในการศึกษานี้เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.29-3.52 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของการสัมผัสสาร PAHs ในสถานะแก๊สจากบรรยากาศการหายของผู้ขายหมูปิ้งนี้ เป็นส่วนหนึ่งของงานการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ (Health risk assessment) ของผู้ขายหมูปิ้งริมถนน โดยผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Laowagul *et al*. (2005) ที่พบว่าสาร PAHs ขนาดเล็กที่มีวงอะโรมาติก 2-4 วงจะอยู่ในสถานะแก๊ส

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2543. **พีเอเอช (โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน).** กรุงเทพฯ. 96 น.

Chen, M.R. and P.J. Tsai. 2008. Assessing inhalatory and dermal exposures and their resultant health-risks for workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contained in oil mists in a fastener manufacturing industry. **Environment International.** 34(7): 971-975.

Laowagul, W. and P. Sukasem. 2005. **Investigation of PAHs in ambient air in industrial and urban area.** Available from: *http://www.ertc.deqp.go.th/ertc/images/stories/user/air/air4/paper/PAH-Urb. pdf* [2009 May 14].

Liu, Y.N. and S. Tao. 2007. Exposure of traffic police to Polycyclic aromatic hydrocarbons in Beijing, China. **Chemosphere** 66(10): 1922-1928.

Ruchirawat, M. and P. Navasumrit. 2005. Measurement of genotoxic air pollutant exposures in street vendors and school children in and near Bangkok. **Toxicology and Applied Pharmacology**. 206(2): 207-214.

The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1994. **Polynuclear aromatic Hydrocarbons by GC: Method 5515**. Available from: *http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/5515.pdf* [1994 August 15].

United States. Environmental Protection Agency. Office of Air Quality. 1984. **Review and evaluation of the evidence for cancer associated with air pollution: final report / prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Pollutant Assessment Branch, Office of Air Quality Planning and Standards under contract no. 68-02-3396 ;** prepared by Clement Associates, Inc., I.C.T. Nisbet ... [et al.]. Research Triangle Park, NC :, The Branch.

สาขาเกษตรศาสตร์:
สัตวศาสตร์

ระบบฐานข้อมูลการจัดการฟาร์มโคนม
Database System of Dairy Farming (DSDF)

เพ็ญพิมล นิรานนท์[1*] สุพัตร์ ฟ้ารุ่งสาง[2] ศุภพร ไทยภักดี[3] และศิริภัทรา เหมือนมาลัย[4]

Penpimol Niranon[1*], Supat Farungsang[2], Supaporn Thaipakdee[3] and Siripattra Muarnmarrai[4]

[1]คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[2]ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[3]ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[4]สายวิชาคณิตศาสตร์ สถิติ และคอมพิวเตอร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[1] Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, Thailand 73140

[2] Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen,
Kasetsart University, Nakhon Pathom, Thailand 73140

[3] Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen,
Kasetsart University, Nakhon Pathom, Thailand 73140

[4] Department of Mathematics, Statistics and Computers, Faculty of Liberal Art and Science,
Kasetsart University, Nakhon Pathom, Thailand 73140

*Corresponding author: penpimol70@gmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลการจัดการฟาร์มโคนมมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการฟาร์มโคนม การพัฒนาโปรแกรมมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้คือ มีการออกแบบแฟ้มข้อมูลทั้งหมด 10 แฟ้ม ประกอบไปด้วยข้อมูลโคนม ข้อมูลพันธุ์ประวัติโคนม ข้อมูลการให้ผลผลิต ข้อมูลประชากรโคนม ข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต ข้อมูลการตรวจสุขภาพ ข้อมูลการผสมพันธุ์ ข้อมูลการให้อาหาร ข้อมูลการซื้อ ข้อมูลการซื้อขาย ข้อมูลพนักงาน โดยใช้โปรแกรม MySQL สร้างฐานข้อมูล และใช้โปรแกรม PHP เชื่อมต่อฐานข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้สามารถบันทึก แก้ไข ลบ คำนวณและการแสดงข้อมูลด้านต่างๆ ในการจัดการฟาร์ม เช่น คำนวณประชากรโคนมภายในฟาร์ม สรุปการให้น้ำนมภายในฟาร์มได้ เป็นต้น ในส่วนของการปฏิบัติงานของเกษตรกรหรือเจ้าของฟาร์มสามารถใช้งานได้จริง สามารถนำข้อมูลมาประมวลผลได้ง่ายและสะดวกขึ้น และสามารถใช้เป็นแนวทางไปสู่การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการจัดการภายในฟาร์มโคนมให้ผลผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: การจัดการฟาร์มโคนม ฐานข้อมูล

Abstract

The objective of Database System of Dairy Farming (DSDF) to use the information technology for increasing an efficiency of Dairy farm management. The process of program development was the style of 10 files which covered daily record, dairy product, dairy cattle population, growthrate, health, feeding, breeding, expense accounts, revenue accounts and employee information by using MySQL program to create database. Then, the PHP program was used to connect database, record, delete, update, calculate and illustrate farm management data, for example, dairy farm population of calculation, summary of product. The information was easy to access and also practical for agriculturist or farmer to evaluate their operation in order to improve the efficiency of cattle farm management in the future.

Keywords: dairy farm management, database

คำนำ

ปัจจุบันมีการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์มากขึ้น ทำให้ผู้ประกอบการหรือเกษตรกรได้นำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศ เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงสัตว์ให้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะในยุคที่คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน ผู้ประกอบการสามารถนำคอมพิวเตอร์เข้ามาประยุกต์ใช้งานเพื่อการเลี้ยงสัตว์ในรูปแบบต่างๆ ได้ โดยคอมพิวเตอร์สามารถจัดเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดการฟาร์ม การคำนวณสูตรอาหาร เป็นต้น อย่างไรก็ตามโปรแกรมเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นของต่างประเทศเมื่อนำมาใช้ในประเทศไทย โปรแกรมการจัดการบางส่วนไม่เหมาะสมกับสภาพการเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย (จีระชัย, 2549) และมีค่าใช้จ่ายสูง ทำให้การใช้โปรแกรมในด้านการจัดการฟาร์มไม่ได้รับความนิยม และมีการเผยแพร่น้อยมาก

ดังนั้นการพัฒนาโปรแกรมการจัดการฟาร์มโคนมอย่างเหมาะสมกับสภาพการเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากเป็นการพัฒนาโปรแกรมโดยอาศัยต้นทุนที่ต่ำกว่าโดยผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมการจัดการฟาร์มโคนมเพื่อจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ภายในฟาร์ม ซึ่งการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบจะส่งผลต่อการจัดการภายในฟาร์มและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในขณะดำเนินงาน (วิโรจน์, 2546) เนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะช่วยลดเวลาในการสืบค้นข้อมูล สามารถประมวลผลข้อมูลจัดทำรายงานต่างๆ ภายในฟาร์มได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว แม่นยำมากยิ่งขึ้นทำให้ประหยัดเวลาและแรงงาน รวมไปถึงช่วยในการวางแผนระบบงานประจำวัน ประจำเดือน และประจำปี ออกมาเป็นรายงานในรูปแบบต่างๆ สามารถเก็บรักษาข้อมูล และเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ ลดความซ้ำซ้อน การผิดพลาด ทำให้เห็นถึงปัจจัยเสี่ยงและแนวโน้มของปัญหาที่อาจเกิดขึ้น สามารถหาแนวทางในการป้องกันหรือแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงที นอกจากนี้แล้วในการจัดทำโปรแกรมที่ดีนั้นจะต้องสามารถปรับใช้ได้กับทุกสาขาอาชีพมิใช่เฉพาะเพื่อปศุสัตว์เท่านั้น

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุและอุปกรณ์

1. ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มีรายละเอียดดังนี้
    1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU)
    1.2 หน่วยความจำสำรอง ประกอบด้วย ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk)
        และแผ่นจานซีดี-รอม (CD-ROM DISC)
    1.3. หน่วยความจำหลัก (RAM)
    1.4. จอภาพ (Monitor)
    1.5. ความละเอียดในการแสดงสี 16-32 ล้านสี
2. ซอฟต์แวร์ (Software) มีรายละเอียด ดังนี้
    2.1. ระบบปฏิบัติการ Microsoft Window XP
    2.2. โปรแกรม Microsoft Internet Explorer
    2.3. โปรแกรม สำหรับทำฐานข้อมูล
        - โปรแกรม Apache Web Server
        - โปรแกรม PHP (Personal Home Page Tool)
        - โปรแกรม MySQL
    2.4. โปรแกรม Microsoft Word 2003
    2.5. โปรแกรม สร้างเว็บไซต์
    2.6. โปรแกรม Edit plus 2

วิธีการ

ในการศึกษาแบ่งวิธีการดำเนินงานออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ได้ทั้งหมด 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมแผนดำเนินงาน

2. ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทำฐานข้อมูลการจัดการฟาร์มโคนม เพื่อกำหนดรูปแบบโครงสร้างของฐานข้อมูลโคนมโดยมีตัวอย่างฐานข้อมูลโคนมจากฟาร์มโคนมชินดนัย-ไรวินทร์ฟาร์ม บ้านเลขที่ 99/9 หมู่ 1 บ้านเด่น ตำบลสนามแย้ อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี 70190

3. ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้าง ฐานข้อมูล และองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลพันธุ์ประวัติโคนม ข้อมูลการให้ผลผลิต ข้อมูลประชากรโคนม ข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต ข้อมูลการตรวจสุขภาพ ข้อมูลการผสมพันธุ์ ข้อมูลการให้อาหาร ข้อมูลการซื้อขาย ข้อมูลบัญชีฟาร์ม ข้อมูลการบริหารฟาร์ม

4. ขั้นตอนการสร้างระบบฐานข้อมูลโคนมที่ได้ออกแบบ โดยใช้โปรแกรม MySQL สร้างฐานข้อมูลโดยใช้คำสั่ง SQL ในการจัดการฐานข้อมูลหลังจากนั้นใช้โปรแกรมภาษา PHP เขียน script บนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (server – side script) ด้วยโปรแกรม Edit Plus 2 เพื่อแสดงข้อมูลใน web browser และมีการแสดงผล หน้าเว็บเพจ (Web page) ด้วยภาษา HTML โดยโปรแกรมสร้างเว็บไซต์ สร้างส่วนติดต่อผู้ใช้(user interface)

เพื่อสะดวกรวดเร็วของผู้ใช้ รวมถึงง่ายต่อการแก้ไขของผู้ดูแลระบบ มีกลไกการค้นหาคำตอบ (inference engine) รวมถึงแก้ไขข้อบกพร่องตลอดจนเพิ่มเติมส่วนที่ขาด การใช้งานของระบบสามารถเลือกคำสั่งต่างๆ เช่น ข้อมูลพันธุ์ประวัติโคนม ข้อมูลการให้ผลผลิต

5. ขั้นตอนการทดสอบการใช้งานโดยทดสอบกลุ่มตัวอย่างในฟาร์มโคนมในจังหวัดกาญจนบุรีเพื่อให้ระบบฐานข้อมูลแสดงข้อมูลทำให้สามารถใช้งานได้ดีและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. ขั้นตอนของการแก้ไขข้อบกพร่อง เพิ่มเติมรายละเอียดหลังทดสอบการใช้งาน

7. ขั้นตอนการติดตั้งฐานข้อมูลโดยผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานโดยผ่านเครือข่าย Internet Explorer บนเว็บไซต์

8. ขั้นตอนการติดตาม ประเมินผล และสรุปผลรายงาน

ผลการวิจัย

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลโคนม

1. ระบบฐานข้อมูลโคนมได้นำเสนอไว้บนเว็บไซต์ http://agri.kps.ku.ac.th/daily/home.php ซึ่งมีขั้นตอนและคู่มือการใช้งานของฐานข้อมูลโคนมในการใช้งานซึ่งได้แสดงไว้ในเว็บเพจ สามารถทำการดาวน์โหลดได้ ภายในคู่มือจะบอกรายละเอียดถึงส่วนต่างๆ ในโปรแกรมนี้และวิธีการใช้ต่างๆ ว่าเข้าใช้งานได้ที่ตรงไหน มีขั้นตอนในการทำงานและความสามารถของโปรแกรม ดัง Figure 1

Figure 1 Dairy index database page

2. ฐานข้อมูลแบ่งการใช้งานออกเป็นและกำหนดสิทธิใช้ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

ผู้ใช้ที่ 1 สามารถบันทึกข้อมูลและและสามารถแสดงผลแบบรวมได้

ผู้ใช้ที่ 2 สามารถบันทึกข้อมูล แก้ไข ลบ ข้อมูล

ผู้ใช้ที่ 3 สามารถดูสรุปข้อมูลการเลี้ยง รายงานต่างๆ และพิมพ์ข้อมูลได้

3. ในการเข้าใช้ฐานข้อมูลการจัดการฟาร์มโคนมเริ่มจากหน้าโฮมเพจของเว็บไซต์ (Figure 1) อันดับแรกผู้ใช้ต้องเลือกการใช้งานว่าต้องการเข้าไปใช้เมนูใด ได้ซึ่งมีข้อมูลทั้งหมด 10 ข้อมูล ประกอบไปด้วย ข้อมูลพันธุ์ประวัติโคนม ข้อมูลการให้ผลผลิต ข้อมูลประชากรโคนม ข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต ข้อมูลการตรวจสุขภาพ ข้อมูลการผสมพันธุ์ ข้อมูลการให้อาหาร ข้อมูลการซื้อ ข้อมูลการขาย ข้อมูลพนักงาน ซึ่งในแต่ละเมนูนั้นสามารถเข้าไปบันทึกข้อมูล แก้ไข ลบ แสดงข้อมูล และสรุปการเลี้ยงโคนมได้ ดัง Figure 2, 3, 4, 5, 6, 7 ตามลำดับ

Figure 2 Dairy menu page

Figure 3 Dairy data entry page

Figure 4 Dairy data ethered

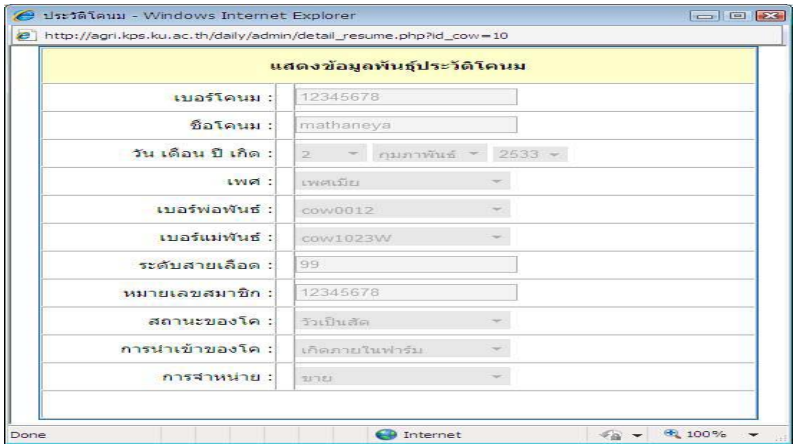


Figure 5 Report of growing-finish dairy

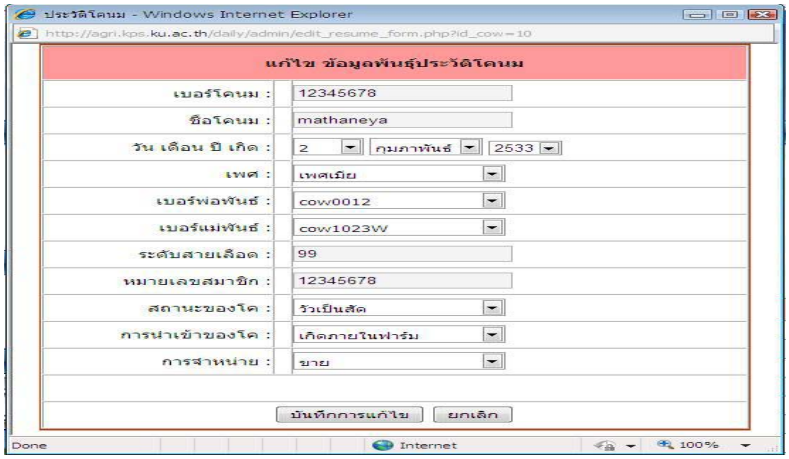


Figure 6 Dairy data correction page

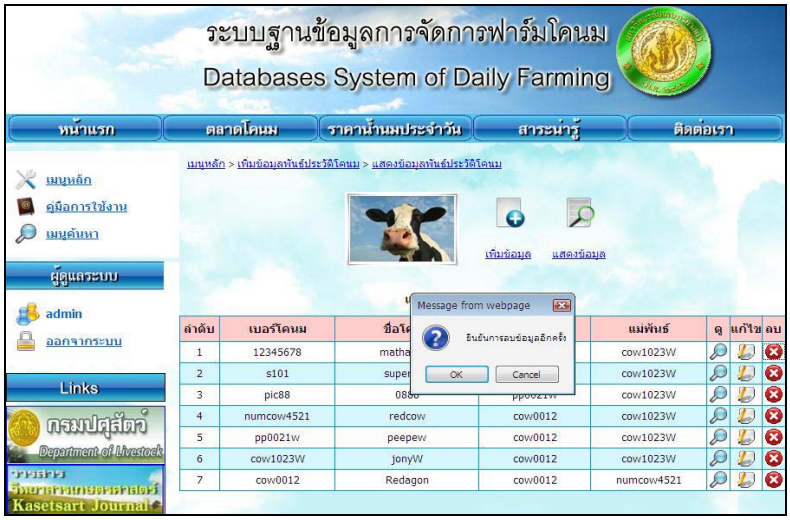


Figure 7 Data deletion page

ในแต่ละเมนูของข้อมูลนั้นจะมีคำอธิบายและสามารถเข้าสู่หน้าต่างๆ ได้อย่างสะดวก การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการจัดการฟาร์มสามารถช่วยแบ่งเบาภาระการปฏิบัติงานประจำวัน ได้แก่ การบันทึกข้อมูล การประมวลผล การปรับปรุงข้อมูลพร้อมทั้งออกรายงานได้เป็นอย่างดี ช่วยประหยัดเนื้อที่ในการเก็บระเบียน เมื่อต้องการหาข้อมูลบางอย่างเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการจัดการฟาร์ม ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ และรองรับปริมาณงานที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาการปฏิบัติงานโดยใช้บุคคลได้ โดยโปรแกรมนี้สามารถนำมาเป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจเพื่อวิเคราะห์ให้เห็นถึงผลประกอบการรวมถึงความผิดพลาดของการจัดการฟาร์ม และการวางแผนการผลิตที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

จากการทดลองใช้ระบบฐานข้อมูลการจัดการฟาร์มโคนม ในฟาร์มโคนมต่างๆ ภายในอำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ในการทดสอบการใช้งานเบื้องต้นเป็นที่น่าพอใจ โดยฐานข้อมูลสามารถใช้งานได้ตามความต้องการของผู้ใช้ อาจเกิดปัญหาบ้างในกรณีของ การประกอบสูตรอาหารซึ่งแต่ละฟาร์มมีการประกอบสูตรอาหารที่แตกต่างกันไป รวมไปถึงในบางฟาร์มที่ไม่สามารถเข้าใช้งานอินเตอร์เน็ตได้ เนื่องจากอยู่นอกพื้นที่โทรคมนาคมหรือยังไม่ได้ติดตั้งการใช้งาน ผู้วิจัยจึงได้นำโปรแกรมระบบฐานข้อมูลการจัดการฟาร์มโคนมไปติดตั้งให้ทดลองใช้พร้อมคู่มือในการทำงาน นอกจากนี้อยู่ในระหว่างดำเนินการประเมินความพึงพอใจของผู้ทดสอบใช้งานโปรแกรมระบบฐานข้อมูล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการพิจารณาโปรแกรมให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้โปรแกรมในการจัดการฟาร์มโคนม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สุพัตร์ ฟ้ารุ่งสาง รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภพร ไทยภักดี และรองศาสตราจารย์ศิริภัทรา เหมือนมาลัย ที่ให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย และขอขอบคุณ ฟาร์มโคนมชินดนัย-ไรวินทร์ฟาร์ม ที่ให้การสนับสนุนฐานข้อมูลโคนม และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์และงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จีระชัย กาญจนพฤติพงศ์. 2549. **การจัดการฝูงโคนม.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ 230 น.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. **โคนม.** พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ขอนแก่น. 450 น.

ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและปัจจัยที่มีผลต่อความสมบูรณ์พันธุ์ของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนในฟาร์มโคนม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Genetic Parameters and Factors Affecting Fertility Traits of Crossbred Holstein Friesian Cattle in the Dairy Cattle Farm of Chiang Mai University

อังค์วรา ศรีวิชัย* และณัฐพล จงกสิกิจ

Angwara Srivichai* and Nattaphon Chongkasikit

ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Department of Animal Science and Aquaculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: angwara.s@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและปัจจัยที่มีผลต่อความสมบูรณ์พันธุ์ของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนในฟาร์มโคนม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2551 ซึ่งลักษณะที่ศึกษา ได้แก่ จำนวนครั้งต่อการผสมติด (number of service per conception; NSC) จำนวนวันท้องว่าง (day open; DO) และช่วงห่างการให้ลูก (calving interval; CI) พบว่าระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียนมีผลต่อ DO และ CI ($p<0.01$) โดยโคมีความสมบูรณ์พันธุ์มากที่สุดที่ระดับสายเลือดเท่ากับ 75-87.5 เปอร์เซ็นต์ ฤดูกาลมีผลต่อ DO และ CI ($p<0.01$) ซึ่งโคมีความสมบูรณ์พันธุ์มากที่สุดในฤดูฝน (ก.ค-ต.ค) ลำดับลูกที่คลอดมีผลต่อลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ทั้ง 3 ลักษณะ ($p<0.05$) โดยความสมบูรณ์พันธุ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อลำดับลูกที่คลอดเพิ่มขึ้น สำหรับค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของความสมบูรณ์พันธุ์เท่ากับ 0.01±0.13, 0.21±0.09 และ 0.23±0.09 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏ ระหว่างลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ทุกลักษณะมีค่าเป็นบวก

คำสำคัญ: ความสมบูรณ์พันธุ์ ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน

Abstract

The objectives of this study were to find out the genetic parameters and the factors affecting to fertility traits (number of service per conception: NSC, day open: DO, calving interval: CI). The data of crossbred Holstein Friesian Cattle in Chiang Mai University Dairy Cattle Farm during year 1986 to 2003 were used. The results showed percentage of Holstein and seasons were highly significant affected to DO and CI ($p<0.01$). The cows had highest fertility at 75-87.5% HF and in rainy season. Parity was affected on whole fertility traits significantly ($p<0.05$). So the fertility tended to increase with parity number. Estimated heritability were 0.01±0.13, 0.21±0.09 and 0.23±0.09, respectively. In addition, genotypic and phenotypic correlations were positive.

Keywords: fertility traits, genetic parameters, crossbred Holstein Friesian cattle

คำนำ

การคัดเลือกสัตว์ถือว่าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ เนื่องจากการคัดเลือกสัตว์มีผลโดยตรงต่อความก้าวหน้าทางพันธุกรรม การคัดเลือกโคนมส่วนใหญ่มุ่งเน้นที่ปริมาณน้ำนมเป็นสำคัญ ซึ่งการเลี้ยงโคนมในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนที่ระดับสายเลือดต่างกันตามโปรแกรมการผสมพันธุ์แบบยกระดับสายเลือด ซึ่งจากรายงานการศึกษาด้านสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ พบว่า แม่โคมีความสมบูรณ์พันธุ์ลดลงเมื่อปริมาณน้ำนมและระดับสายเลือดเพิ่มสูงขึ้น โดยลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ที่สำคัญ ได้แก่ จำนวนครั้งต่อการผสมติด จำนวนวันท้องว่าง และช่วงห่างการให้ลูก ซึ่งผลกระทบจากความสมบูรณ์พันธุ์นั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลกำไรที่เกิดขึ้นในธุรกิจการเลี้ยงโคนม (วิชัย และคณะ, 2546) เนื่องจากความสมบูรณ์ต่ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อโอกาสในการแสดงความสามารถในการให้ผลผลิตหรือการคัดแม่โคทิ้งออกจากฝูง นอกจากนี้ความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำยังนำไปสู่การเพิ่มต้นทุนในการผลิตเนื่องจากการเพิ่มการจัดการ ดังนั้นในการคัดเลือกสัตว์จะต้องพิจารณาถึงผลที่จะเกิดขึ้นจากการเน้นคัดเลือกเพียงลักษณะเดียว ซึ่งการคัดเลือกโคนมในประเทศไทย ลักษณะปริมาณน้ำนมจะคัดเลือกจากลักษณะทางพันธุกรรม แต่สำหรับลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ใช้การคัดเลือกจากลักษณะปรากฏ ซึ่งการคัดเลือกเช่นนี้จะส่งผลต่อความก้าวหน้าทางพันธุกรรมได้ช้ากว่าการคัดเลือกจากลักษณะทางพันธุกรรม ดังเช่น กรมปศุสัตว์จะพิจารณาคัดเลือกลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ในโคนมโดยกำหนดหลักเกณฑ์การคัดในแต่ละลักษณะ โคตัวใดอยู่ในหลักเกณฑ์ที่กำหนดจะถูกพิจารณาคัดออกจากฝูง เช่น จำนวนครั้งผสมต่อการผสมติดมากกว่า 3 ครั้ง หรืออายุเมื่อผสมติดในโคสาวมากกว่า 24 เดือนเป็นต้น โดยยังไม่มีการนำค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมมาใช้ในการคัดเลือกอย่างชัดเจน (วิชัย และคณะ, 2546) ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาถึงค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและปัจจัยที่มีผลต่อความสมบูรณ์พันธุ์เพื่อใช้ในการคัดเลือก โดยจะทำให้เกิดการคัดเลือกที่แม่นยำและเกิดความก้าวหน้าทางพันธุกรรมมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมข้อมูลพันธุ์ประวัติและประวัติการผสมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนของฟาร์มโคนม ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทั้งหมดจำนวน 140 บันทึกระหว่างปี พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2551 โดยข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วย ระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียน ฤดูกาลและปีที่เกิดและที่คลอดลูก ลำดับลูกที่คลอด จำนวนครั้งต่อการผสมติด จำนวนวันท้องว่าง และช่วงห่างการให้ลูก นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อความสมบูรณ์พันธุ์และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย LSD วิเคราะห์หาค่าอัตราพันธุกรรมและค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) ภายใต้ Animal model (BLUP) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป VCE 4 (Eildert, 1998) โดยมีแบบหุ่นจำลองเชิงเส้นผสม (ต่อตระกูล, 2551) ดังนี้

$$Y = Xb + Zu + e$$

โดย Y = เวคเตอร์ของจำนวนครั้งต่อการผสมติด จำนวนวันท้องว่าง และช่วงห่างการให้ลูก

X = เมตริกซ์ที่แสดงความสมัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยคงที่

b = เวคเตอร์ของปัจจัยคงที่เนื่องจากระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียน เดือนที่คลอด ฤดูกาลที่คลอด ปี-ฤดูกาลที่คลอด และลำดับลูกที่คลอด

Z = เมตริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยสุ่ม

u = เวคเตอร์ของปัจจัยสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์

e = เวคเตอร์ของความคลาดเคลื่อน

และวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ค่าสถิติเบื้องต้นของลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์

ความสมบูรณ์พันธุ์ของฝูงโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียนของฟาร์มภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่า มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติด จำนวนวันท้องว่าง และช่วงห่างการให้ลูกเท่ากับ 2.19±1.64 ครั้ง 165.34±121.47 วัน และ 444.50±122.09 วัน ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ วิชัย และคณะ (2548) ที่ศึกษาในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน ตามโครงการปรับปรุงพันธุ์โคนมไทยฟรีเชียน ซึ่งรายงานไว้เท่ากับ 1.8±1.2 ครั้ง 171.2±106.2 วัน และ 451.1±108.2 วัน ตามลำดับ แต่ทุกลักษณะที่ศึกษามีค่าสูงกว่ารายงานของ Grosshans *et al*. (1997) ที่รายงานไว้เท่ากับ 1.50 ครั้ง 99.0 วัน และ 374.5 วัน ตามลำดับ

Table 1 Number observation (N), mean (M), standard deviation (SD), minimum (Min) and maximum (Max) of fertility traits in crossbred Holstein Friesian

Traits[1]	N	M	SD	Min	Max
NSC (times)	140	2.19	1.64	1	9
DO (days)	140	165.34	121.47	19	592
CI (days)	140	444.50	122.09	299	874

[1] NSC = number of service per conception; DO = day open; CI = calving interval

ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์

ระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียน

ระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียนมีผลต่อลักษณะจำนวนวันท้องว่างและช่วงห่างการให้ลูก ($p<0.01$) แต่ไม่มีอิทธิพลในลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติด ($p>0.05$)(Table 2) ขัดแย้งกับการศึกษาของ Ngodigha *et al*. (2009) ที่รายงานว่าระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียนมีอิทธิพลต่อจำนวนครั้งต่อการผสมติด ($p<0.05$) และรายงานของวิชัย และคณะ (2548) ซึ่งพบว่า ระดับสายเลือดมีผลต่อทุกลักษณะของความสมบูรณ์พันธุ์ ($p<0.05$)

Table 2 Factors on fertility traits

Traits	NSC	DO	CI
% of Holstein Friesian	ns	**	**
Calving season	ns	**	**
Calving year-season	ns	**	**
Parity	*	*	*

* = p<0.05; ** = p<0.01; ns = not significant (p>0.05)

ค่าเฉลี่ยของลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติด มีค่าน้อยที่สุดในโคกลุ่มที่มีระดับสายเลือดระหว่าง 75-87.5 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 2.02±0.21 ครั้ง และมีค่ามากที่สุดในโคกลุ่มที่มีระดับสายเลือดไม่เกิน 75 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 2.45±0.34 ครั้ง เช่นเดียวกันในลักษณะจำนวนวันท้องว่าง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในโคกลุ่มที่มีระดับสายเลือดระหว่าง 75-87.5 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 148.52±15.84 วัน และมีค่ามากที่สุดในโคกลุ่มที่มีระดับสายเลือดไม่เกิน 75 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 188.52±23.28 วัน แต่สำหรับลักษณะช่วงห่างการให้ลูก พบว่า ค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุดอยู่ในโคกลุ่มที่มีระดับสายเลือดมากกว่า 93.75 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 427.92±35.11 วัน และมีค่ามากที่สุดในโคกลุ่มที่มีระดับสายเลือดไม่เกิน 75 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 470.97±23.25 วัน (Table 3) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าโคกลุ่มที่มีระดับสายเลือดไม่เกิน 75 เปอร์เซ็นต์ มีความสมบูรณ์พันธุ์น้อยที่สุด ในขณะที่โคกลุ่มที่มีระดับสายเลือดระหว่าง 75-87.5 เปอร์เซ็นต์ มีความสมบูรณ์พันธุ์มากที่สุด สอดคล้องกับรายงานของ Ngodigha *et al*. (2009) ว่าที่ระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียนไม่เกิน 75 เปอร์เซ็นต์ โคจะมีค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งต่อการผสมติดสูงที่สุด แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของ วิชัย และคณะ (2548) และสดใส และคณะ (2549) ซึ่งรายงานว่า ความสมบูรณ์พันธุ์จะต่ำลง เมื่อระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าโคที่มีระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียนสูง มักจะมีความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำ เมื่อมาอยู่ในสภาพอากาศร้อนชื้น

Table 3 Average and standard error of fertility traits separate by percentage of Holstein Friesian

% of Holstein Friesian	N	Traits		
		NSC (times)	DO (days)	CI (days)
≤ 75%	33	2.45±0.34	188.52±23.28	470.97±23.25
75 – 87.5%	58	2.02±0.21	148.52±15.84	428.21±16.16
87.5 – 93.75%	36	2.25±0.24	176.61±18.05	452.47±17.84
≥ 93.75%	13	2.15±0.47	150.38±35.52	427.92±35.11

ฤดูกาลที่คลอดและผสม

ฤดูกาลที่คลอดมีผลต่อลักษณะจำนวนวันท้องว่าง และช่วงห่างการให้ลูก (p<0.01) แต่ไม่มีผลต่อลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติด (p>0.05) (Table 2) โดยโคกลุ่มที่มีความสมบูรณ์พันธุ์สูงสุด คือ โคกลุ่มที่คลอดในฤดูร้อน (มี.ค-มิ.ย) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งต่อการผสมติด จำนวนวันท้องว่าง และช่วงห่างการ

ให้ลูก เท่ากับ 1.80±0.23 ครั้ง, 119.62±13.66 วัน และ 399.51±13.67 วัน ตามลำดับ และโคกลุ่มที่มีความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำสุด คือ โคกลุ่มที่คลอดในฤดูหนาว (พ.ย-ก.พ) โดยมีค่าเฉลี่ยของลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ทั้ง 3 เท่ากับ 2.50±0.20 ครั้ง 194.65±15.80 วัน และ 472.86±16.05 วัน ตามลำดับ แม้ว่าโคกลุ่มที่คลอดในฤดูหนาวจะมีค่าเฉลี่ยของความสมบูรณ์พันธุ์สูง แต่ไม่แตกต่างจากโคกลุ่มที่เกิดในฤดูฝน (ก.ค-ต.ค) ($p<0.05$) (Table 4) แสดงให้เห็นว่าเมื่อคลอดให้ฤดูร้อน แม่โคจะกลับมาเป็นสัดอีกครั้งในฤดูฝน ทำให้อัตราการผสมติดดีกว่าในฤดูอื่นๆ

Table 4 Average and standard error of fertility traits separate by birth season

Calving season	N	Traits		
		NSC (times)	DO (days)	CI (days)
Summer	45	1.80±0.23	119.62±13.66[a]	399.51±13.67[a]
Rain	38	2.30±0.31	175.53±22.90[b]	455.24±22.92[b]
Winter	57	2.50±0.20	194.65±15.80[b]	472.86±16.05[b]

[a,b] Values on the same column with different superscripts differ significantly ($p<0.05$)

เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยเนื่องจากฤดูกาลที่ผสม (Table 5) พบว่า โคมีความสมบูรณ์พันธุ์ดีที่สุดในช่วงฤดูฝน (ก.ค-ต.ค) โดยมีจำนวนครั้งต่อการผสมติด จำนวนวันท้องว่าง และช่วงห่างการให้ลูกเท่ากับ 1.50±0.30 ครั้ง 117.31±18.41 วัน และ 395.69±18.45 วัน ตามลำดับ และโคมีความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำสุดในช่วงฤดูร้อน (มี.ค-มิ.ย) โดยมีค่าความสมบูรณ์พันธุ์ทั้ง 3 ลักษณะเท่ากับ 2.32±0.31 ครั้ง 158.73±18.64 วัน และ 438.73±18.68 วัน ตามลำดับ สอดคล้องกับวิชัย และคณะ (2548) ที่รายงานว่าลักษณะทั้ง 3 จะมีความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำสุดในช่วงฤดูร้อน แสดงว่า ในฤดูร้อนแม่โคเกิดความเครียด ส่งผลให้ความสมบูรณ์พันธุ์ลดลง

Table 5 Average and standard error of fertility traits separate by insemination season

Insemination season	N	Traits		
		NSC (times)	DO (days)	CI (days)
Summer	37	2.32±0.31	158.73±18.64	438.73±18.68
Rain	16	1.50±0.30	117.31±18.41	395.69±18.45
Winter	60	2.13±0.22	166.22±17.88	446.43±17.94

ลำดับลูกที่คลอด

ลำดับลูกที่คลอดมีผลต่อความสมบูรณ์พันธุ์ทั้ง 3 ลักษณะ ($p<0.05$) (Table 2) สอดคล้องกับรายงานของ Gebeyehu *et al*. (2007) ที่พบว่า ลำดับที่คลอดลูกมีอิทธิพลต่อจำนวนครั้งต่อการผสมติด ($p<0.05$) และมีผลต่อลักษณะจำนวนวันท้องว่างและช่วงห่างการให้ลูก ($p<0.01$) แต่ขัดแย้งกับ Asseged *et al.* (2001) อ้างโดย Gebeyehu *et al*. (2007) ที่รายงานว่า ลำดับลูกที่คลอดไม่มีผลต่อลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติด และ Yohannes *et al.* (2001) อ้างโดย Gebeyehu *et al*. (2007) ที่รายงานว่า ลำดับลูกที่คลอดไม่มี

ผลต่อลักษณะจำนวนวันท้องว่างและช่วงห่างการให้ลูก ซึ่งค่าเฉลี่ยของลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติดที่น้อยที่สุด เท่ากับ 1.42±0.900 ครั้ง ในลำดับลูกที่คลอดที่ 11 และค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดเท่ากับ 3.38±1.938 ครั้ง ในลำดับลูกที่คลอดที่ 6 สำหรับลักษณะจำนวนวันท้องว่างและช่วงห่างการให้ลูก ค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุดเท่ากับ 109.80±115.094 วัน และ 392.00±114.298 วัน ตามลำดับ ในลำดับลูกที่คลอดที่ 8 และค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดเท่ากับ 256.63±124.650 วัน และ 528.13±120.344 วัน ตามลำดับ ในลำดับลูกที่คลอดที่ 3 (Table 6) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าโคมีความสมบูรณ์พันธุ์มากที่สุดเมื่ออยู่ในลำดับลูกที่คลอดที่ 8 และน้อยที่สุดเมื่ออยู่ในลำดับลูกที่คลอดที่ 3 แต่ขัดแย้งกับ Gebeyehu *et al*. (2007) ที่รายงานว่าจำนวนครั้งต่อการผสมติดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อลำดับลูกที่คลอดเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าหลังจากลำดับลูกที่คลอดที่ 3 แม่โคจะมีความสมบูรณ์พันธุ์ดีขึ้น และจะต่ำลงหลังจากลำดับที่ 12 เนื่องจากแม่โคมีอายุมากขึ้น

Table 6 Average and error of fertility traits separate by parity

Parity	N	Traits		
		NSC (times)	DO (days)	CI (days)
3	8	3.00±0.57^{ab}	256.63±44.07^{b}	528.13±42.55
4	11	2.00±0.43^{ab}	132.09±28.26^{ab}	412.00±28.88
5	16	1.75±0.31^{ab}	150.06±26.46^{ab}	427.19±27.57
6	13	3.38±0.54^{b}	246.31±31.98^{ab}	523.08±32.76
7	18	2.00±0.39^{ab}	161.11±25.70^{ab}	439.28±26.32
8	15	1.60±0.19^{ab}	109.80±29.72^{a}	392.00±29.51
9	14	2.57±0.60^{ab}	171.21±38.89^{ab}	452.21±39.29
10	11	2.36±0.73^{ab}	149.18±28.16^{ab}	429.73±28.17
11	12	1.42±0.26^{a}	166.83±39.23^{ab}	446.17±39.49
12	8	2.50±0.71^{ab}	181.88±69.34^{ab}	463.25±70.22
13	7	1.86±0.26^{ab}	117.86±15.78^{ab}	398.71±16.25
14	5	2.20±0.49^{ab}	169.80±53.47^{ab}	449.80±53.29
15	2	3.00±1.00^{ab}	161.50±20.50^{ab}	446.50±13.50

^{a,b} Values on the same column with different superscripts differ significantly ($p<0.05$)

ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ที่ศึกษาพบว่าอยู่ในระดับต่ำ โดยค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติด จำนวนวันท้องว่าง และช่วงห่างการให้ลูกมีค่าเท่ากับ 0.01±0.13, 0.21±0.09 และ 0.23±0.09 ตามลำดับ (Table 7) สำหรับค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติดนั้น มีผลใกล้เคียงกับรายงานของ Veerkamp *et al*. (2001) และ Gonzalez-Recio and Alenda (2005) ที่รายงานไว้เท่ากับ 0.034 และ 0.02 ตามลำดับ แต่ในลักษณะจำนวนวันท้องว่างและช่วงห่างการให้ลูก พบว่า ผลที่ได้สูงกว่า Campos *et al.* (1994) ที่รายงานไว้เท่ากับ 0.052 และ 0.098 ตามลำดับ

แสดงให้เห็นว่า สิ่งแวดล้อมมีบทบาทสำคัญต่อลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์อย่างมาก ดังนั้นการปรับปรุงสภาพแวดล้อมและการจัดการจะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ให้สูงขึ้นได้

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างทุกลักษณะมีค่าเป็นบวก (Table 7) โดยค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติดกับจำนวนวันท้องว่างเท่ากับ 0.20 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าในรายงานอื่นๆ โดย Grosshans *et al*. (1997) และ Dematawewa and Berger (1998) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.44 และ 0.514 ตามลำดับ สำหรับค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติดกับช่วงห่างการให้ลูกมีค่าเท่ากับ 0.23 ใกล้เคียงกับรายงานของ Grosshans *et al*. (1997) ที่มีค่าเท่ากับ 0.36 และค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะจำนวนวันท้องว่างกับช่วงห่างการให้ลูกเท่ากับ 0.21 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าในรายงานอื่นๆ โดย Grosshans *et al*. (1997) และ Gonzalez-Recio and Alenda (2005) รายงานไว้เท่ากับ 0.98 และ 0.99 ตามลำดับ แสดงว่าสามารถคัดเลือกเพียงลักษณะใดลักษณะหนึ่งเพื่อใช้ในการคัดเลือกได้

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏของทุกลักษณะมีค่าเป็นบวกทั้งหมด (Table 7) โดยค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏของลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติดกับจำนวนวันท้องว่างมีค่าเท่ากับ 0.66 ซึ่งสูงกว่าในรายงานของ Grosshans *et al*. (1997) ที่รายงานไว้เท่ากับ 0.43 แต่มีค่าใกล้เคียงกับ Dematawewa and Berger (1998) และ Gonzalez-Recio and Alenda (2005) ที่รายงานไว้เท่ากับ 0.664 และ 0.68 ตามลำดับ สำหรับค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏของลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติดกับช่วงห่างการให้ลูกมีค่าเท่ากับ 0.66 ใกล้เคียงกับผลของ Wall *et al*. (2003) และ Biffani *et al*. (2005) ที่รายงานไว้เท่ากับ 0.67 และ 0.684 ตามลำดับ และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏของลักษณะจำนวนวันท้องว่างและช่วงห่างการให้ลูกมีค่าเท่ากับ 0.99 ซึ่งในหลายรายงานได้แสดงไว้ว่ามีค่าสูงเช่นเดียวกัน คือ Grosshans *et al*. (1997) รายงานไว้เท่ากับ 0.90 และ Dematawewa *et al*. (2003) รายงานไว้เท่ากับ 0.95 แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงลักษณะหนึ่งให้ดีขึ้น จะส่งผลต่อลักษณะอื่นๆ ให้ดีขึ้นเช่นกัน

Table 7 Estimated heritability (on diagonal), genotypic correlation (above diagonal) and phenotypic correlation (below diagonal) for fertility traits

Traits	NSC	DO	CI
NSC	0.01±0.13	0.20	0.23
DO	0.66	0.21±0.09	0.21
CI	0.66	0.99	0.23±0.09

สรุปผลการวิจัย

1. ระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียนมีผลต่อลักษณะจำนวนวันท้องว่างและช่างห่างการให้ลูก ($p<0.01$) โดยที่ระดับ 75-87.5 เปอร์เซ็นต์ โคมีความสมบูรณ์พันธุ์มากที่สุด

2. ฤดูกาลมีผลต่อลักษณะจำนวนวันท้องว่างและช่างห่างการให้ลูก ($p<0.01$) ซึ่งโคมีความสมบูรณ์พันธุ์มากที่สุดเมื่อให้ลูกในฤดูร้อน และผสมในฤดูฝน

3. ลำดับลูกที่คลอดมีผลต่อลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ทั้ง 3 ลักษณะ ($p<0.05$) โดยความสมบูรณ์พันธุ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อลำดับลูกที่คลอดเพิ่มขึ้น

4. ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติด จำนวนวันท้องว่าง และช่วงห่างการให้ลูก เท่ากับ 0.01±0.13, 0.21±0.09 และ 0.23±0.09 ตามลำดับ

5. ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ ระหว่างลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ทุกลักษณะมีค่าเป็นบวก

เอกสารอ้างอิง

ต่อตระกูล วัณณะสิริ. 2551. **การประเมินแผนการผสมพันธุ์ของประชากรโคนมในจังหวัดใหม่.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

วิชัย ทิพย์วงค์, มนต์ชัย ดวงจินดา, เทวินทร์ วงษ์พระลับ, วิโรจน์ ภัทรจินดา และจินตนา วงศ์นากนากร. 2548. **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน**. รายงานผลงานวิจัยการปศุสัตว์ สาขาปรับปรุงพันธุ์สัตว์และการจัดการฟาร์ม. กรมปศุสัตว์: กรุงเทพฯ.

สดใส ยิ่งสง่า, ยอด ศรีสันต์ และจินตนา วงศ์นากนากร. 2549. **สมรรถภาพการสืบพันธุ์ของโคนมทีเอฟ โคนมทีเอ็มแซท และโคฟรีบราห์**. ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์.

Berger, P.J., R.D. Shanks, A.E. Freeman, and R.C. Laben. 1981. Genetic aspects of milk yield and reproductive performance. **J. Dairy Sci**. 64: 114–122.

Biffani, S., R. Canavesi, and A.B. Samore. 2005. Estimates of genetic parameters for fertility traits of Italian Holstein-Friesian cattle. **Stocarstvo**. 59(2): 145-153.

Campos, M.S., C.J. Wilcox, C.M. Becerril, and A. Diz. 1994. Genetic parameter for yield and reproductive traits of Holstien and Jersey cattle in Florida. **J. Dairy Sci**. 77: 867-873.

Dematawewa, C.M.B., and P.J. Berger. 1998. Genetic and phenotypic parameter for 305-day yield, fertility and survival in Holsteins. **J. Dairy Sci**. 81: 2700-2709.

Eildert, G. 1998. **VCE 4 User's Guide and Reference Manual**. Available: *http://www.tzv.fal.de./~ed/vce4/manual/manual.html* [August 16, 2007].

Gebeyehu G., B. Kelay and B. Abebe 2007. Effect of parity, season and year on reproductive performance and herd life of Friesian cows at Stella private dairy farm, Ethiopia. **Livestock Research for Rural Development**. 19(7).

Gonzalez-Recio, O., and R. Alenda. 2005. Genetic parameters for female fertility traits and a fertility index in Spanish dairy cattle. **J. Dairy Sci**. 88: 3282-3289

Grosshans, T., Z.Z. Xu, L.J. Burton, D.L. Johnson, and K.L. Macmillan. 1997. Performance and Genetic parameters for fertility of seasonal dairy cows in New Zealand. **Livest. Prod. Sci**. 55: 41-51.

Ngodigha, E.M., E. Etokeren, and O. Mgbere. 2009. Evaluation of age at first calving and number of service per conception traits on milk yield potentials of Holstien Friesian x Bunaji crossbred cows. **J. Anim. Sci**. 3(1): 6-9.

Veerkamp, R.F., E.P. Koenen, and G. De Jong. 2001. Genetic correlations among body condition score, yield and fertility in first-parity cows estimated by random regression models. **J. Dairy Sci**. 84: 2327-2335.

Wall, E., S. Brotherstone, and J.A. Wolliams. 2003. Genetic evaluation of fertility using direct and correlated traits. **J. Dairy Sci**. 86: 4093-4102.

การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะการให้นมในฟาร์มโคนม ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Estimation of Breeding Value for Lactation Yield in Dairy Cattle Farm of Chiang Mai University

ภาคภูมิ กิติเงิน* และณัฐพล จงกสิกิจ

Pakpoom Kitingern* and Nattaphon Chongkasikit

ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Department of Animal Science and Aquaculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: twin_swords@hotmail.com

บทคัดย่อ

การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน ของภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จำนวน 123 ข้อมูล จากแม่โค 40 ตัว ร่วมกับพันธุ์ประวัติโคจำนวน 72 ตัว ประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ด้วยเทคนิค Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) พบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน 305 วัน และน้ำนมรวม มีค่าเท่ากับ 0.527±0.086, 0.527±0.086 และ 0.458±0.10 ตามลำดับ คุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อโคจำนวน 14 ตัว ในลักษณะปริมาณน้ำนม 100 วัน 305 วัน และน้ำนมรวมอยู่ในช่วง +463.80 ถึง -442.49 กิโลกรัม +463.79 ถึง -442.43 กิโลกรัม และ +358.15 ถึง -253.97 กิโลกรัม ตามลำดับ คุณค่าการผสมพันธุ์ของแม่โคจำนวน 58 ตัว ในลักษณะปริมาณน้ำนม 100 วัน 305 วัน และน้ำนมรวมอยู่ในช่วง +927.61 ถึง -561.74 กิโลกรัม +927.57 ถึง -560.95 กิโลกรัม และ +716.29 ถึง -507.94 กิโลกรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ: คุณค่าการผสมพันธุ์ อัตราพันธุกรรม ลักษณะปริมาณน้ำนม

Abstract

Breeding value estimation of crossbred Holstein Friesian cows in department of animal science and aquaculture Chiang Mai University were used for genetic evaluation in this study. 123 milk records from 40 cows including with 72 animals in pedigree were used in the analysis. The predictions of breeding value by Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) were performed. The result showed that heritability and standard error of 100-d milk yield, 305-d milk yield and total milk yield was 0.527±0.086, 0.527±0.086 and 0.458±0.10 respectively. Breeding value of 14 sires of 100-d milk yield, 305-d milk yield and total milk yield were ranged from +463.80 to -442.49 kilograms, +463.79 to -442.43 kilograms and +358.15 to -253.97 kilograms respectively. And breeding value of 58 cows of 100-d milk yield, 305-d milk yield and total milk yield were ranged from +927.61 to -561.74 kilograms, +927.57 to -560.95 kilograms and +716.29 to -507.94 kilograms respectively.

Keywords: breeding value, heritability, milk yield

คำนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงโคนมในประเทศอุปสรรคที่สำคัญก็คือ การขาดแคลนพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงมีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการนำเข้าโคนมจากต่างประเทศ ซึ่งนอกจากปัญหาราคาแพงแล้ว โคนมที่นำเข้ามายังไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศทำให้ไม่สามารถให้ผลผลิตได้ตามความสามารถของตัวโคเอง การจัดการที่ดีโดยเฉพาะการให้อาหารและการปรับสภาพแวดล้อมสามารถจะช่วยได้ แต่ทำให้ต้นทุนการผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นการยากต่อเกษตรกรรายย่อย การปรับปรุงพันธุ์เพื่อพัฒนาโคนมให้มีประสิทธิภาพการผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นจึงเป็นวิธีการลดต้นทุนการผลผลิต ข้อมูลความสามารถในการให้ผลผลิตน้ำนม เช่น ปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน ปริมาณน้ำนมรวม และระยะการให้นม เป็นต้น มักถูกนำมาใช้ในการพิจารณาคัดเลือก พ่อ-แม่พันธุ์โคนมสำหรับการผลิตโคนม ทดแทน (อมีนา และคณะ, 2551) การจับคู่ผสมนั้นควรมีการศึกษาถึงการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่จะส่งไปยังลูกหลานด้วย แต่การที่จะทราบได้ว่าโคตัวไหนสามารถส่งลักษณะดังกล่าวไปยังรุ่นลูกได้ดีมากน้อยเพียงใด จะต้องมีเครื่องมือในการชี้วัดที่มีความถูกต้องแม่นยำ เพื่อให้สัตว์ที่มีพันธุกรรมดีเด่นสามารถถ่ายทอดพันธุกรรมสู่ลูกหลาน นับว่ามีส่วนสำคัญอย่างสูงต่อความก้าวหน้าทางพันธุกรรมของประชากรสัตว์ที่จะทำการปรับปรุง เครื่องมือชี้วัดที่เป็นที่ยอมรับของนักปรับปรุงพันธุ์โดยทั่วไปคือ คุณค่าการผสมพันธุ์ (Estimated breeding value) ซึ่งเป็นค่าอิทธิพลของยีนแบบบวกสะสมที่ประมาณออกมาในรูปตัวเลข ใช้เปรียบเทียบระหว่างตัวสัตว์ หรือใช้ในการคัดเลือก (วิชัย และคณะ, 2548) ซึ่งมีประโยชน์ทำให้การคัดเลือกสัตว์เกิดความแม่นยำสูงสามารถคัดเลือกกลุ่มพ่อพันธุ์ แม่พันธุ์ชั้นเยี่ยมของโคนม เพื่อใช้ขยายพันธุ์ได้ถูกต้อง ส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ลงได้ และเพิ่มผลผลิตของลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจให้สูงขึ้น (ทวี และสมเพชร, 2544)

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม อันจะเป็นประโยชน์ในการคัดเลือกให้ได้พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ ที่มีความสามารถในการให้ผลผลิตน้ำนมสูง หรือมีคุณค่าการผสมพันธุ์สูงได้อย่างถูกต้อง เพื่อประโยชน์ในการคัดเลือกในประชากรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้อมูลและการวิเคราะห์

ข้อมูลผลผลิตน้ำนมที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ ได้มาจากการเก็บรวบรวมผลผลิตน้ำนม ซึ่งอยู่ในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึง 2552 จากแม่โคนมจำนวน 40 ตัว ข้อมูลประกอบไปด้วย พันธุ์ประวัติ (เบอร์สัตว์ เบอร์พ่อ และเบอร์แม่) ปี-ฤดูกาลที่คลอด ข้อมูลผลผลิตน้ำนมเป็นรายตัวทั้งหมดจำนวน 123 ข้อมูล จากระยะการให้นม (lactation) ที่ 1 ถึง 9 แบ่งเป็น 29, 24, 19, 15, 12, 11, 6, 5 และ 2 บันทึกในแต่ละระยะการให้นมตามลำดับ จำนวนวันให้นม และกลุ่มสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียน โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 (≤50%) กลุ่มที่ 2 (50-75%) กลุ่มที่ 3 (75-87.5%) กลุ่มที่ 4 (87.5-93.75%) และกลุ่มที่ 5 (≤100%) ดังแสดงใน Table 1 และ Table 2 จากนั้นนำข้อมูลปริมาณน้ำนมรวมที่ได้มาทำการปรับเป็นปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน และปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน โดยใช้รีเกรซชั่น (regression) ในการปรับ

Table 1 Characteristics of milk production data used in the analysis

Data	N
No. of records	123
No. of animals with records	40
No. of lactations	9
No. of level HF breed groups	5

Table 2 Means±standard deviation of milk production data used in the analysis

Traits	Means ± S.D.
Day in milk (days)	336.21 ± 69.72
100-d milk yield (kg)	1,184.23 ± 651.39
305-d milk yield (kg)	3,083.35 ± 651.39
Total milk yield (kg)	3,372.49 ± 932.65

ค่าความแปรปรวนที่ได้จะนำมาใช้ในการคำนวณหาคุณค่าการผสมพันธุ์ด้วยวิธี Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) ด้วยแบบหุ่นตัวสัตว์ (animal model) จากโปรแกรมสำเร็จรูป VCE 4.2.5 (Groeneveld, 1998) โดยมีแบบหุ่นจำลองเชิงเส้นผสม (mixed model) (ต่อตระกูล, 2551) ดังนี้

$$Y = Xb + Za + e$$

โดยมีข้อกำหนดว่า

$$\begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} \sim NID(0, V) \quad V = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 \\ 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

Y = เวคเตอร์ของลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน และปริมาณน้ำนมรวม

b = เวคเตอร์ของปัจจัยคงที่ เนื่องจาก ระยะการให้นม ปี-ฤดูกาลที่คลอด จำนวนวันให้นม และกลุ่มระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียน

a = เวคเตอร์ของปัจจัยสุ่ม เนื่องจากตัวสัตว์

e = เวคเตอร์ของความคลาดเคลื่อน (error)

X = เมตริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยคงที่

Z = เมตริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยสุ่ม

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะปริมาณน้ำนม

ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน และปริมาณน้ำนมรวม พบว่า ในลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน และปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน มีปัจจัยคงที่คือ ระยะการให้นม (lactation) กลุ่มระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียน (level of HF breed groups) ในลักษณะปริมาณน้ำนมรวมมีปัจจัยคงที่คือ ระยะการให้นม (lactation) กลุ่มระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียน (level of HF breed groups) ปี-ฤดูกาลที่คลอด (calving year-season) และมีตัวแปรร่วมคือ จำนวนวันให้นม (day in milk) (Table 3) โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ ทวี และสมเพชร (2544) ถึงปัจจัยคงที่ที่มีผลต่อลักษณะปริมาณน้ำนม คือ ระยะการให้นม ระดับสายเลือดของ โคนม และเดือน-ปีที่คลอด ยอด และวิชัย (2549) ได้รายงานถึงการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตนม พบว่า ระดับสายเลือดโฮลสไตน์ ลำดับการให้นม และปีที่คลอดมีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนม ในขณะที่ฤดูกาลที่คลอดไม่มีผลต่อการให้นม และต่อตระกูล (2551) รายงานว่าปัจจัยคงที่ที่มีอิทธิพลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมรวม คือ ฝูง-ปี-ฤดูกาลคลอด กลุ่มระดับสายเลือด และลำดับการให้นม และมีตัวแปรร่วม คือ จำนวนวันให้นม และอายุเมื่อคลอดลูกตัวแรก จากการศึกษาครั้งนี้ ปี-ฤดูกาลที่คลอดไม่มีผลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน และปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน แต่มีผลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมรวม ซึ่งเป็นผลมาจากจำนวนวันให้นม

Table 3 Fixed effects and co-variable

Effects	Milk yield 100 days	Milk yield 305 days	Total milk yield
Fixed effects			
Lactation	**	**	**
Level of HF breed groups	**	**	**
Calving year-season	ns	ns	**
Co-variable			
Days in milk	-	-	**

^{ns}p>0.05, *p<0.05, **p<0.01

ค่าอัตราพันธุกรรม (Heritability)

จากค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของอิทธิพลของยีนแบบรวมสะสม และองค์ประกอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน นำมาวิเคราะห์ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน และปริมาณน้ำนมรวม พบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมและความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน อยู่ในระดับสูง มีค่าเท่ากับ 0.527±0.086, 0.527±0.086 และ 0.458±0.10 ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งมีค่าสูงกว่ารายงานของ Dematawewa and Berger (1998) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วันในโคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน ที่มีลำดับการให้นมตั้งแต่ลำดับที่ 3 เป็นต้นไปมีค่า

เท่ากับ 0.44 จินตนา และวิสุทธิ์ (2542) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมตลอดระยะการรีดนมที่คำนวณจากค่าองค์ประกอบของความแปรปรวนที่ได้จากการวิเคราะห์โดย Animal model มีค่าเท่ากับ 0.31 ในรายงานของประพฤทธิ์ และวัชระ (2547) พบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมและปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วันของโคนม AFS APPENDIX 3 มีค่าเท่ากับ 0.31 และ 0.10 ซึ่งโดยทางทฤษฎีแล้วอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมจะอยู่ในช่วง 0.25-0.40 และเป็นลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างสูง (จินตนา และวิสุทธิ์, 2542) อีกทั้ง Legates and Warwicks (1990) และ Bourdon (1997) รายงานว่า ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-0.3

Table 4 Genetic variance, residual variance and heritability of milk yield 100 days, milk yield 305 days and total milk yield respectively

Traits	variance		h^2 ± S.E.
	$\sigma^2 a$	$\sigma^2 e$	
Milk yield 100 days	214102.048	191981.593	0.527 ± 0.086
Milk yield 305 days	214137.735	192277.749	0.527 ± 0.086
Milk yield	145838.295	172853.125	0.458 ± 0.100

S.E = Standard error, $\sigma^2 a$ = additive genetic variance, $\sigma^2 e$ = residual variance

จะเห็นว่าค่าอัตราพันธุกรรมที่มีค่าค่อนข้างสูงนี้เนื่องจากประชากรมีขนาดเล็ก ชนิดของโมเดล และวิธีที่ใช้ในการประมาณค่าองค์ประกอบของความแปรปรวน เมื่อพิจารณาค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมที่มีค่าค่อนข้างสูงนี้ จึงสามารถปรับปรุงพันธุ์โดยใช้การคัดเลือกจากลักษณะปริมาณน้ำนมร่วมกับการเลือกใช้ระบบการผสมพันธุ์ที่เหมาะสม

การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ (Estimated breeding value)

สัตว์ทั้งหมดที่ประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ มีจำนวน 72 ตัว แยกเป็นพ่อโคจำนวน 14 ตัว และแม่โคจำนวน 33 ตัว คุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อโคจำนวน 14 ตัว ในลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน และปริมาณน้ำนมรวมอยู่ในช่วง +463.80 ถึง -442.49 กิโลกรัม +463.79 ถึง -442.43 กิโลกรัม และ +358.15 ถึง -253.97 กิโลกรัม ตามลำดับ คุณค่าการผสมพันธุ์ของโคนมเพศเมียจำนวน 58 ตัว ในลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน และปริมาณน้ำนมรวมอยู่ในช่วง +927.61 ถึง -561.74 กิโลกรัม +927.57 ถึง -560.95 กิโลกรัม และ +716.29 ถึง -507.94 กิโลกรัม ตามลำดับ พ่อโคและแม่โคที่มีคุณค่าการผสมพันธุ์สูงที่สุด คือ พ่อโคหมายเลข 768OF และแม่โคหมายเลข 53 และจากคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมที่ประมาณค่าได้ พบว่า มีลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของตัวสัตว์ และพ่อ-แม่โค สอดคล้องกัน ดังนั้นหากจะคัดเลือกลักษณะปริมาณน้ำนม สามารถใช้คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน และปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน และปริมาณน้ำนมรวมลักษณะใดลักษณะหนึ่งเป็นตัวแทนเพื่อใช้ในการคัดเลือกได้ รายละเอียดของคุณค่าการผสมพันธุ์ของตัวสัตว์แสดงใน Table 5 และ Table 6

Table 5 Breeding value for milk yield of dairy cows

No.	Breeding values			No.	Breeding values		
	100 days	305 days	total milk yield		100 days	305 days	total milk yield
30	-280.87	-280.48	-189.79	134	148.39	146.46	159.59
33	463.80	463.79	358.15	135	3.60	2.15	233.06
35	132.21	132.84	147.90	137	657.49	657.72	456.69
49	105.86	104.61	-86.90	140	162.25	160.48	138.68
50	-240.77	-241.41	-253.97	141	-109.86	-110.79	-122.97
53	927.61	927.57	716.29	143	-23.38	-22.94	5.70
58	-11.48	-12.25	-69.82	145	129.73	129.40	116.22
64	-129.79	-128.86	-144.82	146	-23.50	-23.82	-67.02
65	-72.44	-73.22	89.88	147	363.50	363.32	141.70
68	304.52	303.74	271.21	150	-418.41	-418.68	-331.43
71	51.96	52.21	48.39	152	-43.50	-42.22	-180.06
74	-21.14	-20.16	92.79	153	-237.52	-234.80	38.58
76	-561.74	-560.96	-379.59	157	-81.17	-81.08	-191.96
78	32.77	32.88	125.71	158	-89.32	-87.76	-5.51
79	-481.55	-482.82	-507.95	160	16.38	16.44	62.85
83	206.20	206.12	151.94	172	-118.38	-116.38	131.02
88	-199.94	-199.86	358.15	175	288.65	289.81	295.24
95	-145.33	-145.06	-148.59	184	-77.79	-77.81	-153.89
100	236.05	236.79	34.03	198	-127.65	-125.95	-80.09
103	-7.56	-8.40	-277.85	205	-401.11	-400.83	-214.81
104	-16.57	-15.39	11.29	206	-304.74	-302.87	-302.05
106	-3.78	-4.20	-138.92	210	-230.67	-227.64	-83.66

Table 6 Breeding value for milk yield of dairy sires

	Breeding values		
			total milk
No.	**100 days**	**305 days**	**yield**
HF013	-442.49	-442.43	0
92G	-411.62	-409.13	-201.2
C151	-335.33	-336.21	-113.96
AENG71	-280.87	-280.48	-189.79
S-MAGIC	-240.77	-241.41	-253.97
BAT	-29.98	-30.79	-107.24
EDIFICE	-3.78	-4.2	-138.92
MARVEX	16.38	16.44	62.85
HFX	52.93	52.3	-43.45
70HO022	66.11	66.42	73.95
MARVEX55	183.3	183.79	73.98
BOM	224.52	223.98	196.47
73HO1256	384.27	383.14	251.08
768OF	463.8	463.79	358.15

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาการประเมินค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะการให้ผลผลิตของโคนม ในฟาร์มโคนม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่า

1. ค่าอัตราพันธุกรรมในลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน และปริมาณน้ำนมรวม พบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมและความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 0.527±0.086, 0.527±0.086 และ 0.458±0.10 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับสูงแสดงให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวสามารถที่จะปรับปรุงให้สูงขึ้นได้โดยการคัดเลือกพันธุ์

2. คุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อโคจำนวน 14 ตัว ในลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน และปริมาณน้ำนมรวมอยู่ในช่วง +463.80 ถึง -442.49 กิโลกรัม +463.79 ถึง -442.43 กิโลกรัม และ +358.15 ถึง -253.97 กิโลกรัม ตามลำดับ

3. คุณค่าการผสมพันธุ์ของโคนมเพศเมียจำนวน 58 ตัว ในลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 100 วัน ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน และปริมาณน้ำนมรวมอยู่ในช่วง +927.61 ถึง -561.74 กิโลกรัม +927.57 ถึง -560.95 กิโลกรัม และ +716.29 ถึง -507.94 กิโลกรัม ตามลำดับ

4. พ่อและแม่โคที่มีคุณค่าการผสมพันธุ์สูงที่สุด คือพ่อโคหมายเลข 768OF และแม่โคหมายเลข 53 ซึ่งควรคัดเลือกแม่พันธุ์ที่มีคุณค่าการผสมพันธุ์สูง ไว้ใช้ในการผสมพันธุ์เพื่อให้ได้ผลประโยชน์สูงสุดจากคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อและแม่พันธุ์เพื่อใช้ทำพันธุ์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จินตนา วงศ์นากนากร และวิสุทธิ์ หิมารัตน์. 2542. การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมโคนมขาว-ดำที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่. **วารสารสัตวบาล.** 49: 26-38.

ต่อตระกูล วัณณะสิริ. 2551. **การประเมินแผนการผสมพันธุ์ของประชากรโคนมในจังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

ทวี อบอุ่น และสมเพชร ตุ้ยคัมภีร์. 2544. **การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ในโคนมพันธุ์ เอ เอฟ เอส.** รายงานผลงานวิจัยการปศุสัตว์ สาขาปรับปรุงพันธุ์ และการจัดการฟาร์ม ประจำปี 2544. กรมปศุสัตว์. กรุงเทพฯ.

ประพฤทธิ์ จงใจภักดิ์ และวัชระ ศิริกุล. 2547. **การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์และการประมาณค่าทางพันธุกรรม ในโคนมพันธุ์ Australian Friesian Sahiwal**. รายงานผลงานวิจัยการปศุสัตว์ สาขาปรับปรุงพันธุ์และการจัดการฟาร์ม ประจำปี 2547. กรมปศุสัตว์: กรุงเทพฯ.

ยอด ศรีสันต์ และวิชัย ทิพย์วงค์. 2549. **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตน้ำนมในโคนมไทยฟรีเชียน.** รายงานผลการวิจัยโคนม กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์: กรุงเทพฯ.

วิชัย ทิพย์วงค์ สุธิดา อ่อนสองชั้น จินตนา วงศ์นากนากร และยวงยศ จินดาทะจักร, 2548. **ผลตอบสนองทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนม ในโคนม ที เอ็ม แซด.** รายงานผลการวิจัยโคนม. กองบำรุงพันธุ์สัตว์, กรมปศุสัตว์: กรุงเทพฯ.

อามีนา แสงจันทร์ ศกร คุณวุฒิฤทธิรณ Mauricio A. Elzo และอภิญญา หิรัญวงษ์. 2551. รูปแบบการผลผลิตน้ำนมของโคนมในเขตภาคกลางของประเทศไทย (ตอนที่ 1). **เมืองปศุสัตว์.** 3(41): 66-68.

Bourdon, R. 1997. Understanding Animal Breeding. Prentice Hall, Inc., NJ.

Dematawewa C.M.B. and P.J. Berger. 1998. Genetic and Phenotypic Parameters for 305-Day Yield, Fertility, and Survival in Holsteins. **Journal of Dairy Science.** 81(10): 2700-2709.

Legates, J.E. and E.J. Warwicks 1990. **Breeding and Improvement of Farm Animals**. McGraw-Hill Publishing Company, NY.

อิทธิพลของเดือนและระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียนต่อองค์ประกอบน้ำนมของโคนมลูกผสม ในอำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่

Effect of Months and Holstein Friesian Breed Fraction on Milk Component of Crossbred Dairy Cows in Chaiprakarn District of Chiangmai Province

จิตติกาญจน์ สมพงศ์นวกิจ* และณัฐพล จงกสิกิจ

Jittikarn Sompongnawakit* and Nattaphon Chongkasikit

ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Department of Animal Science and Aquaculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding: sompongnawakit3@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบอิทธิพลของเดือนและระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียนต่อองค์ประกอบน้ำนมของโคนม อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2550- กันยายน 2552 พบว่า ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบน้ำนมในด้านเปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์แลคโตส เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด และจำนวนโซมาติกเซลล์ รายฟาร์ม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.76±0.39, 2.99±0.17, 4.81±0.12, 8.50±0.18, 12.26±0.47% และ 210.56±229.99×10^3 เซลล์/มิลลิลิตร ค่าเฉลี่ยของรายตัวมีค่าเท่ากับ 3.40±0.49, 2.97±0.34, 4.85±0.22, 8.51±0.44, 11.94±0.62% และ 263.53±906.80×10^3 เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ และยังพบว่า อิทธิพลของเดือนมีผลต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์แลคโตส เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดและจำนวนโซมาติกเซลล์ ($p<0.05$) อิทธิพลของระดับสายเลือดไม่มีผลต่อองค์ประกอบน้ำนม ($p>0.05$)

คำสำคัญ: องค์ประกอบน้ำนม เดือน โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of month and Holstein Friesian breed fraction on milk component of crossbreed dairy cows in Chaiprakarn district, Chiang Mai province. The record were use in this study between July 2007–September 2009. An average percentage of fat, protein, lactose, solid not fat, total solid and somatic cell count for each farm and each cow were 3.76±0.39, 2.99±0.17, 4.81±0.12, 8.50±0.18, 12.26±0.47% and 210.56±229.99×10^3cells/ml., 3.40±0.49%, 2.97±0.34, 4.85±0.22, 8.51±0.44 and 11.94±0.62% and 263.53±906.80×10^3 cells/ml., respectively. Months of production affects on protein percent, lactose percent, solid not fat percent, total solid percent and somatic cell count.($p<0.05$) In addition, no affects of HF breed fraction on milk component ($p>0.05$).

Keywords: milk components, months, crossbred Holstein Friesian

คำนำ

น้ำนมมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีพของมนุษย์ เนื่องจากนมเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่ย่อยได้ง่าย มีราคาถูก และหาได้ง่าย ในปัจจุบันแม้มีการเลี้ยงโคนมอย่างแพร่หลายแต่ปริมาณการผลิตน้ำนมดิบในประเทศไทยยังไม่เพียงพอต่อการบริโภค ทั้งนี้อาจมาจากสภาวะการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรในปัจจุบันยังมีรายได้ไม่แน่นอนเนื่องจากต้นทุนในการเลี้ยงโคนมที่สูงขึ้น โดยเฉพาะต้นทุนด้านอาหาร และสหกรณ์โคนมหรือศูนย์รับน้ำนมดิบประเทศไทยได้นำคุณภาพของน้ำนมดิบในด้านต่างๆ มาใช้ประกอบการพิจารณากำหนดราคาน้ำนมดิบ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, มมป.) เพื่อประโยชน์ต่อการปรับปรุงคุณภาพ อำนวยความสะดวกทางการค้า และการคุ้มครองผู้บริโภค ทำให้คุณภาพของน้ำนมจึงมีความสำคัญต่อรายได้ในการจำหน่ายน้ำนมดิบของเกษตรกรด้วย นอกจากนี้ยังส่งผลต่ออุตสาหกรรมนมโรงงานแปรรูป รวมทั้งสามารถบ่งบอกถึงสุขภาพเต้านมและคุณภาพน้ำนมที่แท้จริงได้ (ธีรพงศ์, 2550) การศึกษาอิทธิพลที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำนมที่ผลิตได้โดยเกษตรกร สามารถช่วยในการวางแผนและการส่งเสริมการผลิตน้ำนมดิบที่มีคุณภาพ ลดความเสี่ยงต่อปัญหาต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในการผลิต และการได้กำไรจากการเลี้ยงโคนม ดังนั้นผลของการวิจัยเพื่อเป็นการหาค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบน้ำนม และทดสอบอิทธิพลของเดือนและระดับสายเลือดต่อองค์ประกอบน้ำนมในด้าน เปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์แลคโตส เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน และจำนวนโซมาติกเซลล์ที่ผลิตโดยเกษตรกรในพื้นที่อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ ในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์หากมีการนำมาใช้ในการวางแผน การจัดการฟาร์ม และการเลี้ยงโคนมลูกผสมที่ให้ได้ผลผลิตน้ำนมที่มีคุณภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนที่ได้จากการเก็บข้อมูลรายฟาร์มของสมาชิกเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมโดยสหกรณ์โคนมอำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 3,673 ข้อมูล และสุ่มเก็บข้อมูลรายตัว 306 ข้อมูล ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2550-กันยายน 2552 ศึกษาองค์ประกอบน้ำนมในด้านเปอร์เซ็นต์ไขมันนม (fat, %) เปอร์เซ็นต์โปรตีน (protein, %) เปอร์เซ็นต์แลคโตส (lactose, %) เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน (solid not fat, %) เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด (total solid, %) และจำนวนโซมาติกเซลล์ (somatic cell count) เพื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรายฟาร์ม จำนวน 3,673 ข้อมูล และค่าเฉลี่ยรายตัว จำนวน 306 ข้อมูล ทดสอบอิทธิพลของเดือนโดยแบ่งเป็น 12 เดือน จากเดือนมกราคม-ธันวาคม และระดับสายเลือดโดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ ระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียน 75-87.5%, 87.6-93.75% และ 93.76-100% ต่อองค์ประกอบน้ำนมจำนวน 306 ข้อมูล ด้วยวิธี General Linear Model และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Square Difference

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ค่าเฉลี่ยและค่าสถิติเบื้องต้นขององค์ประกอบน้ำนม

องค์ประกอบน้ำนมด้านต่างๆ ที่วิเคราะห์ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์แลคโตส เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด และจำนวนโซมาติกเซลล์รายฟาร์ม พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.76±0.39, 2.99±0.17, 4.81±0.12, 8.50±0.18, 12.26±0.47% และ 210.56±229.99×10^3 เซลล์/มล. ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Minimum, maximum, means and standard deviation of milk component for each farm

Milk component	Minimum	Maximum	Means	SD
Fat (%)	2.25	5.93	3.76	0.39
Protein (%)	2.27	3.58	2.99	0.17
Lactose (%)	4.30	5.33	4.81	0.12
Solid not fat (%)	7.67	9.20	8.50	0.18
Total solid (%)	10.49	14.49	12.26	0.47
Somatic cell count (×10^3 cells/ml)	10.00	4640.00	210.56	229.99

ค่าเฉลี่ยและค่าสถิติขององค์ประกอบน้ำนมรายตัว (Table 2) พบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์แลคโตส เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด และจำนวนโซมาติกเซลล์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.40±0.49, 2.97±0.34, 4.85±0.22, 8.51±0.44, 11.94±0.62% และ 263.53±906.80×10^3 เซลล์/มล. ตามลำดับ ถ้าพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า น้ำนมดิบรายตัวมีค่าความผันแปรขององค์ประกอบน้ำนมสูงกว่ารายฟาร์ม

Table 2 Minimum, maximum, means and standard deviation of milk components for each cow

Milk component	Minimum	Maximum	Means	SD
Fat (%)	2.07	5.18	3.40	0.49
Protein (%)	2.34	4.20	2.97	0.34
Lactose (%)	3.92	5.42	4.85	0.22
Solid not fat (%)	7.29	9.88	8.51	0.41
Total solid (%)	10.49	14.38	11.94	0.62
Somatic cell count (×10^3 cells/ml)	3	13150	263.53	906.80

จากการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบน้ำนมในด้านต่างๆ พบว่า มีค่าใกล้เคียงกับ สุภาวดี และคณะ (2545) ที่รายงานค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์แลคโตส เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน และเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 3.37±0.44, 3.00±0.22, 4.45±0.38, 8.21±0.38 และ 11.49±0.82% ตามลำดับ ส่วนจำนวนโซมาติกเซลล์ที่รายงานมีค่าสูงกว่า คือ มีค่าเท่ากับ

629.86×10^3 เซลล์/มล. แตกต่างจากการศึกษาของศุภนิดา และคณะ (2548) ที่พบว่า จำนวนโซมาติกเซลล์มีค่าเฉลี่ย 66.80×10^3 เซลล์/มล. จากการรายงานของประวีร์ และคณะ (2546) พบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันนมและเปอร์เซ็นต์โปรตีน รายฟาร์มและรายตัวมีค่าสูงกว่า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.07±1.10, 3.20±0.50, 3.95±0.30 และ 3.9±0.30% ตามลำดับ แต่เปอร์เซ็นต์แลคโตส เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน และเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดของโคนมรายตัวและรายฟาร์ม มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือมีค่าเท่ากับ 4.56±0.32, 8.81±0.67, 12.49±1.63, 4.51±0.32, 8.76±0.52 และ 12.68±1.05% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ไขมัน และเปอร์เซ็นต์โปรตีน มีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของ Compos *et al.* (1994) และ Wolfová *et al.* (2007) พบว่า มีค่า 3.47, 3.14, 3.85 และ 3.26% ตามลำดับ ลักษณะของความผันแปรขององค์ประกอบน้ำนมที่แตกต่างกันนั้น อาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น ความแตกต่างของสภาพอากาศ สภาพแวดล้อม คุณภาพและปริมาณอาหารที่โครีดนมได้รับ การแพร่ระบาดของโรค และสถานการณ์อื่นๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตและการให้ผลผลิตของโคนม เป็นต้น (สุภาวดี และคณะ, 2545)

เมื่อเทียบกับองค์ประกอบน้ำนมที่กำหนดโดยคณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ หรือ มกอช. (2548) โดยมีการแบ่งคุณภาพของน้ำนมดิบเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ตามองค์ประกอบน้ำนม (Table 3) พบว่า น้ำนมดิบรายฟาร์มและรายตัวส่วนใหญ่จะผ่านชั้นมาตรฐาน ยกเว้น เปอร์เซ็นต์โปรตีน (2.97%) และเปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมที่ได้จากรายตัวมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน (11.94%) อาจเนื่องมาจากการจัดการทางด้านอาหารที่ไม่เพียงพอกับความต้องการของโคนมในแต่ละช่วงของการให้นม ซึ่งจะมีการปรับเฉพาะปริมาณอาหารตามระดับปริมาณน้ำนมเท่านั้นไม่มีการปรับระดับโภชนะให้เพียงพอต่อความต้องการของโครีดนม

Table 3 Quality classification of raw milk by Thai Agricultural Commodity and Food Standards (TACFS)

	Premium	**Good**	**Standard**
Fat(%)	>4	3.6-4	3.2-3.6
Protein(%)	>3.4	3.2-3.4	3.0-3.2
Total Solid(%)	>12.7	12.5-12.7	12.3-12.5
Somatic cell (cells/ml.)	<200,000	200,000-350,000	350,000-500,000

อิทธิพลของเดือนต่อองค์ประกอบน้ำนม

จากการศึกษาโดยแบ่งเป็น 12 เดือน จากเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม (Table 4) พบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมัน ไม่ต่างกันในแต่ละเดือน มากที่สุดเดือนธันวาคม คือ มีค่าเท่ากับ 3.62±0.32% และน้อยสุดในเดือนกันยายน คือมีค่าเท่ากับ 3.23±0.42% ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ อามีนา และศกร (2550) ที่พบว่าฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงที่สุด และจากการรายงานของสุภาวดี และคณะ (2551) ที่ศึกษาในปี 2550 พบว่า มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันมีค่าสูงในฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) ในฤดูหนาวถึงแม้จะเริ่มขาดแคลนอาหารหยาบสดและมีการใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบร่วมด้วย แต่แม่โคยังให้น้ำนมที่มีองค์ประกอบน้ำนมสูง เนื่องจากฤดูหนาวอากาศเย็นสบาย โคจึงกินอาหารได้มากขึ้น และไม่ต้องสูญเสียพลังงานในการระบายความร้อน (สุทธิศักดิ์ และคณะ, 2544)

ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์แลคโตส เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน เปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมและจำนวนโซมาติกเซลล์ มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ($p<0.05$) พบว่า เปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่ามากสุดในเดือนเมษายน คือมีค่า 3.30±0.41% มีค่าน้อยสุดในเดือนกันยายน คือมีค่า 2.77±0.2% เปอร์เซ็นต์แลคโตสมีค่าสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน คือมีค่า 4.93±0.17% มีค่าน้อยสุดในเดือนกุมภาพันธ์ มีค่า 4.67±0.21% เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมันมีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน คือมีค่า 8.85±0.50% มีค่าน้อยสุดเดือนกันยายน คือมีค่า 8.53±0.30% เปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมมีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน คือมีค่า 12.33±0.57% มีค่าน้อยสุดเดือนกันยายน คือมีค่า 11.59±0.51% (Figure 1) และจำนวนโซมาติกเซลล์มีค่าต่ำสุดเดือนมกราคม คือมีค่า 81±101.81×10^3 เซลล์/มล. สูงสุดในเดือนเมษายน คือมีค่า 843.32±2995.34×10^3 เซลล์/มล. ซึ่งพบว่าทั้งค่าเฉลี่ยและการกระจายของข้อมูลมีค่ามาก และจาก Figure 2 พบว่า ในเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคมข้อมูลที่ได้มีความแตกต่างในแต่ละเดือนสูง ในขณะที่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคมข้อมูลมีความแตกต่างกันต่ำ แสดงให้เห็นว่าแม้จะอยู่ในสภาพการจัดการฟาร์มเดียวกันแต่สิ่งแวดล้อมในแต่ละเดือนที่ต่างกัน เช่น อุณหภูมิ อาหารที่โคได้รับในแต่ละเดือนแตกต่างกันนั้นส่งผลต่อคุณภาพน้ำนมแตกต่างกันด้วย

Table 4 Effect of months to milk component

Month	Fat (%)	Protein (%)	Lactose (%)	Solid not fat (%)	Total solid (%)	Somatic cell count (×10^3 cells/ml)
1	3.28±0.44^{a}	3.25±0.48^{c}	4.81±0.11^{ab}	8.77±0.41^{cd}	12.20±0.26^{de}	81.00±101.81^{ab}
2	3.38±0.65^{a}	3.02±0.28^{b}	4.67±0.21^{a}	8.39±0.52^{a}	11.77±0.58^{ab}	82.67±57.82^{a}
3	3.57±0.68^{a}	3.28±0.38^{c}	4.68±0.26^{a}	8.66±0.37^{bcd}	12.24±0.70^{de}	122.29±217.02^{a}
4	3.45±0.42^{a}	3.30±0.41^{c}	4.84±0.21^{b}	8.85±0.50^{d}	12.33±0.57^{e}	843.32±2995.34^{b}
5	3.48±0.49^{a}	3.00±0.31^{ab}	4.85±0.19^{b}	8.54±0.33^{abc}	12.02±0.54^{bcde}	192.04±500.07^{a}
6	3.26±0.48^{a}	2.96±0.28^{ab}	4.87±0.16^{b}	8.53±0.30^{abc}	11.79±0.63^{abc}	508.58±940.72^{ab}
7	3.35±0.44^{a}	3.00±0.31^{ab}	4.82±0.14^{ab}	8.52a±0.32^{bc}	11.88±0.47^{abcd}	71.29±86.05^{a}
8	3.38±0.32^{a}	2.92±0.28^{ab}	4.92±0.20^{b}	8.55±0.31^{abc}	11.91±0.41^{abcd}	139.77±255.43^{a}
9	3.23±0.42^{a}	2.77±0.21^{a}	4.88±0.23^{b}	8.35±0.29^{a}	11.59±0.51^{a}	252.26±572.52^{a}
10	3.37±0.41^{a}	2.90±0.34^{ab}	4.85±0.21^{b}	8.47±0.32^{ab}	11.84±0.55^{abcd}	142.65±265.73^{a}
11	3.45±0.34^{a}	2.83±0.17^{ab}	4.93±0.17^{b}	8.46±0.20^{ab}	11.91±0.32^{abcd}	265.58±629.87^{a}
12	3.62±0.32^{a}	2.94±0.30^{ab}	4.89±0.21^{b}	8.53±0.34^{abc}	12.15±0.45^{bcde}	264.58±694.49^{ab}

^{a,b,c,d,e} Values on the same column with different superscripts differ significantly ($p<0.05$)

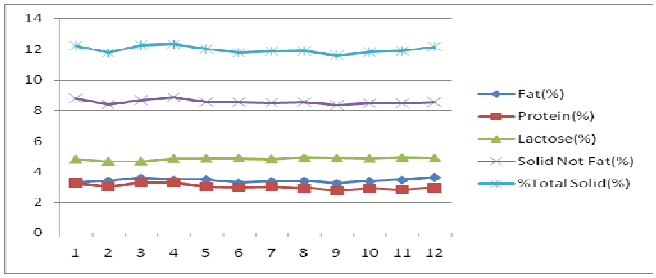


Figure 1 Means of milk component per month

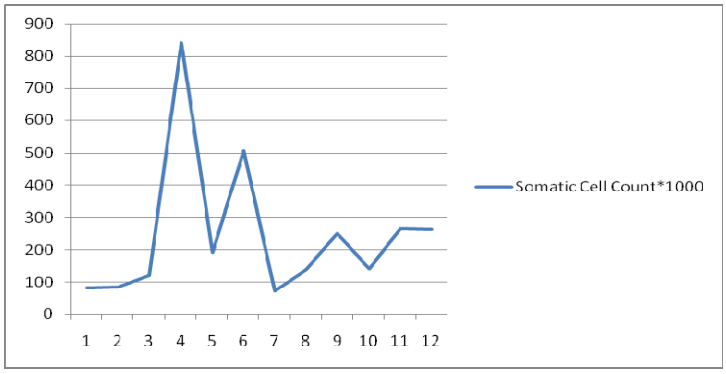


Figure 2 Means of somatic cell count per month

จากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับจากการรายงานของ สุภาวดี และคณะ (2551) ที่รายงานค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบน้ำนมในปี พ.ศ. 2550 พบว่า เปอร์เซ็นต์แลคโตส มีค่าสูงในฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) และเปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน และจำนวนโซมาติกเซลล์สูงสุดในฤดูร้อน (มีนาคม-มิถุนายน) แต่แตกต่างกับเปอร์เซ็นต์ของแข็งรวม พบว่า มีค่าสูงในฤดูหนาว และการศึกษาของ วีรพลและภักดี (2548) พบว่า เปอร์เซ็นต์แลคโตสในฤดูฝนและหนาวแตกต่างจากฤดูฝน ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด และจำนวนโซมาติกเซลล์มีค่าเฉลี่ยไม่ต่างกัน ซึ่งความแตกต่างขององค์ประกอบน้ำนม อาจมีสาเหตุจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น สิ่งแวดล้อม คุณภาพและปริมาณอาหารที่ได้รับ การแพร่ระบาดของโรค และการจัดการอื่นๆ

อิทธิพลของระดับสายเลือดต่อองค์ประกอบน้ำนม

ทดสอบอิทธิพลของระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียนที่แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ต่อองค์ประกอบน้ำนม พบว่าในแต่ละระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียน ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบน้ำนม ($p<0.05$) (Table 5) โดยกลุ่มที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับสุทธิศักดิ์และคณะ (2546) ที่พบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมันสูงตามระดับสายเลือดโฮลสไตน์ที่สูงขึ้นด้วย กลุ่มที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์แลคโตส สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และจำนวนโซมาติกเซลล์มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ กัลยา และคณะ (2549) ที่พบว่าโคที่มีระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียน 87.5-93.75% มีจำนวนโซมาติกเซลล์ต่ำกว่ากลุ่ม โคที่มีระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียน 75-87.5% และ $\geq$ 93.75% และกลุ่มที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ไขมันและเปอร์เซ็นต์ของแข็งรวม สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ แต่ต่ำกว่าการรายงายของ ไพโรจน์และคณะ (2538) ที่พบว่าโคที่ระดับสายเลือดโฮลสไตน์สูงมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ไขมันในระยะการให้น้ำนมที่ 1 และ 2 เท่ากับ 4.15±0.648 และ 3.76±1.154 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความผันแปรขององค์ประกอบอาจเนื่องจากปริมาณน้ำนมที่รีดได้ โดยพบว่าโคนมโฮลสไตน์ที่มีสายเลือดสูงขึ้นจะให้ผลผลิตน้ำนมที่สูงขึ้นซึ่งจะส่งผลต่อองค์ประกอบน้ำนม นอกจากนี้ยังขึ้นกับคุณภาพอาหารที่โคได้รับด้วย จากการศึกษาพบว่าผลกระทบต่อการปรับปรุงพันธุ์ต่อองค์ประกอบน้ำนมต้องใช้เวลานานพอสมควร (สุทธิศักดิ์ และคณะ, 2544)

Table 5 Effect of HF breed fraction to milk component

HF (%)	Fat (%)	Protein (%)	Lactose (%)	Solid not fat (%)	Total solid (%)	Somatic cell count ($\times 10^3$ cells/ml)
75-87.5	3.35±0.54	3.00±0.40	4.85±0.20	8.55±0.40	11.90±0.71	301.49±614.27
87.6-93.75	3.41±0.48	2.970.32±	4.86±0.20	8.53±0.33	11.94±0.57	285.04±1084.77
93.76-100	3.45±0.42	2.95±0.31	4.83±0.20	8.47±0.30	11.97±0.49	144.44±471.16

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยองค์ประกอบในด้านเปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์แลคโตส เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด และจำนวนโซมาติกเซลล์รายฟาร์ม พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.76±0.39, 2.99±0.17, 4.81±0.12, 8.50±0.18, 12.26±0.47% และ 210.56±229.99×10^3 เซลล์/มล. และรายตัวมีค่าเท่ากับ 3.40±0.49, 2.97±0.34, 4.85±0.22, 8.51±0.44, 11.94±0.62% และ 263.53±906.80×10^3 เซลล์/มล. ตามลำดับ

จากการศึกษาอิทธิพลของเดือนและระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียน พบว่า อิทธิพลของเดือนไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไขมัน แต่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์แลคโตส เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน เปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมและจำนวนโซมาติกเซลล์ ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่าสิ่งแวดล้อมมีผลต่อน้ำนมคุณภาพน้ำนมโดยเฉพาะด้านโซมาติกเซลล์ที่เป็นตัวกำหนดราคารับซื้อน้ำนม เดือนเมษายนมีค่าโซมาติกเซลล์สูง และพระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียน ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบน้ำนม ($p>0.05$)

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. มปป. **มาตรฐานการรับซื้อน้ำนมดิบ.** จาก *http://www.dcoft.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538763589* [2 กุมภาพันธ์ 2553].

กัลยา เก่งวิกย์กรรม ณรงค์กร เกษมสุข และวิบูรณ์ ตุลารักษา. 2549. **การประเมินพันธุกรรมของค่าโซมาติกเซลล์ในน้ำนมของโคนมลูกผสมไทยโฮลสไตน์**. การประชุมวิชาการทางสัตวแพทย์และการเลี้ยงสัตว์ ครั้งที่ 32 สัตวแพทยสมาคมแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. กรุงเทพฯ, วันที่ 1-3 พ.ย. 2549: 173-178.

ธีรพงศ์ ธีรภัทรสกุล. 2550. การสอบเทียบความถูกต้องของค่าจำนวนเซลล์ในน้ำนมที่นับด้วยเครื่องอิเล็กทรอนิกส์. **ว.โคนม**. 25(1): 25-31.

ประวีร์ วิชชุลตา ณิฐิมา เฉลิมแสน และสุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์. 2546. **สถานภาพองค์ประกอบน้ำนมดิบในประเทศไทย**. การประชุมวิชาการโคนม คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. น 7-14.

ไพโรจน์ ธำรงโอภาส จุรีรัตน์ แสนโภชน์ พรรณพิไล เสกสิทธิ์ และกัลยา เก่งวิกย์กรรม. 2538. **ผลผลิตน้ำนมของโคนมสายพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนระดับต่าง ๆ ที่จังหวัดเพชรบุรีและจังหวัดประจวบคีรีขันธ์.** การสัมมนาวันวิชาการโคนม อ.ส.ค. ครั้งที่ 1: ประยุกต์วิชาการโคนมสู่โลกาภิวัตน์ องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย: สระบุรี. น 116-126.

วีรพล เอี่ยมสวัสดิ์ และภักดี สุทธิพันธ์กูล. 2548. การศึกษาค่าองค์ประกอบน้ำนมดิบ และจำนวนโซมาติกเซลล์จากถังนมรวมฟาร์มโคนมในจังหวัดลำปาง. **ว.วิชาการปศุสัตว์เขต 5**. 7(3):10-17.

ศุภณิดา สุระวงศ์ ธัชฎาพร ไชยคุณ ศุกลรัตน์ บุณยยาตรา ขวัญชาย เครือสุคนธ์ และวิทยา สุริยาสถาพร. 2548. ปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณเซลล์โซมาติกในน้ำนมของแม่โครระยะท้ายการรีดนม. **ว.เชียงใหม่สัตวแพทยสาร.** 3:43-53.

สุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์ ประวีร์ วิชชุลตา พรศรี ชัยรัตนายุทธ์ สิรินธร สินธุวนิชย์ วิไล สันติโสภาศรี และสมจิตร สุรพัฒน์. 2544. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของน้ำนมดิบในเขต อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี. **ว.โคนม**. 18(4):47-57.

สุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์ ประวีร์ วิชชุลตา พรศรี ชัยรัตนายุทธ์ สิรินธร สินธุวนิชย์ วิไล สันติโสภาศรี สมจิตร และโกวิทย์ นิธิชัย. 2546. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์** ครั้งที่ 41 สาขาสัตว์และสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. น 401-408.

สุภาวดี แหยมคง ศกร คุณวุฒิฤทธิรณ Mauricio A. Elzo และธนาทิพย์ สุวรรณโสภี. 2551. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบน้ำนมที่ผลิตโดยสมาชิกของศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบเอกชนแห่งหนึ่งในเขตภาคกลางของประเทศไทย. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์** ครั้งที่ 46 สาขาสัตว์และสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. น 154-161.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2548. **มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เรื่อง น้ำนมดิบ.** จาก *http://www.acfs.go.th/standard/download/milk.pdf* [3 มีนาคม 2553]

อามีนา แสงจันทร์ และศกร คุณวุฒิฤทธิรณ. 2550. **ปัจจัยที่มีอิทธิพลและความสัมพันธ์ระหว่างราคารับซื้อไขมันนม ระดับการปนเปื้อนแบคทีเรีย และจำนวนโซมาติกเซลล์ในน้ำนมดิบที่ผลิตโดยสมาชิกของ สหกรณ์โคนมแห่งหนึ่งในเขตภาคกลางของประเทศไทย.** การประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 สาขาสัตว์และสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. น 146-154.

Campos, M.S., C.J. Wilcox, C.M. Becerril and A. Diz. 1994. Genetic parameter for yield and reproductive traits of Holstein and Jersey cattle in Florida. **J. Dairy. Sci.** 77(3): 867-873.

Kaewkamchan, S., P. Vijchulata, P. Chairatanayuth, S. Sintuvanich, V. Santisopasri, S. Surapat and K. Nithichai. 2003. Factors effecting yield and compositions of milk from dairy cattle raised under tropical country. **Proceedings of 41st Kasetsart University**. Subject: Animals and Veterinary Medicine Annual Conference, 3-7 February, 2003.

Wolfová M., J. Wolf, J. Kvapilík and J. Kica. 2007. Selection for profit in cattle: I. Economic weights for purebred dairy cattle in the Czech Republic. **J. Dairy. Sci.** 90: 2442-2455.

ผลการเสริมซาร์ซาโปนินต่อการเจริญเติบโตของโคนมรุ่นเพศเมีย

Effects of Sarsaponin Supplementation on Growth Performance of Dairy Heifers

ทิวาวรรณ ญาณตาล* และโชค มิเกล็ด

Tiwawan Yanatan* and Choke Mikled

ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Department of Animal and Aquatic Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: agani008@chiangmai.ac.th

บทคัดย่อ

ใช้โคนมรุ่นเพศเมียลูกผสมพันธุ์พื้นเมือง×โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน จำนวน 12 ตัว อายุเฉลี่ย 1.5 ปี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 6 ตัว คือ กลุ่มที่ 1 ไม่เสริมซาร์ซาโปนินลงในอาหารข้นและกลุ่มที่ 2 เสริมซาร์ซาโปนินลงในอาหารข้น 10 กรัม/ตัว /วัน ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักสุดท้ายของโคกลุ่มที่ 1 และ 2 คือ 242.08± 27.96 และ 224.50±35.51 กก. ตามลำดับ ซึ่งไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของโคกลุ่มที่ 1 และ 2 คือ 78.58±9.22 และ 61.00±19.36 กก. ตามลำดับ ซึ่งไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เช่นเดียวกับน้ำหนักที่เพิ่มต่อวันของโคกลุ่มที่ 1 และ 2 คือ 0.85±0.10 และ 0.66±0.21 กก. ตามลำดับ ซึ่งไม่มีค่าแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน ในเดือนที่ 1 ของโคกลุ่มที่ 1 คือ 0.71±0.15 กก. มีค่าน้อยกว่าโคกลุ่มที่ 2 คือ 0.84±0.38 กก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) น้ำหนักที่เพิ่มต่อวันในเดือนที่ 2 และ 3 ของโคกลุ่มที่ 1 คือ 0.86±0.29 และ 1.00±0.14 กก. มีค่ามากกว่าโคกลุ่มที่ 2 คือ 0.50±0.19 และ 0.65±0.20 กก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

คำสำคัญ: โคนมรุ่นเพศเมีย ซาร์ซาโปนิน การเจริญเติบโต สารเสริมอาหาร

Abstract

The 12 crossbred native x Holstein Friesian heifers with average age 1.8 years were used as experimental animals. The animals were randomly allocated into treatment 1; fed concentrate without sarsaponin and treatment 2; fed concentrate with sarsaponin 10 g/head/day. There were no significant differences in final weight (242.08±27.96 and 224.50±35.51 kg, respectively), weight gain (78.58±9.22 and 61.00±19.36 kg, respectively) and average daily gain (78.58±9.22 and 61.00±19.36 kg, respectively) (P>0.05). However, average daily gain in the first month of treatment 1 was significantly lower than treatment 2 (0.71±0.15 and 0.84±0.38 kg, respectively) (P<0.05). Average daily gain in the second and third months of treatment 1 were significantly higher than treatment 2 (0.86±0.29, 1.00±0.14 and 0.50±0.19, 0.65±0.20 kg, respectively) (P<0.05).

Keywords: dairy heifers, sarsaponin, growth performance, feed additives

คำนำ

สารเสริมในอาหาร (feed additives) โดยทั่วไปเป็นสารที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารตามธรรมชาติ (ไม่ใช่สารอาหารโดยตรง) แต่ใช้เติมลงในอาหารปริมาณเล็กน้อย เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้อาหาร การให้ผลผลิต และควบคุมหรือป้องกันโรคสัตว์ (Ensminger, 1990)

ซาร์ซาโปนิน (sarsaponin) เป็นซาโปนินที่มีบทบาทสำคัญชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในทางปศุสัตว์อย่างกว้างขวาง โดยซาร์ซาโปนินเป็นซาโปนินประเภทสเตียรอยด์ ไกลโคไซด์ ที่สกัดจากลำต้นของพืชสกุล Yucca ที่มีชื่อว่า *Yucca schidigera* โดยเป็นพืชที่ขึ้นในบริเวณแห้งแล้งของประเทศสหรัฐอเมริกาและเม็กซิโก ซาร์ซาโปนินถูกนำมาผสมลงในอาหารโคเพื่อปรับปรุงสมรรถภาพการผลิต โดยซาร์ซาโปนินมีความสามารถในการจับกับก๊าซแอมโมเนียในกระเพาะหมักของโคเมื่อมีความเข้มข้นของก๊าซแอมโมเนียสูงและปล่อยก๊าซแอมโมเนียออกมาเมื่อมีความเข้มข้นของก๊าซแอมโมเนียต่ำเกินไป (Lyons, 1992) ทำให้การใช้ก๊าซแอมโมเนียในกระเพาะหมักของโคมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โคมีการเจริญเติบโตดีขึ้น ผลการเสริมซาร์ซาโปนินลงในอาหารโคขุนเพศผู้พบว่าสามารถลดระดับก๊าซแอมโมเนียในกระเพาะหมักลงได้หลังจากกินอาหารไปแล้ว 2 ชั่วโมง (Hristov *et al*., 1999) ลดปริมาณโปรโตซัวในกระเพาะหมัก (Wallace *et al*., 1994) และเพิ่มปริมาณโปรตีนจุลินทรีย์ (Microbial protein) ที่ถูกส่งผ่านไปยังลำไส้เล็ก (Williams and Coleman, 1991)

ในปัจจุบันการเลี้ยงโคนม การผลิตโคสาวทดแทนในฝูงโครีดนมเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่ช่วยเพิ่มผลผลิตภายในฟาร์ม โดยถ้าเลี้ยงโคสาวให้เจริญเติบโตได้รวดเร็วก็จะส่งผลให้ถึงวัยเจริญพันธุ์ได้รวดเร็วขึ้น ทำให้สามารถผสมพันธุ์และคลอดลูกได้เร็วขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มผลผลิตภายในฟาร์มให้เพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบัน จึงมีการผลิตสารกระตุ้นสมรรถนะ (performance stimulants) เพื่อช่วยปรับปรุงผลผลิตสัตว์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างหนึ่งของสารกระตุ้นสมรรถนะ คือ สารเสริมในอาหาร (feed additives) เช่น ซาร์ซาโปนิน (sarsaponin) ใช้เสริมลงในอาหารเล็กน้อยเพื่อช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้อาหาร ทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตได้เต็มที่

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาการเลี้ยงโคนมเพศเมีย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่ 1 ไม่เสริมซาร์ซาโปนินลงในอาหารข้น และกลุ่มที่ 2 เสริมซาร์ซาโปนินลงในอาหารข้น 10 กรัม/ตัว/วัน โดยใช้โคนมรุ่นเพศเมียลูกผสมพันธุ์พื้นเมือง × โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน น้ำหนักเฉลี่ย 163.50 กก. อายุเฉลี่ย 1.5 ปี จำนวน 12 ตัว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 6 ตัว เลี้ยงโคโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าตลอดเวลา (หญ้ากินนีสีม่วงและหญ้ารูซี่) แบ่งโคทั้งสองกลุ่มออกจากกันด้วยการใช้ลวดไฟฟ้ากั้น โคทั้งสองกลุ่มได้กินอาหารหยาบอย่างเต็มที่ตลอดเวลา และให้อาหารข้นโปรตีน 16% วันละ 1 กก./ตัว มีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา ทำการถ่ายพยาธิ พ่นเห็บ และชั่งน้ำหนักก่อนเริ่มการทดลองและชั่งน้ำหนักทุกเดือนจนสิ้นสุดการทดลอง เป็นเวลา 3 เดือน นำข้อมูลน้ำหนักที่ได้มาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยด้วยวิธีการทดลองแบบ student's t-test (Steel and Torrie, 1960) ทำการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีในตัวอย่างอาหาร โดยใช้วิธีการ Proximate Analysis (AOAC, 2000)

ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าและอาหารข้น พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของหญ้ากลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยวัตถุแห้ง (DM) เท่ากับ 96.75 % โปรตีนหยาบ (CP) เยื่อใยหยาบ (CF) เถ้า (Ash) และไขมัน (EE) เท่ากับ 5.03, 33.37, 7.44 และ 2.41% ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของหญ้า กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยวัตถุแห้ง (DM) เท่ากับ 96.47% โปรตีนหยาบ (CP) เยื่อใยหยาบ (CF) เถ้า (Ash) และไขมัน (EE) เท่ากับ 3.93, 34.94, 5.80 และ 2.31% ตามลำดับ

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยวัตถุแห้ง (DM) เท่ากับ 84.35% โปรตีนหยาบ (CP) เยื่อใยหยาบ (CF) เถ้า (Ash) และไขมัน (EE) เท่ากับ 16.25, 6.99, 7.84 และ 2.31% ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยวัตถุแห้ง (DM) เท่ากับ 85.48% โปรตีนหยาบ (CP) เยื่อใยหยาบ (CF) เถ้า (Ash) และไขมัน (EE) เท่ากับ 16.16, 6.96, 6.26 และ 2.00% ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Chemical composition of the experimental roughage and concentrate

Item	roughage		concentrate	
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 1	Treatment 2
DM	96.75	96.47	84.35	85.48
CP	5.03	3.93	16.25	16.16
CF	33.37	34.94	6.99	6.96
Ash	7.44	5.80	7.84	6.26
EE	2.41	2.31	2.31	2.00

อัตราการเจริญเติบโต

จากผลการทดลองพบว่า น้ำหนักเริ่มต้นของโคกลุ่มที่เสริมซาร์ซาโปนินและกลุ่มที่ไม่เสริมซาร์ซาโปนินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) น้ำหนักสุดท้ายของโคที่ไม่เสริมซาร์ซาโปนิน คือ 242.08±27.96 กก. และน้ำหนักสุดท้ายของโคที่เสริมซาร์ซาโปนิน คือ 224.50±35.51 กก. ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของโคที่ไม่เสริมซาร์ซาโปนิน คือ 78.58±9.22 กก.และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของโคที่เสริมซาร์ซาโปนิน คือ 61.00±19.36 กก. ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น/วันของโคที่ไม่เสริมซาร์ซาโปนิน คือ 0.85±0.10 กก. และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น/วันของโคที่เสริมซาร์ซาโปนิน คือ 0.66±0.21 กก. ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) นอกจากนี้ พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น/วัน ในเดือนที่ 1 ของโคกลุ่มที่ไม่เสริมซาร์ซาโปนิน คือ 0.71±0.15 กก. มีค่าน้อยกว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น/วันของโคกลุ่มที่เสริมซาร์ซาโปนิน คือ 0.84±0.38 กก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าน้ำหนักที่เพิ่ม/วันในเดือนที่ 2 และ 3 ของโคกลุ่มที่ไม่เสริมซาร์ซาโปนิน คือ 0.86±0.29

และ 1.00±0.14 กก. มีค่ามากกว่าน้ำหนักที่เพิ่ม/วันของโคกลุ่มเสริมซาร์ซาโปนิน คือ 0.50±0.19 และ 0.65±0.20 กก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (Table 2)

Table 2 Effects of sarsaponin supplementation on dairy heifers growth performance

Body weight	Sarsaponin		Sig.
	Treatment 1 (0 g)	Treatment 2 (10 g)	
Initial weight	163.50 ± 23.22	163.50 ± 31.80	ns
Final weight	242.08 ± 27.96	224.50 ± 35.51	ns
Weight gain	78.58 ± 9.22	61.00 ± 19.36	ns
Average daily gain	0.85 ± 0.10	0.66 ± 0.21	ns
Average daily gain (1^{st}month)	0.71 ± 0.15	0.84 ± 0.38	*
Average daily gain (2^{nd}month)	0.86 ± 0.29	0.50 ± 0.19	*
Average daily gain (3^{rd}month)	1.00 ± 0.14	0.65 ± 0.20	*

ns = no significant differences between treatments

* = within a row and factor, means without a common superscript differ, P < 0.05

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า น้ำหนักเริ่มต้นของโคทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง 90 วัน พบว่า น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มและน้ำหนักที่เพิ่ม/วัน ของโคทั้งสองกลุ่มไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Mader and Brumm (1987) ได้ทำการศึกษาการเสริมซาร์ซาโปนินจำนวน 150 มก./ตัว/วัน ร่วมกับยูเรียในโคตอนเพศผู้เป็นเวลา 62 วัน ไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มและน้ำหนักที่เพิ่ม/วัน

นอกจากนี้ พบว่า น้ำหนักที่เพิ่ม/วันในแต่ละเดือนของโคทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ในเดือนที่ 1 โคกลุ่มที่ไม่เสริมซาร์ซาโปนินมีค่าน้อยกว่าโคกลุ่มที่เสริมซาร์ซาโปนินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมากกว่าของโคกลุ่มที่ 2 อาจจะมีผลมาจากการเสริมซาร์ซาโปนิน แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าน้ำหนักที่เพิ่ม/วัน ในเดือนที่ 2 และ 3 ของโคกลุ่มที่ไม่เสริมซาร์ซาโปนินมีค่ามากกว่ากลุ่มที่เสริมซาร์ซาโปนินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อาจเนื่องมาจากปริมาณโปรตีนของหญ้าในโคกลุ่มที่ไม่เสริมซาร์ซาโปนิน คือ 5.03 % มีค่ามากกว่าโปรตีนของหญ้าในโคกลุ่มที่เสริมซาร์ซาโปนิน คือ 3.93% ดังนั้นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมากของโคกลุ่มที่ 1 อาจเกิดมาจากได้รับหญ้าที่มีโปรตีนมากกว่าโคกลุ่มที่ 2 (Table 1)

สรุปผลการทดลอง

1. โคทั้งสองกลุ่มการทดลองมีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มและน้ำหนักที่เพิ่ม/วัน ไม่แตกต่างกัน

2. น้ำหนักที่เพิ่ม/วัน ในเดือนที่ 1 ของโคกลุ่มที่ไม่เสริมซาร์ซาโปนินมีค่าน้อยกว่าโคกลุ่มที่เสริมซาร์ซาโปนิน โดยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมากกว่าของโคกลุ่มที่เสริมซาร์ซาโปนิน อาจจะมีผลมาจากการเสริมซาร์ซาโปนินลงในอาหารข้น

3. น้ำหนักที่เพิ่ม/วัน ในเดือนที่ 2 และ 3 ของโคกลุ่มที่ไม่เสริมซาร์ซาโปนินมีค่ามากกว่ากลุ่มที่เสริมซาร์ซาโปนิน อาจเนื่องมาจากปริมาณโปรตีนของหญ้าในโคกลุ่มที่ไม่เสริมซาร์ซาโปนิน มีค่ามากกว่าโปรตีนของหญ้าในโคกลุ่มที่เสริมซาร์ซาโปนิน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคุณวสันต์ ลีละยูวะ บริษัท อินเทลโนเวชั่น จำกัด ที่สนับสนุนซาร์ซาโปนินที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis**. AOAC International, 17th Ed. AOAC International: Maryland.

Ensminger, M.E., J.E. Oldfield and W.W. Heinemann. 1990. **Feeds & Nutrition**. The Ensminger Publishing company: California. 1,544 p.

Hristov A.N., T.A. McAllister, Van Herk F.H., Cheng K.J., Newbold C.J. and Cheeke P.R. 1999. Effect of Yucca schidgera on ruminal fermentation and nutrient digestion in heifers. **J. Anim Sci**. 77: 2554-2563.

Lyons, T.P. 1992. Strategy for the future: The role of biotechnology in the feed industry. *In:* Lyons T.P. (ed.) **Biotechnology in the Feed Industry**. Proc. Alltech's 8th Annu. Symp. P1. Alltech Technical Publications, Nicholasvill: KY.

Mader T.L. and M.C. Brumm. 1987. Effect of feeding Sarsaponin in cattle and swine diets. **J. Anim Sci**. 65: 9-15.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. **Principles and procedures of statistics**. 2 nd (ed.), McGraw-Hill Book Co. Inc.: New York.

Wallace, R.J., L. Arthaud and C.J. Newbold. 1994. Influence of *Yucca shidigera* extract on ruminal ammonia concentrations and ruminal microorganisums. **Appl. Environ. Microbiol**. 60: 1762-1767.

Williams, A.G and G.S. Coleman. 1991. **The Rumen Protozoa**. Springer-Verlag New York Inc.: New York.

ไขมันและองค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอกของโคลูกผสม บราห์มัน × พื้นเมืองไทย และชาร์โรเลส์ × พื้นเมืองไทย

Fat and Intramuscular Fatty Acid Composition of *Longissimus Dorsi* Muscle of Brahman × Thai Native and Charolais ×Thai Native Crossbred Bulls

อำพล วริทธิธรรม[1*] คริสเตียน ลัมแบซ[2] ฮานส์-เยอร์เกน ลางโฮล์ซ[2] โวล์ฟกัง บรันชายด์[2] มิชาเอล วิคเคอ[2] และมัธทีอัส เกาลี[2]

Amphon Waritthitham[1*], Christian Lambertz[2], Hans-Juergen Langholz[2], Wolfgang Branscheid[3], Michael Wicke[2] and Matthias Gauly[2]

[1]กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กรุงเทพฯ 10400

[2]ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยก๊อตทิงเก้น สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี 37075

[3]สถาบันวิจัยโภชนการและอาหาร สถาบันมักซ์รุบเนอร์ สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี 95326

[1]Animal Nutrition Division, Department of Livestock Development, Bangkok, Thailand 10400

[2]Department of Animal Science, University of Goettingen, Germany 37075

[3]Federal Research Institute of Nutrition and Food, Max Rubner-Institut, Germany 95326

*Corresponding author: amphon_ans@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของพันธุ์และน้ำหนักฆ่าต่อไขมันและองค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอกของโคขุน โดยใช้โคเพศผู้พันธุ์ลูกผสมบราห์มัน × พื้นเมืองไทย และชาร์โรเลส์ × พื้นเมืองไทย ที่มีเลือดบราห์มันและชาร์โรเลส์ไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ จำนวนพันธุ์ละ 34 ตัว มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 320 กก. ถูกขุนภายใต้สภาพการเลี้ยงของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ จนกระทั่งถึงน้ำหนักฆ่าที่กำหนดไว้ คือ 500, 550 และ 600 กก. นำตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกไปวิเคราะห์ไขมันและองค์ประกอบกรดไขมัน ผลการทดลอง พบว่า เนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์มีคะแนนระดับไขมันแทรกและปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อมากกว่าโคลูกผสมบราห์มัน ($P<0.01$) การมีไขมันดังกล่าวในปริมาณมากจะส่งผลให้เนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์มีคุณภาพที่ดีกว่าในด้านความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และกลิ่น ส่วนเนื้อโคลูกผสมบราห์มันมีไตรกลีเซอไรด์และโคเลสเตอรอลในปริมาณที่น้อยกว่าเนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์ นอกจากนี้เนื้อโคลูกผสมบราห์มันยังมีกรดไลโนเลนิก (C18:3 (n-3)) กรดโดโคสะเพนตะอีโนอิก (C22:5 (n-3)) และปริมาณรวมของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 มากกว่าเนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์ ส่งผลให้สัดส่วนกรดไขมันชนิดโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 ของเนื้อโคลูกผสมบราห์มันต่ำกว่าเนื้อโคลูกผสมชาโรเลส์ ($P<0.01$) การมีไขมันและองค์ประกอบกรดไขมันดังกล่าวของเนื้อโคลูกผสมบราห์มันนั้นส่งผลดีต่อสุขภาพผู้บริโภค ส่วนน้ำหนักฆ่าไม่มีผลต่อไขมันและองค์ประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอก

คำสำคัญ: โคพันธุ์ลูกผสม บราห์มัน ชาร์โรเลส์ ไขมัน กรดไขมัน

Abstract

The objective of the present study was to determine the effects of genotype and slaughter weight on fat and intramuscular (i.m.) fatty acid composition of *Longissimus dorsi* of fattening bulls. A total of 34 Brahman × Thai native (BRA) and 34 Charolais × Thai native (CHA) crossbred bulls (at least 75% Brahman and Charolais blood) were fattened under practical farm conditions and randomly selected to slaughter at either 500, 550 or 600 kg live weight. The results showed that CHA meat exhibited higher marbling scores and contained higher i.m. fat compared to BRA. Therefore, CHA may result in a better meat quality, especially with regard to tenderness, juiciness and flavour. However, BRA meat contained lower triglyceride and cholesterol. C18:3 (n-3), C22:5 (n-3) and total n-3 PUFA contents were higher in BRA meat resulting in lower ratio of n-6/n-3 PUFA. The fat and fatty acid composition of BRA meat will benefit consumer health. Increasing slaughter weight from 500 to 600 kg had an effect neither on fat nor on i.m. fatty acid composition.

Keywords: crossbred cattle, Brahman, Charolais, fat, fatty acid

คำนำ

ไขมันในเนื้อมีผลต่อคุณภาพเนื้อในด้านความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และกลิ่น โดยเนื้อที่มีไขมันแทรกมากจะมีความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และมีกลิ่นหอมมากกว่าเนื้อที่มีไขมันน้อย (Enser, 2001) ดังนั้นปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อจึงเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการกำหนดราคาเนื้อ (Pitchford *et al*., 2002) ส่วนในแง่สุขภาพปริมาณไขมันในเนื้อและกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบล้วนมีผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยเฉพาะไขมันสัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวจำนวนมาก และมีสัดส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนต่อกรดไขมันอิ่มตัว (PUFA/SFA) ต่ำกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว การบริโภคกรดไขมันอิ่มตัวจะทำให้ความเข้มข้นของ low-density-lipoprotein cholesterol ในซีรั่มเพิ่มสูงขึ้นซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (French *et al*., 2000) ในทางตรงกันข้ามเนื้อที่มีกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 เป็นกรดไขมันที่มีผลดีต่อสุขภาพผู้บริโภคในแง่การป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจและมะเร็ง (Simopoulus, 1991; Moreno *et al*., 2008) มีปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมันในกล้ามเนื้อ เช่น พันธุ์ เพศ อายุ การให้อาหาร และชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ เป็นต้น (Monteiro *et al*., 2006; Latimori *et al*., 2008) ดังนั้นแนวความคิดเกี่ยวกับโภชนการและสุขภาพมีบทบาทสำคัญในการเลือกซื้อเนื้อของผู้บริโภค (Warren *et al*., 2008)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของพันธุ์และน้ำหนักฆ่าต่อไขมันและองค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอกของโคขุนเพื่อคัดเลือกพันธุ์โคและน้ำหนักฆ่าที่เหมาะสมในการขุนโคของเกษตรกรในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและอาหาร

โคเพศผู้พันธุ์ลูกผสมบราห์มัน × พื้นเมืองไทย และชาร์โรเลส์ × พื้นเมืองไทย ที่มีเลือดบราห์มันและชาร์โรเลส์ไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ละ 34 ตัว มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 320 กก. ถูกขุนภายใต้สภาพการเลี้ยงของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ จนถึงน้ำหนักฆ่าที่กำหนดไว้ คือ 500, 550 และ 600 กก. โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 (พันธุ์) × 3 (น้ำหนักฆ่า) โคได้รับอาหารหยาบเต็มที่ ประกอบด้วย หญ้าสด ฟางข้าว ข้าวโพดสับ ข้าวโพดหมัก เศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร และเสริมด้วยอาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 12 เปอร์เซ็นต์ในอัตราส่วน 1 กก. ต่อน้ำหนัก 100 กก.

การวิเคราะห์คุณภาพไขมันและองค์ประกอบกรดไขมัน

นำโคที่มีน้ำหนักตามแผนที่กำหนดไว้ส่งโรงฆ่าสัตว์ ในจังหวัดเชียงใหม่ โดยพักโค 1 คืนก่อนการฆ่าและทำการฆ่าตามวิธีการของโรงฆ่าสัตว์ หลังจากการฆ่าทำการแช่เย็นซากเป็นเวลา 24 ชม. และเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกจากซากซีกขวาบริเวณซี่โครงซี่ที่ 10-12 เพื่อใช้ในการตรวจวิเคราะห์ต่างๆ ทำการประเมินระดับไขมันแทรกบริเวณหน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอกโดยการเทียบกับภาพไขมันแทรกมาตรฐานของ AMSA (2001) โดยระดับไขมันแทรกแบ่งออกเป็น 6 ระดับ คือ จาก 1 คะแนน คือ น้อยมาก (slight) ถึง 6 คะแนน คือ มากปานกลาง (moderate abundant) หลังจากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างเนื้อเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไขมันในเนื้อตามวิธีการของ AOAC (1997) วิเคราะห์ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ตามวิธีการของ Biggs *et al*. (1975) วิเคราะห์ปริมาณโคเลสเตอรอลตามวิธีการของ Abell *et al*. (1952) และ Jung *et al*. (1975) และวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันโดยการสกัดและเตรียมในรูป fatty acid methyl ester และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas-liquid chromatography ตามวิธีของ Schulte and Weber (1989)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยทางด้านไขมันและองค์ประกอบกรดไขมันจากปัจจัยทางสายพันธุ์ (ลูกผสมบราห์มัน × พื้นเมืองไทยและชาร์โรเลส์ × พื้นเมืองไทย) และน้ำหนักฆ่า (500, 550 และ 600 กก.) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 2003)

ผลการวิจัย

ไขมันในกล้ามเนื้อสันนอก

กล้ามเนื้อสันนอกของโคลูกผสมชาร์โรเลส์มีคะแนนระดับไขมันแทรกมากกว่ากล้ามเนื้อของโคลูกผสมบราห์มัน ($P<0.01$) ดังแสดงใน table 1 เนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์มีไขมันมากกว่าเนื้อโคลูกผสมบราห์มัน ($P<0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่า เนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์มีไตรกลีเซอร์ไรด์ ($P<0.01$) และโคเลสเตอรอล ($P<0.05$) สูงกว่าเนื้อโคลูกผสมบราห์มันอีกด้วย ส่วนน้ำหนักฆ่าไม่มีอิทธิพลต่อระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ปริมาณไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ และโคเลสเตอรอลในเนื้อโค

Table 1 Effects of genotype and slaughter weight on fat of *Longissimus dorsi* muscle of Brahman × Thai native (BRA) and Charolais × Thai native (CHA) bulls

Fatness parameter	Genotype (G)		PSE	Slaughter weight (W)			PSE	Significance		
	BRA	CHA		500 kg	550 kg	600 kg		G	W	G×W
No. of cattle	34	34		23	23	22				
Marbling score[1]	1.15[b]	1.50[a]	0.088	1.34	1.36	1.27	0.109	**	ns	ns
I.m. fat, % fresh meat	1.66[b]	2.36[a]	0.167	2.27	1.95	1.81	0.207	**	ns	ns
I.m. triglyceride, g/100g fresh meat	0.54[b]	0.86[a]	0.084	0.79	0.73	0.59	0.105	**	ns	ns
I.m. cholesterol, mg/100g fresh meat	79.1[b]	97.7[a]	5.581	99.6	88.5	76.9	6.938	*	ns	ns

Values across each row with different superscripts ([a, b]) differ significantly between genotypes

*P<0.05, **P<0.01; ns = no significance

[1]marbling score (1 = slight, 2 = small, 3 = modest, 4 = moderate, 5 = slightly abundant and 6 = moderate abundant)

องค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอก

กรดไขมันหลักของเนื้อโคทั้งสองพันธุ์ คือ กรดโอเลอิก (C18:1) กรดปาล์มมิติก (C16:0) และกรดสเตียริก (C18:0) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.8, 27.2 และ 14.6%FAME ตามลำดับ ดังแสดงใน table 2 ปริมาณรวมกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ในเนื้อโคทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์มีปริมาณรวมของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid) กรดไมริสโตเลอิก (C14:1) และกรดปาล์มมิโตเลอิก (C16:1) มากกว่าเนื้อโคลูกผสมบราห์มัน (P<0.05) เนื้อโคทั้งสองพันธุ์มีปริมาณรวมของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่เนื้อโคลูกผสมบราห์มันมีกรดไลโนเลนิก (C18:3 (n-3)) และกรดโดโคสะเพนตะอีโนอิก (C22:5 (n-3)) มากกว่าเนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์ เนื้อโคลูกผสมบราห์มันมีปริมาณรวมของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 มากกว่า เนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์ (P<0.01) แต่ปริมาณรวมของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 6 ไม่แตกต่างกันระหว่างเนื้อของทั้งสองพันธุ์ (P>0.05) สัดส่วนระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนต่อกรดไขมันอิ่มตัว (PUFA/SFA) ของไขมันในเนื้อโคทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ไขมันในเนื้อโคลูกผสมบราห์มันมีสัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 (n-6/n-3 PUFA) ต่ำกว่าในเนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์ ส่วนการเพิ่มน้ำหนักฆ่าจาก 500 กก. เป็น 600 กก. ไม่มีต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอก (P<0.05) แต่พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และน้ำหนักฆ่าต่อองค์ประกอบกรดไขมันบางชนิด ได้แก่ กรดเพนตะเดคาโนอิก (C15:0) กรดไอโคไดอีโนอิก (C20:2 (n-6)) กรดอะราชิโดนิก (C20:2 (n-6)) กรดโดโคสะเพนตะอีโนอิก (C22:5 (n-3)) และปริมาณรวมของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 (P<0.05) โดยกรดไขมันดังกล่าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นในเนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์ที่ฆ่าที่น้ำหนัก 600 กก. แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในเนื้อโคลูกผสมบราห์มัน

Table 2 Effects of genotype and slaughter weight on fatty acid composition of *Longissimus dorsi* muscle of Brahman × Thai native (BRA) and Charolais × Thai native (CHA) bulls

Fatty acid, % FAME	Genotype (G)		PSE	Slaughter weight (W)			PSE	Significance		
	BRA	CHA		500 kg	550 kg	600 kg		G	W	G×W
C14:0	3.52	3.32	0.108	3.61	3.39	3.26	0.134	ns	ns	ns
C14:1	1.94[b]	2.28[a]	0.102	1.92	2.23	2.19	0.127	*	ns	ns
C15:0	0.51	0.48	0.036	0.55	0.45	0.48	0.045	ns	ns	*
C16:0	27.3	27.1	0.300	27.6	27.2	26.8	0.373	ns	ns	ns
C16:1	3.27[b]	3.60[a]	0.107	3.52	3.46	3.33	0.133	*	ns	ns
C17:0	1.50[a]	1.38[b]	0.034	1.44	1.45	1.43	0.043	*	ns	ns
C17:1	0.60	0.56	0.016	0.56	0.59	0.57	0.020	ns	ns	ns
C18:0	14.9	14.3	0.286	14.6	14.4	14.7	0.356	ns	ns	ns
C18:1	38.4	39.3	0.368	38.7	38.9	39.0	0.457	ns	ns	ns
C18:2 (n-6)	3.46	3.58	0.182	3.35	3.44	3.77	0.227	ns	ns	ns
C18:2 c-9, t-11 (CLA)	0.31	0.28	0.014	0.30	0.28	0.31	0.017	ns	ns	ns
C18:3 (n-3)	0.56[a]	0.35[b]	0.031	0.43	0.46	0.47	0.038	**	ns	ns
C20:0	0.29	0.26	0.018	0.27	0.28	0.27	0.022	ns	ns	ns
C20:1	0.18	0.17	0.022	0.20	0.14	0.17	0.028	ns	ns	ns
C20:2 (n-6)	0.13	0.13	0.014	0.11	0.14	0.14	0.018	ns	ns	*
C20:3 (n-6)	0.19	0.21	0.015	0.16	0.22	0.21	0.019	ns	ns	ns
C20:4 (n-6)	1.08	1.00	0.070	0.90	1.12	1.10	0.087	ns	ns	*
C20:5 (n-3)	0.13	0.12	0.016	0.11	0.15	0.12	0.020	ns	ns	ns
C22:5 (n-3)	0.55[a]	0.40[b]	0.034	0.42	0.52	0.49	0.042	**	ns	*
Total SFA	48.1	46.9	0.421	48.2	47.2	47.1	0.524	ns	ns	ns
Total MUFA	44.4[b]	45.9[a]	0.395	44.9	45.3	45.3	0.490	**	ns	ns
Total PUFA	6.50	6.13	0.302	5.89	6.38	6.67	0.376	ns	ns	*
Total n-6 PUFA	4.90	4.96	0.259	4.58	4.95	5.26	0.322	ns	ns	*
Total n-3 PUFA	1.29[a]	0.90[b]	0.073	1.02	1.15	1.11	0.091	**	ns	ns
PUFA/SAF	0.14	0.13	0.007	0.12	0.14	0.14	0.009	ns	ns	ns
n-6/n-3 PUFA	4.10[b]	6.00[a]	0.277	4.94	5.02	5.19	0.344	**	ns	ns

Values across each row with different superscripts ([a, b]) differ significantly between genotypes

*P < 0.05, **P < 0.01, ns = no significant, PSE = pooled standard error

วิจารณ์ผลการวิจัย

ไขมันในกล้ามเนื้อสันนอก

พันธุ์มีผลต่อความแตกต่างของปริมาณไขมันในเนื้อ (Preziuso *et al*., 2004; Padre *et al*., 2007) โคในตระกูล *Bos indicus* มีการสะสมไขมันในเนื้อเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Valin *et al*., 1992) และมีระดับไขมันแทรกและปริมาณไขมันในเนื้อน้อยกว่าโคในตระกูล *Bos Taurus* (Moreira *et al*., 2003) การที่น้ำหนักฆ่าไม่มีผลต่อปริมาณไขมันในเนื้อนั้นอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของระยะเวลาในการเลี้ยงเพื่อที่จะเพิ่มน้ำหนักของโคจาก 500 กก. เป็น 600 กก. ที่น้อยเกินไปจนไม่เกิดความแตกต่างของไขมันที่สะสมในเนื้อ ซึ่งปริมาณไขมันที่สะสมในเนื้อนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาและปริมาณอาหารข้นที่สัตว์กิน (Valin *et al*., 1992) ปริมาณไตรกลีเซอไรด์และโคเลสเตอรอลสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในเนื้อ โดยเนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์มีไขมันปริมาณมากจึงส่งผลให้มีปริมาณไตรกลีเซอไรด์และโคเลสเตอรอลสูงตามไปด้วย การที่เนื้อโคลูกผสมบราห์มันมีปริมาณไตรกลีเซอไรด์และโคเลสเตอรอลต่ำนั้นจะส่งผลดีต่อผู้บริโภค เนื่องจากมีรายงานว่า การมีไตรกลีเซอไรด์และโคเลสเตอรอลในพลาสมาปริมาณมากมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (อุษณีย์, 2547; American Heart Association, 2009).

องค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอก

มีการรายงานความแตกต่างของปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและเชิงซ้อนในเนื้อระหว่างพันธุ์โคต่าง ๆ โดยการศึกษาส่วนใหญ่ พบว่า โคที่มีระยะเต็มวัยเร็วและประเภทโคนมมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวในเนื้อสูง ในทางตรงกันข้ามโคที่มีระยะเต็มวัยช้าและโคเนื้อมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในเนื้อสูง (Padre *et al*., 2007; Latimori *et al*., 2008; Moreno *et al*., 2008) การที่เนื้อโคลูกผสมบราห์มันมีกรดไลโนเลนิก (C18:3 (n-3)) และกรดโดโคสะเพนตะอีโนอิก (C22:5 (n-3)) มากส่งผลให้ปริมาณรวมของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 มากกว่าเนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์ตามไปด้วย สาเหตุของความแตกต่างขององค์ประกอบกรดไขมันในเนื้อประการหนึ่งนั้นเกิดจากปริมาณไขมันในเนื้อ โดยถ้ามีไขมันในเนื้อน้อยจะมีเซลล์ไขมันน้อย ทำให้มีไตรกลีเซอร์ไรด์หรือไขมันเป็นกลาง (neutral lipid) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเซลล์ไขมันน้อยตามไปด้วย ส่งผลให้สัดส่วนของฟอสโฟไลปิดซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเพิ่มมากขึ้น (Marmer *et al*., 1984) สัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนต่อกรดไขมันอิ่มตัว (PUFA/SFA) ของเนื้อโคทั้งสองพันธุ์ต่ำกว่าระดับที่แนะนำไว้ว่าเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย คือ มากกว่า 0.45 สัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 (n-6/n-3 PUFA) ของเนื้อโคลูกผสมบราห์มันใกล้เคียงกับระดับที่แนะนำไว้ คือ น้อยกว่า 4.0 ส่วนสัดส่วนดังกล่าวในเนื้อโคลูกผสมชาร์โรเลส์นั้นสูงกว่าระดับที่แนะนำ (Department of Health, 1994) อาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อองค์ประกอบกรดไขมันในเนื้อ และเป็นที่ทราบกันดีว่าการเลี้ยงโคด้วยหญ้าซึ่งมีกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 อยู่มากจะทำให้ได้เนื้อที่มีกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 มากตามไปด้วย แต่การขุนโคด้วยอาหารข้นประเภทธัญพืชจะเพิ่มปริมาณกรดไขมันชนิดโอเมก้า 6 ในเนื้อ (Camfield *et al*., 1997; French *et al*., 2000; Warren *et al*., 2008) ด้วยเหตุที่เนื้อโคลูกผสมบราห์มันมีปริมาณไตรกลีเซอไรด์และโคเลสเตอรอลต่ำกว่า และกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 สูงกว่าโคลูกผสมชาร์โรเลส์ ดังนั้นการเลี้ยงโคลูกผสมบราห์มันโดยเฉพาะการเลี้ยงแบบปล่อยแทะเล็มแปลงหญ้าหรือเลี้ยง

ด้วยหญ้าเป็นหลักซึ่งจะทำให้มีกรดไขมันดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น จึงเป็นแนวทางการผลิต “เนื้อโคสุขภาพ” เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ของตลาดเนื้อโค ส่วนโคลูกผสมชาร์โรเลส์เหมาะสำหรับขุนในระบบการขุนของเกษตรกรในพื้นที่และสามารถขุนได้จนถึงน้ำหนัก 600 กก. โดยโคจะให้เนื้อที่มีไขมันสะสมมากกว่าโคลูกผสมบราห์มันซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการของตลาดเนื้อโคขุน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่ให้ทุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยลำดับที่หนึ่ง ในการศึกษาต่อระดับปริญญาเอก ณ Georg-August-Universität Göttingen, Germany และงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ. 2547. **ชีวเคมีของลิปิดและไลโปโปรตีน.** ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่. 194 น.

Abell, L.L., B.B. Levy, B.B. Brodie and F.E. Kendall. 1952. A simplified method for the estimation of total cholesterol in serum and demonstration of its specificity. **J. Biol. Chem.** 195: 357-366.

American Heart Association. 2009. **Triglycerides.** Available from: *http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=4778* [November, 2009].

AMSA. 2001. **Meat evaluation handbook.** American Meat Science Association: Illinois. 161 p.

AOAC. 1997. **Official Methods of Analysis.** 16th Edn. Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC.

Biggs, H.G., J.M. Erikson and W.R. Moorehead. 1975. A manual colorimetric assay of triglycerides in serum. **Clin. Chem.** 21: 437-441.

Camfield, P.K., A.H. Brown Jr, P.K. Lewis, L.Y. Rakes and Z.B. Johnson. 1997. Effects of frame size and time-on-feed on carcass characteristics, sensory attributes, and fatty acid profiles of steers. **J. Anim. Sci.** 75(7): 1837-1844.

Department of Health. 1994. **Nutritional aspects of cardiovascular disease**. Report on health and social subjects. No. 46. HMSO. Department of Health: London.

Enser, M. 2001. Muscle lipids and meat quality. **Annual proceedings, British Society of Animal Science.** pp. 243-246.

French, P., C. Stanton, F. Lawless, E.G. O’Riordan, F.J. Monahan, P.J. Caffrey and A.P. Moloney. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. **J. Anim. Sci.** 78(11): 2849-2855.

Jung, D.H., H.G. Biggs and W.R. Moorehead. 1975. Colorimetry of serum cholesterol with use of ferric acetate/uranyl acetate and ferrous sulfate/sulfuric acid reagents. **Clin. Chem.** 21(10): 1526-1530.

Latimori, N.J., A.M. Kloster, P.T. Garcia, F.J. Carduza, G. Grigioni and N.A. Pensel. 2008. Diet and genotype effects on the quality index of beef produced in the Argentine Pampeana region. **Meat Sci.** 79(3): 463-469.

Marmer, W.N., R.J. Maxwell and J.E. Williams. 1984. Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles. **J. Anim. Sci.** 59(1): 109-121.

Monteiro, A.C.G., J. Santos-Silva, R.J.B. Bessa, D.R. Navas and J.PC. Lemos. 2006. Fatty acid composition of intramuscular fat of bulls and steers. **Livest. Sci.** 99: 13-19.

Moreira, F.B., N.E. Souza, M. Matsushita, I.N. Prado and W.G. Nascimento. 2003. Evaluation of carcass characteristics and meat chemical composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* × *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture systems. **Braz. Arch. Biol. Technol.** 46: 609-616.

Moreno, T., M.G. Keane, F. Noci and A.P. Molonez. 2008. Fatty acid composition of *M. Longissimus* dorsi from Holstein-Friesian steers of New Zealand and European-American descent and from Belgian Blue × Holstein-Friesians steers, slaughtered at two weights/ages. **Meat Sci.** 78(3): 157-169.

Padre, R.G., J.A. Aricetti, S.T.M. Gomes, R.H.T.B. Goes, F.B. Moreira, I.N. Prado, J.V. Visentainer, N.E. Souza and M. Matsushita. 2007. Analysis of fatty acid in Longissimus muscle of steers of different genetic breeds finished in pasture systems. **Livest. Sci.** 110(1): 57-63.

Pitchford, W.S., M.P.B. Deland, B.D. Siebert, A.E.O. Malau-Aduli, and C.D.K. Bottema. 2002. Genetic variation in fatness and fatty acid composition of crossbred cattle. **J. Anim. Sci.** 80: 2825-2832.

Preziuso, G., C. Russo and M. D'Agata. 2004. Quality of carcass and meat in bullock of different genotypes raised under organic system. **Annali della Facoltà di Medicina veterinaria**. LVII/2004: 265-274.

SAS. 2003. **SAS User's Guide: Statistics.** SAS Institute Inc.: Cary, NC.

Schulte, E and K. Weber. 1989. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from fats with trimetyl-sulfonium hydroxide or sodium methylate. **Fett Wissenschaft Technology**. 91(5): 181-183.

Simopoulos, A.P. 1991. Omega-3 fatty acid in health and disease and in growth and development. **Am. J. Clin. Nutr.** 54(3): 438-463.

Valin, C., H. Russell and S.B. Smith. 1992. Tissue development in relation to meat quality. *In*: Jarringe, R. and C. Béranger (eds.) **World animal science, C5: Beef cattle production.** Elsevier, Amsterdam. pp. 131-149.

Warren, H.E., N.D. Scollan, M. Enser, S.I. Hughes, R.I. Richardson and J.D. Wood. 2008. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. **Meat Sci.** 78: 256-269.

การใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวในสูตรอาหารสุกรระยะเจริญเติบโต-ขุน

Use of Rice Noodle By-product in Growing-finishing Pig Diets

อภิชัย เมฆบังวัน* ปณิตา ศศิภัทรกุล รัตติกาล พันธุ์หลง สุชาติ ปานกล่ำ และอัมธิกา หลวงติ๊บ

Apichai Mekbungwan*, Panita Sasipatrakul, Rattikal Panhlong, Suchart Panklum and Amthiga Laungtip

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: apichaim@mju.ac.th

บทคัดย่อ

เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นผลพลอยได้จากการผลิตก๋วยเตี๋ยว ซึ่งเป็นการนำข้าวมาผ่านขบวนการความร้อนจนแป้งกลายเป็นเจลลาตินแล้วจึงทำให้แห้ง นำมาศึกษาเป็นอาหารสุกร แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองย่อย คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยแบ่งสุกรทดลองออกเป็น 2 กลุ่มทดลอง (Treatment) ทำกลุ่มละ 8 ซ้ำ ใช้สุกรเพศผู้ตอนจำนวน 1 ตัว ต่อ 1 หน่วยการทดลอง เริ่มทดลองเมื่อสุกรน้ำหนัก 25±0.26 กิโลกรัม กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับอาหารเป็นเศษเส้นก๋วยเตี๋ยว 100% และกลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับอาหารเป็นเศษเส้นก๋วยเตี๋ยว 97% และไวตามิน-แร่ธาตุ 3% พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ไขมัน และพลังงานไม่ต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง ส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้าและโปรตีนของกลุ่มที่เสริมไวตามิน-แร่ธาตุมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่กินเศษเส้นก๋วยเตี๋ยว 100% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) แต่มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) พบว่าเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวมีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง พลังงานรวม เยื่อใย และโปรตีนค่อนข้างสูง แต่การย่อยได้ของไขมันและเถ้ามีค่าค่อนข้างต่ำ การเสริมไวตามิน-แร่ธาตุในสูตรอาหาร ทำให้การย่อยได้ของโปรตีนและเถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นแต่ไปลดการย่อยได้ของเยื่อใยลง ในการทดลองที่ 2 ทำการศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตเมื่อใช้ เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 0, 25, 50, และ 75% ในสูตรอาหารสุกรระยะเจริญเติบโต-ขุน โดยปรับให้อาหารทดลองแก่สุกรตามขนาดน้ำหนักสุกร 3 ระยะ คือ สุกรเล็ก (15-30 กก.) สุกรรุ่น (30-60 กก.) และสุกรขุน (60-90 กก.) ใช้ลูกสุกรพันธุ์ผสมสามสายพันธุ์ (ลาร์จไวท์-แลนด์เรซ x ดูรอค) จำนวนรวม 32 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม (treatment) ตามสูตรอาหาร ทำกลุ่มละ 4 ซ้ำๆ ละ 2 ตัว (เพศผู้ตอนและเพศเมีย) มีน้ำและอาหารให้กินอย่างเต็มที่ พบว่า ในสุกรทั้งสามระยะมีอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (F:G) และอัตราการการกินอาหารต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P> 0.05) ส่วนต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัวต่อ 1 กิโลกรัมของสุกรทดลอง พบว่า กลุ่มที่ใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวในสูตรอาหารมีแนวโน้มของต้นทุนค่าอาหารที่ต่ำกว่า (P>0.09) กลุ่มที่ไม่ใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยว (กลุ่มควบคุม) ทั้งนี้เนื่องมาจากราคาวัตถุดิบเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าราคาที่ต่ำกว่าข้าวโพด แสดงว่าสามารถใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นแหล่งพลังงานในอาหารสุกรเล็ก-ขุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสุกร

คำสำคัญ: เศษเส้นก๋วยเตี๋ยว อาหารสุกร สมรรถภาพการเจริญเติบโต และการย่อยได้ของโภชนะ

Abstract

Rice noodle by-product (RNB) is a surplus residual from noodle factory, make from rice pass trough the stream and dried in the final stage. Some of it starch changed to gelatins, easy to digest and absorb by animal digestive tract. This experiment tried to use RNB for replace corn in pig feed, conducted to 2 experiments. The first experiment was investigated the digestibility of RNB. Sixteen castrated male pigs, initial weight of 25±0.26 kgs BW, were allotted into 2 groups, each of 8, as followed; 1) fed with RNB 100% and 2) fed with RNB 97% plus vitamin-mineral premix 3%. The result reviewed that the digestibility of dry matter, lipid and energy were not different between groups of pigs ($P>0.05$). The digestibility of protein and ash were increased ($P<0.01$) but crude fiber digestibility was decreased ($P<0.01$) when vitamin-mineral premix was supplemented to RNB. The digestibility of dry matter, fiber and energy rather be high, but low in lipid and ash digestibility. The second experiment was investigated growth performance of growing –finishing pig (15-90 kg BW). Thirty-two three crass bred (Lw-LR x D) pigs were assigned into 4 treatments, each of 4 replications which consist of 2 pigs (castrate male and female), fed dietary RNB replaced of corn at 0, 25, 50 and 75% in rations. This experiment divided experimental pigs to 3 stages of BW for appropriate feeds; piglets (15-30 kg BW), grower (30-60 kg BW) and finisher (60-90 kg BW). Feed and water were given ad libitum. The result showed that average daily gain, feed efficiency ratio (F:G), and average daily feed intake were not different ($P>0.05$) among groups of pig. Feed cost per kg. BW gain were decreased when RNB was replaced to the rations, but there was significant difference ($P<0.05$) only in grower stage of pigs. This was due to the lower price of RNB (5.00 Baht/kg) compared to corn (7.00 Baht/kg). It is suggested that RNB can be used as energy source in pig feed effectively.

Keywords: rice noodle by-product, pig feed, growth performance, nutrients digestibility

คำนำ

ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมเลี้ยงสุกรเพิ่มขึ้น ทำให้วัตถุดิบที่จะนำมาเป็นอาหารเลี้ยงสุกรไม่พอเพียงและมีแนวโน้มที่สูงขึ้น เป็นผลทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น จึงจำเป็นที่ต้องหาแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพดีราคาถูกและหาได้ง่ายในท้องถิ่น มาใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาแพง เพื่อลดต้นทุนการผลิต เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นวัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว มีคุณค่าทางโภชนะใกล้เคียงกับปลายข้าวและข้าวโพด จึงน่าจะศึกษาถึงผลของการใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นอาหารสุกร และผลที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร

การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว (rice noodle) ใช้ปลายข้าวเป็นวัตถุดิบ กระบวนการผลิตเริ่มโดยการล้างข้าวให้สะอาด และแยกสิ่งสกปรกออกแล้วจึงแช่ข้าวให้อ่อนตัว ต่อมาจึงทำการโม่กับน้ำเมื่อได้น้ำแป้งแล้ว จึงทิ้งแป้งให้นอนกันแล้วเทน้ำออกบางส่วน เพื่อให้ความเข้มข้นของแป้งพอเหมาะแล้วจึงเกลี่ยน้ำแป้งให้มี

ความหนาพอเหมาะและนึ่งด้วยไอน้ำ เมื่อแป้งสุกจึงทาด้วยน้ำมัน เพื่อป้องกันมิให้แผ่นแป้งที่วางซ้อนกันแบบพับผ้า เหนียวติดกัน นำแผ่นแป้งไปตัดเป็นเส้นจะได้เส้นก๋วยเตี๋ยวสด ในการทำเส้นแห้งจะงดเว้นการทาน้ำมันเพื่อมิให้เกิดกลิ่นหืนเมื่อเก็บรักษา แต่จะนำเส้นผึ่งลมให้เย็นและตัดเส้นแล้วจึงอบแห้ง เส้นก๋วยเตี๋ยวสดนั้นมักจำหน่ายหมดภายในวันเดียว มิฉะนั้นเส้นก๋วยเตี๋ยวจะเกิดกลิ่นบูดได้ง่ายหรืออาจมีเชื้อราขึ้นหากเก็บเส้นก๋วยเตี๋ยวในสภาพที่อบ สำหรับเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งมักจะนำเส้นมาพับเป็น 2 ตอน และอบแห้งแล้วจึงบรรจุในถุงพลาสติก (มยุรา, 2549) ส่วนปราณี (2536) กล่าวว่าในการทำแห้ง เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ถูกทำแห้งจะนำมาจัดม้วนพับเป็นกองๆ วางบนตะแกรงไม้ไผ่ขัดแตะแล้วนำไปตากแดด 4-6 ชั่วโมง หรืออาจนำมาม้วนพับตามน้ำหนักที่ต้องการแล้วใส่ตะกร้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 ชั่วโมง ก๋วยเตี๋ยวจะแห้งพอดีเหลือความชื้นประมาณ 12-13% องค์ประกอบทางโภชนะของเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวแสดงใน Table 1 งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารสุกร

Table 1 The composition of nutrients in rice noodle by-product (100 g)

Nutrients	Amount
Gross energy, kcal	367
Total carbohydrate, g	83.9
Fiber, g	1.78
Amino acids, mg	
- lysine	124.9
- methionine	81.7
- tryptophan	40.3
- threonine	123.9
Mineral, mg	
- calcium	18.2
- phosphorus	154.3
- potassium	30.3

Source: adapted from Anonymous (2005)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์การทดลอง

1. สุกรพันธุ์ผสมสามสายพันธุ์ (ลาร์จไวท์ +แลนด์เรซ + ดูรอค) เพศผู้ตอน จำนวน 8 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 25±0.26 กิโลกรัม (สำหรับงานทดลองที่ 1) และเพศผู้ตอน จำนวน 16 ตัว และเพศเมีย 16 ตัว รวม 32 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 15 กิโลกรัม (สำหรับงานทดลองที่ 2)

2. กรงหาการย่อยได้ (metabolic cages) พร้อมที่ให้อาหารและน้ำอัตโนมัติ จำนวน 16 คอก

3. คอกเลี้ยงสุกรขนาด 1.5 × 2.0 ตารางเมตร พร้อมที่ให้น้ำและอาหารอัตโนมัติ จำนวน 16 คอก

4. เครื่องชั่งน้ำหนัก ขนาดชั่งได้สูงสุด 500 กก. ละเอียด 0.2 กก. 1 ชุด

5. เครื่องชั่งน้ำหนักขนาดชั่งได้สูงสุด 60 กก. ละเอียด 0.1 กก. 1 ชุด

6. อาหารทดลองสำหรับสุกร 3 ระยะๆ ละ 4 สูตร (treatment) จำนวนรวม 7,000 กก.

7. อุปกรณ์ในการเลี้ยงสุกร 1 ชุด

วิธีการดำเนินงาน

1. การทดลองหาการย่อยได้ของเศษเส้นก๋วยเตี๋ยว วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยใช้อาหาร 2 สูตร คือ 1) เศษเส้นก๋วยเตี๋ยว 100% และ 2) เศษเส้นก๋วยเตี๋ยว 97% +ไวตามิน-แร่ธาตุรวม 3% ทำกลุ่มละ 8 ซ้ำ สุกรทดลองเมื่อขึ้นกรงหาการย่อยได้มีน้ำหนักตัวประมาณ 25 กิโลกรัม อาหารทดลองแต่ละสูตรใช้เวลาในการทดลอง 10 วัน โดยให้อาหารทดลองก่อนประมาณ 7 วัน เพื่อปรับสภาพระบบทางเดินอาหารสุกร ในช่วง 3 วันสุดท้ายจะให้อาหารทดลองที่มี chromic oxide 1% ในอาหารเป็นตัวบ่งชี้ ในการให้อาหารสุกร สุกรจะได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา (เวลา 07:00-08:00 น. และ 16:00-17:00 น.) โดยการได้รับอาหารอย่างเพียงพอตลอดเวลาและทำการเก็บอาหารในรางก่อนให้อาหารทุกมื้อ เพื่อคำนวณหาปริมาณอาหารที่สุกรกินจริงในแต่ละวัน สุกรจะได้รับน้ำจากที่ให้น้ำอัตโนมัติตลอดเวลา ทำการเก็บมูลของสุกรทุกตัว โดยจะเก็บมูลที่มีตัวชี้วัด (chromic oxide) ทั้งหมดชั่งน้ำหนัก แล้วเก็บตัวอย่างมูล 10% ถุงปิดให้สนิทนำเข้าเก็บแช่แข็งไว้ในตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิ -5°ซ เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีพร้อมอาหารทดลอง โดยวิธี Proximate analysis นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ

2. การทดลองศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม (treatment) ตามสูตรอาหารใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50 และ 75% ตามลำดับ กระทำกลุ่มละ 4 ซ้ำๆ ละ 2 ตัว (เพศผู้ตอน และเพศเมีย) น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 15±1.25 กก. เลี้ยงจนสิ้นสุดที่น้ำหนัก 90 กก. ในคอกทดลองขนาด 1.5×2.0 ตารางเมตร รวมทั้งหมด 16 หน่วยทดลอง โดยแบ่งให้อาหารตามระยะการเจริญเติบโต 3 ระยะ คือ สุกรเล็ก (15-30 กก.) สุกรรุ่น (30-60 กก.) และสุกรขุน (60-90±2.60 กก.) อาหารแต่ละระยะมีโภชนะไม่ต่ำกว่าที่แนะนำโดย NRC (1998) ซึ่งราคาเศษเส้นก๋วยเตี๋ยว 5.00 บาท/กก. เทียบกับข้าวโพดราคา 7.00 บาท/กก. ทำการบันทึกน้ำหนักตัวเมื่อเริ่มการทดลองและทำการชั่งน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อาหารที่กินทุกสัปดาห์ นำข้อมูลการเลี้ยงมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทดลอง ถ้าพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ $P<0.05$ จะหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ทดลองโดยวิธี Duncan New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลต่อการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร

การทดลองหาการย่อยได้ของเศษเส้นก๋วยเตี๋ยว (100%) และเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวผสมไวตามิน-แร่ธาตุรวม (97+3% ตามลำดับ) ในสุกรเพศผู้ตอน ที่น้ำหนักตัว 25 กก. พบว่า สุกรที่กินเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวและเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวผสมไวตามิน-แร่ธาตุรวม มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 94.86 และ 94.74% ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน มีค่าเท่ากับ 29.21 และ 15.85% ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงาน มีค่าเท่ากับ 95.02 และ 95.07% ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน

ทางสถิติ (P>0.05) แต่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้า (เท่ากับ 14.37 และ 41.33% ตามลำดับ) และโปรตีน (เท่ากับ 76.11 และ 84.61% ตามลำดับ) พบว่า สุกรที่กินเศษเส้นก๋วยเตี๋ยว มีค่าต่ำกว่าสุกรที่กินเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวผสมไวตามิน-แร่ธาตุรวม อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย พบว่า สุกรที่กินเศษเส้นก๋วยเตี๋ยว มีค่าสูงกว่าสุกรที่กินเศษเส้นก๋วยเตี๋ยว ผสมไวตามิน-แร่ธาตุรวม (93.25 และ 72.34% ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ดังแสดงใน Table 2 การที่สุกรกินเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้าและโปรตีน ต่ำกว่าสุกรที่กินเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวผสมไวตามิน-แร่ธาตุ อาจเนื่องจากการเสริมไวตามินและแร่ธาตุที่เสริมในเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวทำให้สมดุลของโภชนะในอาหารดีขึ้น มีผลทำให้สุกรสามารถย่อยเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับบุญล้อม (2541) ที่กล่าวว่า องค์ประกอบของอาหารมีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะ แสดงให้เห็นว่าการใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นอาหารในการเลี้ยงสุกร สุกรมีความสามารถในการย่อยย่อยวัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใยและพลังงานสูง แต่การย่อยได้ของไขมันและเถ้าต่ำ เป็นเพราะว่าเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวได้ผ่านกระบวนการให้ความร้อนมาก่อนและเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวมีแป้งและพลังงานค่อนข้างสูง (3,801 kcal GE./kg) จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสุกร

Table 2 Digestibility of nutrients in experimental feeds, (%)

Item	Experimental feeds		sem	P-value
	RNB (100%)	RNB + Vit.-Min. premix (97+3%, respectively)		
Dry matter	94.86	94.74	0.06	0.35
Protein	76.11[a]	84.61[b]	1.62	0.004
Ether extract	29.21	15.85	3.65	0.065
Crude fiber	93.25[a]	72.34[b]	2.77	0.001
Ash	14.37[a]	41.33[b]	4.54	0.001
Energy	94.57	95.07	0.10	0.07

[a, b] within a row, means without a common superscript letter significantly difference (P<0.05)

RNB: rice noodle by-products

ผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต

การศึกษาการใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 0, 25, 50 และ 75% ในอาหารสุกรเล็ก-ขุน ที่น้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 17.44±1.25 กิโลกรัม เลี้ยงจนน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดเฉลี่ย 89.79±2.60 กิโลกรัม ใช้เวลาในการเลี้ยงเฉลี่ยรวม 99.92±5.34 วัน เพื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพการเจริญเติบโต ผลการทดลองแสดงไว้ใน Table 3 พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย/ตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย/วัน ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (F:G) และปริมาณอาหารที่สุกรกินเฉลี่ย/ตัว/วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มการทดลอง ในทุกระยะน้ำหนักทดลอง ส่วนต้นทุนอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. มีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ (P<0.05) ในระยะสุกรรุ่น เนื่องจากเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวมีราคาที่ถูกกว่าข้าวโพดจึงทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าทั้งที่อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน

Table 3 Growth performances and feed cost per body weight gain of the experimental pigs

Items	RNB supplemented to corn dietary, (%)				sem	P-value
	0	25	50	75		
Number of pigs.	8	8	8	8	-	-
Initiated body weight, kg.	17.06	17.87	17.22	17.08	-	-
Final body weight, kg.	90.63	89.56	89.30	89.69	-	-
Body weight gain, kg.	73.56	71.70	72.08	72.64	-	-
Feeding period, d.	99.50	101.50	96.00	101.10	-	-
Total feed intake, kg/pig.	222.17	220.66	217.50	221.61	-	-
Average daily gain, ADG; kg.						
piglets	0.54	0.65	0.56	0.61	0.020	0.24
grower	0.74	0.70	0.70	0.68	0.017	0.75
finisher	0.83	0.82	0.86	0.82	0.017	0.56
overall	0.74	0.71	0.75	0.72	0.018	0.52
Average daily feed intake, kg.						
piglets	1.18	1.18	1.23	1.20	0.024	0.90
grower	2.05	1.99	1.91	1.92	0.005	0.93
finisher	2.73	2.71	2.77	2.70	0.020	0.63
overall	2.23	2.17	2.26	2.19	0.016	0.82
Feed conversion ratio, F:G						
piglets	2.15	1.98	2.15	1.99	0.083	0.82
grower	2.78	2.84	2.73	2.83	0.059	0.93
finisher	3.29	3.30	3.22	3.29	0.052	0.69
overall	3.02	3.07	3.01	3.05	0.064	0.81
Feed cost per body weight gain, Baht/kg.						
piglets	20.21	18.13	19.21	17.31	0.773	0.61
grower	26.1[a]	24.85[ab]	22.19[bc]	20.91[c]	0.733	0.016
finisher	30.59	28.54	25.76	24.18	1.010	0.84
overall	28.26	27.17	24.74	23.82	0.838	0.48

[a, b] Within a row, means without a common superscript letter significantly difference (P<0.05)

จากการที่พบว่าอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของสุกรทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แสดงว่าการใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวมีประสิทธิภาพของโภชนะเทียบเท่ากับข้าวโพด ซึ่งขัดแย้งกับสงกรานต์ (2549) ที่กล่าวว่าการเสริมเศษเส้นบะหมี่แทนข้าวโพดใน

ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพดีกว่าการใช้อาหารการเสริมที่เศษเส้นบะหมี่ในระดับ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นเพราะเศษเส้นบะหมี่ใช้ข้าวสาลีเป็นวัตถุดิบในการทำ ซึ่งข้าวสาลีจะมีโปรตีน (11%) สูงกว่าปลายข้าว (8% โปรตีน) และข้าวโพด (8% โปรตีน) ส่วนปริมาณอาหารที่สุกรกินต่อวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง แสดงว่าเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวมีความน่ากินเทียบเท่ากับข้าวโพด

ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัวต่อ 1 กิโลกรัม ของสุกร พบว่าการใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวมีแนวโน้มต้นทุนนี้ลดลง ในระยะสุกรเล็กและสุกรขุนความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในระยะสุกรรุ่น กลุ่มที่ใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารระดับ 75% มีค่าต่ำสุด แตกต่างจากกลุ่มที่ใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารระดับ 0 และ 25% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เพราะราคาของเศษเส้นก๋วยเตี๋ยว (5.00 บาท/กก.) มีราคาถูกกว่าข้าวโพด (7.00 บาท/กก.) ทำให้ต้นทุนค่าอาหารผสมต่อกิโลกรัมของกลุ่มที่เสริมเส้นก๋วยเตี๋ยวในสูตรอาหารมีต่ำลง ในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้อาหารมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าเราสามารถใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวทดแทนข้าวโพดได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถลดต้นทุนค่าอาหารลงได้

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวทดแทนข้าวโพดในอาหารสุกร มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย และพลังงานมีค่าสูง และการเสริม ไวตามิน-แร่ธาตุ (3%) ลงในอาหารเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวการย่อยได้ของโปรตีน และเถ้าสูงขึ้น แต่ทำให้การย่อยได้ของเยื่อใยลดลง ในการใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวในสูตรอาหารสุกรระยะเติบโต (15-90 กิโลกรัม) ทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 0, 25, 50 และ 75% ผลพบว่า อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และปริมาณการกินอาหารต่อวันของสุกรทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของสุกรทั้ง 4 กลุ่ม มีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวในสูตรอาหารสุกรมีต้นทุนค่าอาหารถูกลง โดยความแตกต่างทางสถิติจะพบในระยะสุกรรุ่นเท่านั้น เพราะราคาของเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวมีราคาถูกกว่าข้าวโพด ดังนั้นใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวในสูตรอาหารจะทำให้ราคาอาหารถูกลงและมีสมรรถภาพการเจริญเติบโต เทียบเท่ากลุ่มที่ไม่ใช้เศษเส้นก๋วยเตี๋ยวในสูตรอาหาร จึงควรใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสุกรได้เมื่อราคาต่ำกว่าหรือเท่ากับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงานอื่น

เอกสารอ้างอิง

บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2541. **โภชนะศาสตร์สัตว์.** พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่. 170 หน้า.

ปราณี วราสวัสดิ์. 2536. **เทคโนผลิตภัณฑ์ธัญพืช.** ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร คณะธุรกิจการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้: เชียงใหม่. น 35-38.

มยุรา . 2549. **กรรมวิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว**. Available : *http://www.nfi.or.th/nfi/home.php*. [Dec. 8, 2005].

สงกรานต์. 2549. **ผลการใช้เศษเส้นบะหมี่ทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารสุกร**. คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. 26 น.

Anonymous. 2005. Asian Noodles. Available *http://www.nutritiondata.com/.* [Oct. 2, 2005].

NRC. 1998. **Nutrient requirement of swine,** (10th edition) National Research Council, National Academy Press, Washington D.C. 189 p.

ความหนาแน่นที่เหมาะสมของสุกรและคุณภาพปุ๋ยหมักในระบบการเลี้ยงสุกรหลุม

Optimum Stocking Density of Swine and Quality of Compost from Swine Deep Pit Litter System

รำไพพรรณ กันยะมูล[1*] สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์[1] สมพร ชุนห์ลือชานนท์[2] และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล[1]

Rumpaipan Kanyamoon[1*], Suchon Tangtaweewipat[1], Sompon Choonluchanon[2] and Boonlom Cheva-Isarakul[1]

[1]ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[2]ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[1]Department of Animal and Aquatic Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, 50200

[2]Department of Plant Sciences and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, 50200

*Corresponding author: agani002@chiangmai.ac.th

บทคัดย่อ

ใช้สุกรลูกผสม 3 สายเลือด (ดูรอค x ลาร์จไวท์-แลนด์เรซ) จำนวน 60 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำเลี้ยงในคอก 2 x 3 ตร.ม. คอกละ 3, 5 และ 7 ตัว หรือเท่ากับ 2.0, 1.2 และ 0.8 ตร.ม./ตัว สุกรทุกกลุ่มได้รับอาหารที่มีโปรตีน 18, 16 และ 14% ในช่วงน้ำหนัก 15-30, 30-60 และ 60-90 กก. ปรากฏว่าการเลี้ยงแบบใช้พื้นที่ต่อตัวน้อย (0.8 ตร.ม./ตัว) ให้สมรรถภาพการผลิตด้อยกว่าการเลี้ยงแบบ 2.0 และ1.2 ตร.ม./ตัว อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) สำหรับปริมาณปุ๋ยหมักเมื่อใช้วัสดุรองพื้นซึ่งประกอบด้วยใบลำไยแห้ง ก้านยาสูบ และวัสดุเพาะเห็ดที่ผ่านการใช้แล้วใส่ในหลุมเป็นชั้นๆ ละ ประมาณ 30 ซม. แล้วใส่มูลวัวแห้งและรำละเอียดโรยบนแต่ละชั้นเพื่อเป็นหัวเชื้อและแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ตามธรรมชาติเพื่อการหมักนั้น ปรากฏว่า ได้ปุ๋ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มความหนาแน่นจาก 2.0 เป็น 1.2 และ 0.8 ตร.ม./ตัว (1,127 vs. 1,160 และ 1,286 กก.น้ำหนักแห้ง/คอก ตามลำดับ) โดยปุ๋ยหมักที่ได้มีความชื้น 46-52% และมีคุณสมบัติทางเคมีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

คำสำคัญ: สุกร ความหนาแน่น วัสดุรองพื้น ปุ๋ยหมัก ระบบการเลี้ยงสุกรหลุม

Abstract

Sixty heads of 3 crossbred swine (Duroc x Large White-Landrace), raised in a deep pit litter system of 1 meter dept, were divided into 3 groups of different stocking density. They were 3, 5 and 7 heads/pit (2x3 m^2) which were equal to 2.0, 1.2 and 0.8 m^2/head, each with 4 replicates. All pigs were fed with the same diet of 18, 16 and 14% CP during 15-30, 30-60 and 60-90 kg BW, respectively. The result revealed that the group of 0.8 m^2/head gave significantly lowest performance than the groups of 2.0 and 0.8 m^2/head ($P<0.05$). The litter composed of longan leaves, tobacco stem and mushroom media after harvesting, each was put in the pit as a layer of 30 cm dept. Fine rice bran and cattle manure were added on top of each layer to provide media and natural microbes for fermentation. It was found that the compost significantly increased with the increasing stock density (1,127, 1,160 and 1,286 kg DM/pit, respectively). Compost from all groups had 46-52% moisture and had no significantly difference on their chemical properties.

Keywords: swine, stocking density, litter, compost, swine deep pit litter system

คำนำ

การเลี้ยงสุกรมักจะมีปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อม โดยมีกลิ่นและน้ำเสียเป็นมลภาวะต่อชุมชน และอาจมีผลเสียต่อแหล่งน้ำได้ การเลี้ยงสุกรบนวัสดุรองพื้นที่มีความหนาเป็นพิเศษโดยอาจขุดพื้นคอกให้เป็นบ่อลึกประมาณ 1 เมตร สุกรที่เลี้ยงในระบบนี้นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่าหมูหลุมนั้น พบว่า สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ (อานัฐ, 2548) อีกทั้งมูลสุกรที่ได้ยังสามารถนำไปใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้ด้วย แต่ข้อมูลทางวิชาการเกี่ยวกับความหนาแน่นของจำนวนสุกรที่เหมาะสมต่อหน่วยพื้นที่และปริมาณรวมทั้งคุณภาพของปุ๋ยที่ได้จากระบบนี้ ยังไม่มีผู้ใดรายงานไว้ชัดเจน โดยทั่วไปความต้องการพื้นที่ของสุกรที่เลี้ยงในแต่ละคอกนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ช่วงอายุ ลักษณะพื้นคอก และรูปแบบของโรงเรือน เป็นต้น Gonyou and Stricklin (1998) รายงานว่า ในระบบการเลี้ยงแบบการค้า น้ำหนักตัวเพิ่มของสุกรในระยะขุนจะลดลงเมื่อมีจำนวนสุกรต่อหน่วยพื้นที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสุกรมีอัตราการกินอาหารลดลงตามจำนวนสุกรที่เพิ่มขึ้น Schmolke *et al.* (2003) จึงแนะนำว่า ถ้ามีจำนวนสุกรต่อคอกมากขึ้น ควรเพิ่มพื้นที่ให้อาหารและขนาดของคอกให้มากขึ้น เพื่อมิให้เกิดความสูญเสีย สำหรับปุ๋ยหมักสุกรหลุม ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการหมักมูลและน้ำปัสสาวะของสุกรร่วมกับวัสดุรองพื้นที่เป็นเศษเหลือทางการเกษตร สุชน และคณะ (2550) รายงานว่า ได้ผลผลิตปุ๋ยประมาณ 80% ของวัสดุเริ่มต้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความหนาแน่นต่อหน่วยพื้นที่ของสุกรที่เลี้ยงในระบบหลุม รวมทั้งปริมาณและคุณภาพของปุ๋ย สำหรับใช้เป็นแนวทางในการจัดการระบบการเลี้ยงให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้สุกรลูกผสม 3 สายเลือด (ดูรอค x ลาร์จไวท์- แลนด์เรซ) ที่มีน้ำหนักตัว 15 กก. จำนวน 60 ตัว เป็นเพศผู้ตอนและเพศเมียอย่างละครึ่ง แบ่งออกโดยสุ่มเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 4 ซ้ำ เพศละ 2 ซ้ำ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ใช้สุกรจำนวน 3 ตัว/คอก (ความหนาแน่น 2.0 ตร.ม./ตัว)

กลุ่มที่ 2 ใช้สุกรจำนวน 5 ตัว/คอก (ความหนาแน่น 1.2 ตร.ม./ตัว)

กลุ่มที่ 3 ใช้สุกรจำนวน 7 ตัว/คอก (ความหนาแน่น 0.8 ตร.ม./ตัว)

คอกสุกรแต่ละคอกมีขนาด 2x3 เมตร มีที่ให้น้ำอัตโนมัติคอกละ 2 จุด มีที่ให้อาหารซึ่งเป็นรางยาว คอกละ 1 ชุด สุกรสามารถกินได้อย่างเต็มที่ อาหารที่ให้สุกรทุกกลุ่มเป็นแบบผงผสมเอง แบ่งเป็น 3 ระยะ คือ ระยะสุกรเล็ก (15-30 กก.) สุกรรุ่น (30-60 กก.) และสุกรขุน (60-90 กก.) มีโปรตีนระดับ 18, 16 และ 14% ตามลำดับ โดยแต่ละระดับมี ME 3.2 กิโลแคลอรี่/กรัม (kcal/g) เท่ากันทุกระยะ

พื้นคอกเป็นบ่อซีเมนต์ความลึก 1 เมตร ใส่วัสดุเศษเหลือทางการเกษตรเป็นชั้นๆ ละ 30 ซม. โดยชั้นล่างสุดเป็นใบลำไยแห้ง ชั้นกลางเป็นก้านยาสูบ ชั้นบนเป็นวัสดุเพาะเห็ดที่ผ่านการใช้แล้ว ระหว่างชั้นโรยด้วยรำละเอียดและมูลวัวแห้งปริมาณ 1 และ 10% ของน้ำหนักวัสดุรองพื้นแต่ละชั้นตามลำดับ เพื่อเป็นอาหารและแหล่งจุลินทรีย์เพื่อการหมักตามธรรมชาติ จากนั้นปิดหน้าด้านบนด้วยแกลบให้มีความหนา 10 ซม.

การบันทึกข้อมูล ทำการบันทึกน้ำหนักตัวสุกรเมื่อเริ่มทดลองและเมื่อเปลี่ยนสูตรอาหาร คือ ที่น้ำหนักตัว 30, 60 และ 90 กก. ส่วนปริมาณอาหารที่ให้และที่เหลือจากการกินในแต่ละระยะของสุกร บันทึกเป็นรายคอก (ซ้ำ) บันทึกจำนวนวันที่เลี้ยงตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นการทดลอง บันทึกอุณหภูมิวัสดุรองพื้นทุกวัน โดยวัดที่ความลึก 30 ซม. จำนวน 5 จุด คือ ที่มุมคอกทั้ง 4 มุม ห่างจากผนังคอก 30 ซม. และตรงกลางคอก บันทึกน้ำหนักวัสดุรองพื้นเมื่อเริ่มต้น ใส่เพิ่มเมื่อมีการยุบตัว และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง รวมทั้งสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุรองพื้นที่อายุการเลี้ยง 45 และ 90 วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของปุ๋ย

วางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design โดยมีเพศเป็น block สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มใช้วิธี Duncan's new multiple range test ตามที่แบ่งไว้โดย กัลยา (2542) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมรรถภาพการผลิตสุกรหลุม

ผลการเลี้ยงสุกรตั้งแต่เริ่มต้นที่น้ำหนักตัว 15 กก. จนถึงน้ำหนักส่งตลาด (90 กก.) แสดงไว้ใน Table 1 ปรากฏว่า สมรรถภาพการผลิต (น้ำหนักตัวเพิ่มต่อวัน ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน อัตราแลกน้ำหนัก และระยะเวลาในการเลี้ยง) ของสุกรที่เลี้ยงแบบ 3 ตัว/คอก (ความหนาแน่น 2.0 ตร.ม.) ให้ผลดีกว่าการเลี้ยงแบบ 5 และ 7 ตัว/คอก หรือเท่ากับ 1.2 และ 0.8 ตร.ม./ตัว อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$, 554.2 vs. 514.1 และ 474.5 กรัม/วัน, 1.36 vs. 1.32 และ 1.25 กก./วัน, 2.47 vs. 2.57 และ 2.65, และ 137.5 vs. 148.0 และ 161.0 วัน ตามลำดับ) ส่วนอัตราการตาย พบว่า มีสุกรตายเฉลี่ยจำนวน 0.25 และ 1.25 ตัว หรือ

คิดเป็น 5 และ 17.85% ในคอกที่เลี้ยงแบบ 5 และ 7 ตัว ตามลำดับ ในขณะที่การเลี้ยงแบบ 3 ตัว/คอก ไม่พบว่ามีสุกรตายแต่อย่างใด

สำหรับผลการเลี้ยงสุกรในแต่ละช่วงน้ำหนักตัว คือ 15-30, 30-60 และ 60-90 กก. ปรากฏว่า มีสมรรถภาพการผลิตเช่นเดียวกับผลตลอดระยะการเลี้ยง (15-90 กก.) กล่าวคือ การเลี้ยงแบบใช้ความหนาแน่นต่อหน่วยพื้นที่ต่ำ (แบบ 3 ตัว/คอก) ให้ผลดีกว่าแบบใช้ความหนาแน่นสูง (แบบ 5 และ 7 ตัว/คอก) ทั้งนี้มีสาเหตุเนื่องมาจากการเลี้ยงแบบใช้พื้นที่ต่อตัวน้อย สุกรมีพื้นที่ในการกินอาหารลดลง รวมทั้งต้องอยู่กันอย่างแออัด จึงให้ผลด้านน้ำหนักตัวเพิ่มต่อวัน อาหารที่กินได้เฉลี่ยต่อวัน และอัตราแลกน้ำหนักด้อยกว่าการเลี้ยงแบบใช้พื้นที่ต่อตัวมาก สอดคล้องกับรายงานของ Brumm and Miller (1996) ที่ระบุว่าเมื่อเลี้ยงสุกรโดยมีพื้นที่ต่อตัวน้อย (0.56 ตร.ม./ตัว) จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยกว่าการเลี้ยงที่มีพื้นที่ต่อตัวมากกว่า (0.78 ตร.ม./ตัว) ในการทดลองนี้มีพื้นที่เลี้ยงต่อตัวของกลุ่มที่เลี้ยงแบบ 5 และ 7 ตัว/คอก ต่ำกว่าที่สุชีพ (2522) และธำรงศักดิ์ (2539) รายงานว่าการเลี้ยงบนพื้นปูนซีเมนต์ควรมีพื้นที่ 1.2-1.5 ตร.ม./ตัว ประกอบกับการเลี้ยงสุกรในระบบหลุมมีความร้อนจากการหมักวัสดุรองพื้นโดยในช่วง 10 สัปดาห์แรก มีอุณหภูมิ 40-50^{o}ซ (Figure 1) ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคต่อการกินอาหารได้และการเจริญเติบโตของสุกร จึงทำให้ได้ผลด้อยลง เมื่อเพิ่มจำนวนสุกรต่อคอกมากขึ้น

สำหรับผลของเพศซึ่งเป็น block ตามการวางแผนการทดลองในครั้งนี้ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากช่วงฤดูกาลที่เลี้ยงสุกรทั้งสองเพศเป็นคนละช่วงเวลา เนื่องจากข้อจำกัดของคอก จึงต้องแบ่งสุกรเลี้ยงเป็นชุดๆ ไม่สามารถเลี้ยงพร้อมกันได้ทั้ง 4 ซ้ำ

Table 1 Production performance of swine on deep pit litter system

No. swine (h/pit)	3			5			7		
Sex	**Male**[1/]	**Female**	**Average**	**Male**[1/]	**Female**	**Average**	**Male**[1/]	**Female**	**Average**
Overall (15-90 kg)									
ADG (g)	552.17	556.20	**554.19**[a]	510.62	517.67	**514.14**[b]	477.33	471.74	**474.53**[c]
ADFI (kg)	1.36	1.36	**1.36**[a]	1.27	1.36	**1.32**[a]	1.27	1.24	**1.25**[b]
FCR	2.47	2.46	**2.47**[a]	2.50	2.64	**2.57**[b]	2.67	2.64	**2.65**[c]
Mortality (%)[2/]	0.00	0.00	**0.00**	10	0.00	**5.00**	14.28	21.43	**17.85**
Running day	138.00	137.00	**137.50**[a]	146.00	150.00	**148.00**[b]	161.00	161.00	**161.00**[c]
15-30 kg									
ADG (g)	467.19	508.33	**487.76**[a]	450.00	412.86	**430.88**[b]	379.49	384.21	**381.82**[c]
ADFI (kg)	0.96	1.08	**1.02**[a]	1.00	0.89	**0.94**[ab]	0.86	0.82	**0.84**[b]
FCR	2.06	2.13	**2.10**	2.22	2.17	**2.19**	2.27	2.12	**2.20**
Running day	32.00	30.00	**31.00**[a]	33.00	35.00	**34.00**[b]	39.00	38.00	**38.50**[c]
30-60 kg									
ADG (g)	532.46	547.32	**539.89**[a]	489.52	533.33	**511.42**[b]	466.92	520.62	**493.77**[c]
ADFI (kg)	1.31	1.33	**1.32**[a]	1.18	1.35	**1.27**[b]	1.29	1.17	**1.23**[b]
FCR	2.47	2.45	**2.46**	2.42	2.55	**2.48**	2.61	2.26	**2.44**
Mortality (%)[2/]	0.00	0.00	**0.00**	0.00	0.00	**0.00**	0.00	7.14	**3.57**
Running day	57.00	56.00	**56.50**[a]	62.00	60.00	**61.00**[b]	65.00	65.00	**65.00**[c]
60-90 kg									
ADG (g)	630.61	594.12	**612.36**[a]	575.49	567.27	**571.38**[b]	556.14	506.03	**531.09**[c]
ADFI (kg)	1.68	1.56	**1.62**	1.57	1.67	**1.62**	1.61	1.60	**1.61**
FCR	2.67	2.64	**2.66**[a]	2.73	2.95	**2.84**[b]	2.91	3.17	**3.04**[c]
Mortality (%)[2/]	0.00	0.00	**0.00**	1/10	0.00	**5.00**	14.28	14.28	**14.28**
Running day	49.00	51.00	**50.00**[a]	51.00	55.00	**53.00**[a]	57.00	58.00	**57.50**[b]

[a,b,c] Value on the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05).

ADG = Average daily gain, ADFI = Average daily feed intake, FCR = Feed conversion ratio.

[1/] Castrate male

[2/] No. of swine dead per group was 0.25 and 1.25 heads in the group of 5 and 7 heads/pit, respectively.

ปริมาณการใช้วัสดุรองพื้นและปุ๋ยหมักที่ได้จากสุกรหลุม

จากขนาดของพื้นคอกสุกร 2 x 3 ตร.ม. ลึก 1 เมตร (6 ลบ.ม.) โดยแบ่งเป็นชั้นๆ ละ 30 ซม. ปรากฏว่า ใช้ใบลำใยแห้งจำนวน 200 กก. ก้านยาสูบที่สับเป็นท่อนแล้วจำนวน 300 กก. และวัสดุเพาะเห็ดที่ผ่านการใช้แล้วจำนวน 300 กก. ส่วนรำละเอียดและมูลวัวแห้งใส่ในอัตราส่วน 1 และ 10% ของวัสดุรองพื้นแต่ละชั้นเพื่อใช้เป็นแหล่งธาตุอาหาร (คาร์บอน และไนโตรเจน) และเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ Cellulose

decomposer สำหรับการหมักตามธรรมชาติ เมื่อรวมทั้ง 3 ชั้นคิดเป็นจำนวน 8 และ 80 กก. ตามลำดับ จากนั้นนำแกลบ มาใส่ปิดหน้าหลุมให้มีความหนา 10 ซม. อีกจำนวน 160 กก. รวมปริมาณวัสดุรองพื้นที่ใส่ในครั้งแรกนี้ทั้งหมดเท่ากับ 1,048 กก. เมื่อเลี้ยงสุกรบนวัสดุรองพื้นข้างต้นไประยะหนึ่ง ปรากฏว่าวัสดุรองพื้นดังกล่าวได้ยุบตัวลงไป จึงได้นำแกลบมาใส่เพิ่มอีก 3 ครั้ง จำนวน 330 กก. รวมใช้วัสดุรองพื้นก้นหลุมทั้งหมด 1,378 กก./คอก (Table 2)

หลังจากเสร็จสิ้นการเลี้ยง ซึ่งเท่ากับได้ผ่านการหมัก รวมทั้งยังได้ส่วนของมูลและปัสสาวะจากสุกรปนลงไปด้วยแล้ว ปรากฏว่า ได้ปุ๋ยหมักในคอกที่เลี้ยงจำนวน 7 ตัวมากที่สุด (1,286 กก. น้ำหนักแห้ง) ต่างจากการเลี้ยงแบบ 3 และ 5 ตัว/คอก (1,127 vs. 1,160 กก. น้ำหนักแห้ง) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยปุ๋ยที่ได้ดังกล่าวข้างต้นมีความชื้นอยู่ในช่วง 46-52% (Table 2)

Table 2 The amount of materials being used as a litter and the compost obtained from each pit.

No. of swine per pit (head)	**3**	**5**	**7**
Litter at the onset of the experiment (kg)[1/]	**1,378**	**1,378**	**1,378**
Compost (at the end of the experiment)			
- Kg. fresh wt.	2,100[a]	2,350[b]	2,680[c]
- DM (%)	46.3[a]	50.6[b]	52.0[b]
- kg. DM	1,127[a]	1,160[a]	1,286[b]
- % of the litter	81.8	84.2	93.3

[a,b,c] Value on the same row with different superscripts differ significantly ($P<0.05$)

[1/]Each pit composed of 200 kg dry longan leaves, 300 kg tobacco petiole, 300 kg of mushroom media after harvesting, 490 kg rice husk, 80 kg dry cattle manure and 8 kg fine rice bran

อุณหภูมิวัสดุรองพื้นคอกสุกร

จากการสุ่มวัดอุณหภูมิของวัสดุรองพื้นในแต่ละคอกจำนวน 5 จุด เมื่อนำมาเฉลี่ยเป็นรายสัปดาห์ ปรากฏว่า ในช่วง 3-4 สัปดาห์แรก มีอุณหภูมิสูงถึง 50°ซ (Figure 1) แสดงว่า ในช่วงแรกนี้เกิดกระบวนการหมัก จนเมื่อวัสดุเกิดการย่อยสลายแล้วอุณหภูมิจึงลดลง โดยลดลงอย่างรวดเร็วมากในคอกที่เลี้ยงแบบ 5 และ 7 ตัว ส่วนคอกที่เลี้ยงแบบ 3 ตัวอุณหภูมิจะลดลงช้ากว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีจำนวนมูลและปัสสาวะน้อยกว่าแบบ 5 และ 7 ตัว กระบวนการย่อยสลายจึงเกิดได้ช้ากว่า

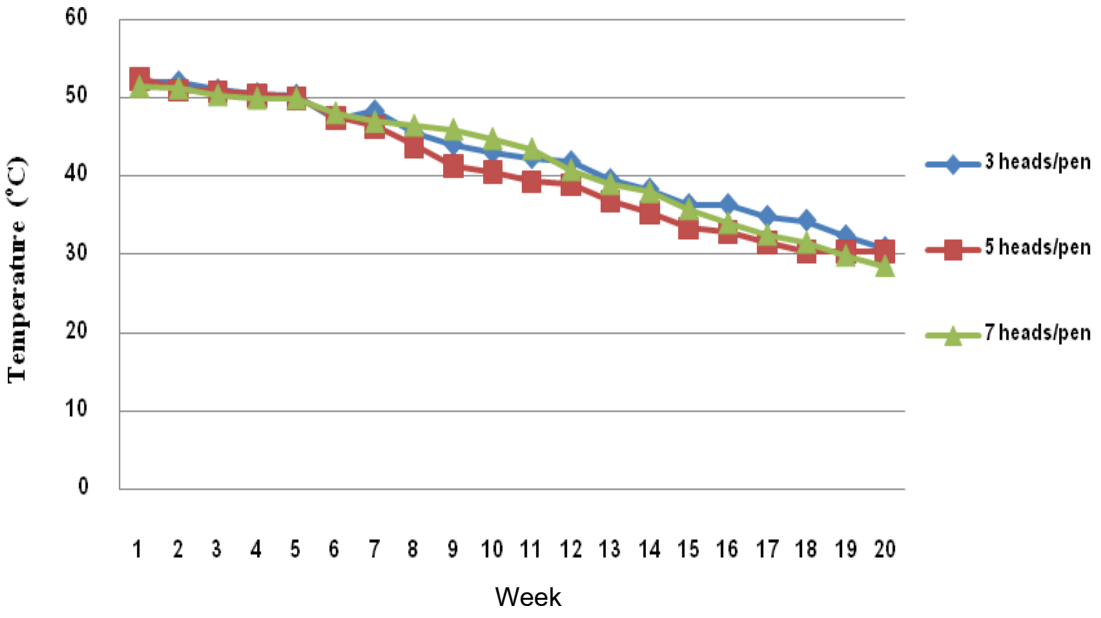


Figure 1 Litter temperature of swine deep pit system

คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก

คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักที่อายุ 45 วันของการเลี้ยงสุกรทั้ง 3 ขนาดพื้นที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) โดยมีค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 8.22 ค่าการนำไฟฟ้า 3.76 dS/m อินทรีย์คาร์บอน 30.38% ไนโตรเจนทั้งหมด 2.15% อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 14.13 ฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.97% โพแทสเซียมทั้งหมด 2.97% แคลเซียม 2.89% แมกนีเซียม 0.75% และมีค่าดัชนีการงอก (Germination index, GI) อยู่ที่ 41.8% ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานการเป็นปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายสมบูรณ์ที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 80% (กรมวิชาการเกษตร, 2548) โดยค่า GI ดังกล่าวสอดคล้องกับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในช่วงการทดลองที่ระยะ 45 วัน ของการเลี้ยงสุกรหลุมที่มีค่าสูงถึง 47.4°ซ (Figure 1) ซึ่งเป็นตัวชี้ให้เห็นว่า ยังมีกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนที่ใช้รองพื้นคอกดังกล่าว ขณะที่คุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่อายุ 90 วัน พบว่า มีเพียงค่าแคลเซียม และ GI ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเลี้ยงแบบ 7 ตัวต่อคอก มีค่าทั้งสองสูงกว่าการเลี้ยงแบบ 5 และ 3 ตัว/คอก อย่างมีนัยสำคัญ ค่า GI ของทั้ง 3 กลุ่มมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักที่กำหนดไว้ว่าไม่น้อยกว่า 80% เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงสุกรแบบ 5-7 ตัว/คอก (หนาแน่นมาก) มีแนวโน้มทำให้ค่าการนำไฟฟ้า อินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแคลเซียมสูงกว่าแบบ 3 ตัว/คอก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะจำนวนสุกรที่เลี้ยงต่อคอกเพิ่มขึ้น ทำให้มีจำนวนมูลและปัสสาวะมากกว่า จึงเกิดกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนได้เร็ว ส่งผลให้มีธาตุอาหารของปุ๋ยเพิ่มมากขึ้น

Table 3 Chemical properties of compost from swine deep pit litter system

No. swine (head/pit)	pH	EC (ds/m)	OC (%)	N (%)	C/N ratio	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	Ca (%)	Mg (%)	GI (%)
At 45 days										
3	8.12[a]	2.91[a]	30.36[a]	1.70[a]	17.85[a]	0.76[a]	2.60[a]	2.22[a]	0.59[a]	42.72[a]
5	8.44[a]	3.77[a]	30.33[a]	2.11[a]	14.37[a]	0.92[a]	3.26[a]	2.54[a]	0.73[a]	39.35[a]
7	8.11[a]	4.60[a]	30.46[a]	2.63[a]	11.58[a]	1.23[a]	3.06[a]	3.92[a]	0.93[a]	43.37[a]
average	**8.22**	**3.76**	**30.38**	**2.15**	**14.13**	**0.97**	**2.97**	**2.89**	**0.75**	**41.81**
At 90 days										
3	8.14[a]	2.79[a]	28.28[a]	2.12[a]	13.33[a]	0.44[a]	3.31[a]	2.65[c]	0.76[a]	56.19[b]
5	8.34[a]	2.86[a]	28.93[a]	2.24[a]	16.78[a]	0.51[a]	3.01[a]	3.11[b]	0.74[a]	61.90[b]
7	8.29[a]	2.97[a]	29.52[a]	2.39[a]	12.35[a]	0.58[a]	2.89[a]	3.40[a]	0.88[a]	69.07[a]
average	**8.26**	**2.87**	**28.91**	**2.25**	**12.84**	**0.51**	**3.01**	**3.05**	**0.79**	**62.38**

[a,b,c] Value on the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05)

สรุปผลการทดลอง

จำนวนสุกรที่เหมาะสมต่อคอกขนาด 2x3 เมตร คือ 3 และ 5 ตัว/คอก หรือเท่ากับ 2.0 และ 1.2 ตร.ม./ตัว หากใช้ 0.8 ตร.ม./ตัว (7 ตัว/คอก) จะมีผลทำให้สมรรถภาพการผลิต (อัตราการเจริญเติบโต การกินอาหารได้ อัตราแลกน้ำหนัก และระยะเวลาในการเลี้ยง) ด้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ การเลี้ยงโดยใช้ความหนาแน่นมาก จะได้ปริมาณปุ๋ยหมักมากกว่าแบบใช้ความหนาแน่นน้อย สำหรับคุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักของทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์. *http://www.agriinfo.doae.go.th/year52/knowledge/km 13-01-52.doc.* [2 พฤษภาคม 2552].

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2542. **การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows**. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ. 256 น.

ธำรงศักดิ์ พลบำรุง. 2539. **การเลี้ยงสุกร**. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช: กรุงเทพฯ. 180 น.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สมพร ชุนห์ลือชานนท์ ปราณี รอดเทียน ประภาส มหินชัย ชินกร สุนะ และภัทรผกา ใจปินตา. 2550. **การพัฒนาการผลิตและแปรรูปสุกรดอย.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อมูลนิธิโครงการหลวง: เชียงใหม่.

สุชีพ รัตนสาร. 2522. **ตำราว่าด้วยการเลี้ยงสุกร**. โรงพิมพ์ส่งเสริมอาชีพ: กรุงเทพฯ. 520 น.

อานัฐ ตันโช. 2548. **เกษตรธรรมชาติ แนวคิด หลักการ และจุลินทรีย์ท้องถิ่น.** สำนักงานพัฒนาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ: เชียงใหม่. 146 น.

Brumm, M.C. and P.S. Miller. 1996. Response of pigs to space allocation and diets varying in nutrition density. **J. Animal Sci**. 74: 2730-2737.

Gonyou, H.W. and W.R. Stricklin. 1998. Effect of floor area allowance and group size on the productivity of growing/finishing pigs. **J. Animal Sci**. 76: 1326-1330.

Schmolke, S.A. and Y.Z. Li and H.W. Gonyou. 2003. Effect of group performance of growing-finishing pigs. **J. Animal Sci**. 81: 874-878.

สาขาเกษตรศาสตร์:
เทคโนโลยีการประมง

การศึกษาคัพภวิทยาปลาเลียหิน (*Garra cambodgiensis* Tirant, 1884)

Study on Embryonic of Lapping's Stone Fish (*Garra cambodgiensis* Tirant, 1884)

ณัฏฐกานต์ มุกดาจตุรพักตร์* และอภินันท์ สุวรรณรักษ์

Nattakarn Mukdajaturaphak* and Apinan Suvarnaraksha

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: fatimah_oh@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาคัพภวิทยาปลาเลียหิน จากการผสมเทียมพ่อแม่พันธุ์ที่ได้จากน้ำแม่แจ่ม อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ โดยการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ Buserelin acetate ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone ในบ่อซีเมนต์ ที่อุณหภูมิน้ำ 26.5-27.5 องศาเซลเซียส พบว่า ไข่ปลาเลียหินเป็นไข่ครึ่งจมครึ่งลอย มีขนาดไข่เฉลี่ย 0.50-0.55 มิลลิเมตร มีการเจริญของคัพภะ 5 ระยะ คือ 1) ระยะ Cleavage stage เริ่มเมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที และเสร็จสิ้นใน 2 ชั่วโมง 25 นาที 2) ระยะ Blastula เมื่อเวลา 3 ชั่วโมง 10 นาที 3) ระยะ Gastrula เมื่อเวลา 4 ชั่วโมง 15 นาที 4) ระยะ Organ formation เมื่อเวลา 10 ชั่วโมง 50 นาที และ 5) Hatch-out ฟักออกเป็นตัวเมื่อเวลา 21 ชั่วโมง 5 นาที หลังการผสม

คำสำคัญ: ปลาเลียหิน คัพภวิทยา

Abstract

Study on Embryonic of Lapping's Stone Fish (*Garra cambodgiensis* Tirant,1884) Eggs from artificial propagation of wild broodstock,Mae-cham river Chiang-mai province of thailand, were studied, water temperature was 26.5-27.5°C. The eggs are semi-bouyance type and the fertilized eggs started to cleavage stage within 3 minutes after fertilization,. The egg developed to 5 stages are 1) cleavage stage 2) blastula stage 3) gastrula stage 4) organ formation stage and 5) hatching out within 2 hr 25 min, 3 hr 10 min, 4 hr 15 min, 10 hr 50 min and 21 hr 5 min after fertilization.

Keywords: Lapping's stone fish (*Garra cambodgiensis* Tirant,1884), embryonic

คำนำ

ปลาเลียหิน (*Garra cambodgiensis* Tirant, 1884) เป็นสัตว์น้ำที่อยู่ในกลุ่มปลาที่มีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ในธรรมชาติเนื่องจากการจับมาเพื่อบริโภค และการขยายธุรกิจปลาสวยงามเพื่อการค้า ซึ่งจากข้อมูลการสำรวจชนิดพันธุ์และเก็บตัวอย่างปลาในอดีตโดย ชวลิต และคณะ (2541) รายงานว่า พบปลาเลียหินในแม่น้ำภาคใต้ ภาคตะวันออก แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำโขง แต่จะไม่พบในแม่น้ำกลองและแม่น้ำสาละวิน ต่อมาจากการศึกษาของ สมโภชน์ และคณะ (2545) พบว่า ปลาเลียหินมีการแพร่กระจายในแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำโขง แม่น้ำปัตตานี เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนจุฬาภรณ์ และแม่น้ำกลอง แต่ในปัจจุบันมีรายงานการพบปลาเลียหินในแหล่งน้ำที่ยังมีสภาพสมบูรณ์และเป็นต้นน้ำเท่านั้น (วิวัฒน์ และคณะ, 2545) ดังนั้นการเพาะขยายพันธุ์ปลาเลียหิน และการปล่อยลูกพันธุ์กลับสู่ถิ่นอาศัยตามธรรมชาตินับเป็นแนวทางที่จะช่วยฟื้นฟูทรัพยากรปลาชนิดนี้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตลูกปลาเลียหินจากพ่อ แม่พันธุ์ที่เพาะพันธุ์และเลี้ยงขึ้นเองในบ่อดิน โดยมีการอนุบาลลูกปลาด้วยวิธีการที่เหมาะสม จนกระทั่งลูกปลามีขนาดที่สามารถดำรงชีวิตได้เองในธรรมชาติ แล้วปล่อยพันธุ์ปลานี้กลับสู่ถิ่นอาศัยที่เหมาะสมจะเป็นการฟื้นฟูทรัพยากรสัตว์น้ำที่หายากและเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ชนิดนี้ได้ต่อไป ในปัจจุบันสามารถเพาะขยายพันธุ์ปลาเลียหินจากพ่อแม่พันธุ์ที่จับจากธรรมชาติได้เป็นผลสำเร็จ โดยวิวัฒน์ และคณะ (2545) สามารถผสมเทียมปลาเลียหิน (*Garra parvifilum*) ได้โดยใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ และดำเนินการอนุบาลลูกปลาวัยอ่อนด้วยไข่ตุ๋นผสมปลาป่นโดยใช้ความหนาแน่นแตกต่างกันจนกระทั่งถึงระยะปลานิ้วโดยมีการรอดตายสูง อย่างไรก็ตามการศึกษาทางด้านชีววิทยา และเทคโนโลยีในการขยายพันธุ์ปลาเลียหินยังคงมีอยู่น้อยมากในปัจจุบัน

การวิจัยนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อทราบถึงระยะพัฒนาการของตัวอ่อนตามระยะเวลาต่าง ๆ ของปลาเลียหินซึ่งจะเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงปลาเลียหินทั้งเพื่อการอนุรักษ์ ฟื้นฟูทรัพยากรพันธุ์ปลาในธรรมชาติและนำไปสู่การเพาะเลี้ยงเชิงเศรษฐกิจเพื่อพัฒนาการเลี้ยงเป็นปลาสวยงามตัวใหม่ในตลาดปลาสวยงามต่อไป

วิธีการทดลอง

การเพาะพันธุ์ปลาเลียหิน

คัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ปลาเลียหินที่จับจากธรรมชาติซึ่งเลี้ยงไว้ในอาคารปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ตรวจสอบสุขภาพ ตรวจสอบความสมบูรณ์เพศ แล้วจึงเพาะขยายพันธุ์ด้วยวิธีการปล่อยให้พ่อแม่พันธุ์ปลาผสมกันเอง โดยการกระตุ้นด้วยฮอร์โมนสังเคราะห์ LH-RH ร่วมกับ domperidone ตามวิธีการของ วิวัฒน์ และคณะ (2545) และวีรพงศ์ (2536) โดยใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ที่ระดับความเข้มข้น 15 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ภายหลังการฉีดฮอร์โมน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อปลาเพศเมียปล่อยไข่ออกมาและปลาเพศผู้ปล่อยน้ำเชื้อสีขาวขุ่นออกมาผสม จึงรวบรวมไข่จากการผสมพันธุ์เพื่อศึกษาการพัฒนาของคัพภวิทยา

การศึกษาทางด้านคัพภวิทยา

สุ่มตัวอย่างไข่ปลาเลียหินที่ได้รับการปฏิสนธิจากบ่อฟักไข่ เพื่อตรวจสอบและติดตามพัฒนาการของตัวอ่อนตามขั้นตอนต่างๆ จนกระทั่งไข่ปลาฟักเป็นตัว ตามวิธีการของ Shirota (1970) และอภิชาต (2546) บันทึกระยะเวลาและถ่ายภาพ โดยการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์และกล้องสเตอริโอ กำลังขยาย 40 เท่า

ผลการศึกษา

ปลาเลียหิน

ปลาเลียหิน (*Garra cambodgiensis* Tirant, 1884) ที่พบในน้ำแม่แจ่ม เป็นปลาที่มีรูปร่างลำตัวเรียวยาวค่อนข้างกลม พื้นลำตัวส่วนล่างสีเงินยวง ส่วนด้านบนสีน้ำตาลอมเขียวหรือน้ำตาลเทากลางลำตัวมีแถบสีดำขนาดใหญ่พาดผ่านลำตัว จำนวน 1 แถบ ความกว้างของแถบสีจำนวน 2 แถวของเกล็ด โดยเริ่มจากส่วนปลายสุดของส่วนหัวถึงบริเวณโคนก้านครีบครีบหาง มีหนวดจำนวน 1 คู่ ที่ปลายจะงอยปาก และมีตุ่มสิวเจริญดี ครีบหลังมีจุดเริ่มต้นค่อนไปทางด้านหน้าของครีบท้อง ก้านครีบเดี่ยวมีจำนวน 3 ก้าน ก้านครีบหลังไม่มีก้านครีบแข็ง มีก้านครีบอ่อนที่แตกปลาย 6-9 ก้าน ครีบหางเว้าเล็กน้อย เกล็ดมีขนาดปานกลาง เกล็ดบนเส้นข้างตัว จำนวน 28-32 เกล็ด ครีบก้นสีเหลืองสด ริมฝีปากมีลักษณะเป็นแผ่นกลมคล้ายจาน (sucking disc) ขอบด้านหน้าเรียบ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 0.5±0.01 เซนติเมตร ความยาวตัวโดยเฉลี่ย 5.67±0.38 เซนติเมตร และน้ำหนักตัวเฉลี่ย 2.42±0.41 กรัม (Figure 1)

Figure 1 *Garra cambodgiensis* Tirant, 1884

ลักษณะไข่ปลา

ไข่ปลาเลียหินที่ได้รับการผสมมีลักษณะกลม สีขาวออกเหลือง เป็นไข่ประเภทครึ่งจมครึ่งลอย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 0.50-0.55 มิลลิเมตร มองเห็นชั้น perivitelline space ชัดเจน ถุงไข่แดง (yolk) มีปริมาตรเกือบเต็มปริมาตรของเม็ดไข่

การพัฒนาคัพภวิทยา

ผลการศึกษาการพัฒนาของคัพภะที่อุณหภูมิน้ำ 26.5-27.5 องศาเซลเซียส มีดังต่อไปนี้

ระยะ fertilized egg เวลา 3 นาที หลังการผสม พบว่า ด้าน animal pole เกิดการโป่งออกของ cytoplasm กลายเป็น cytoplasmic cap มีลักษณะใสและนูนขึ้นเป็นรูปครึ่งวงกลมเห็นได้ชัดเจนเพื่อพัฒนาเป็นเป็นไซโกต (zygote) ระยะ 1 เซลล์ (Figure 2a)

ระยะ cleavage stage เวลา 2 ชั่วโมง 25 นาที หลังการผสม ไซโกต (zygote) เริ่มมีการแบ่งเซลล์ (cleavage stage) ครั้งที่ 1 (first cleavage) เป็นระยะ 2 เซลล์ แต่ละเซลล์มีขนาดเท่าๆ กัน การแบ่งเซลล์

เกิดที่ด้าน animal pole เท่านั้น (meroblastic clevage) ส่วนทางด้าน vegetal pole ไม่มีการแบ่งเซลล์ ต่อมาทุกๆ 3-4 นาที เกิดการแบ่งเซลล์เป็นระยะ ทิศทางการแบ่งเซลล์ตรงข้ามกับการแบ่งเซลล์ครั้งที่ 1 แต่ละเซลล์มีขนาดเล็กลงประมาณครึ่งหนึ่งของระยะ 2 เซลล์ รูปร่างลักษณะของแต่ละเซลล์ยังมีลักษณะคล้ายกัน จนได้จำนวนเซลล์ 64 เซลล์ ซึ่งรวมกลุ่มเซลล์ เรียกว่า บลาสโตเมียร์ เข้าสู่ระยะ morula ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของระยะ cleavage (Figure 2b-c)

ระยะ blastula stage เวลา 3 ชั่วโมง 10 นาที หลังการผสม เซลล์มีการเคลื่อนที่ลงมาคลุมไข่แดง ทำให้เกิดช่องว่างขึ้นระหว่างกลุ่มบาสโตเดอร์ม โดยกลุ่มบลาสโตเดอร์มชั้นบนเจริญไปเป็นคัพภะต่อไป (Figure 3a)

ระยะ gastrula stage เวลา 4 ชั่วโมง 15 นาที หลังการผสม เริ่มมีการม้วนตัวของบลาสโตเดอร์มเข้าภายในทำให้มีลักษณะคล้ายวงแหวนล้อมไข่แดง (germ ring) เพื่อเตรียมพัฒนาเป็นจุดกำเนิดของคัพภะ (embryonic shield) ซึ่งโดยรวมใช้เวลาในระยะ gastrula stage 1 ชั่วโมง 45 นาที (Figure 3b)

ระยะ organ formation stage เวลา 10 ชั่วโมง 50 นาที หลังการผสม เกิดการแบ่งตัวของเซลล์ตามแนว embryonic shield จนส่วนของเนื้อเยื่อชั้นนอก (ectoderm) ยกตัวสูงขึ้นจากผิวไข่ทั้งในตำแหน่งส่วนหัวและหาง (head bud and tail bud เวลา 6 ชั่วโมง 25 นาที) เนื้อเยื่อชั้นกลาง (mesoderm) เริ่มจัดเรียงตัวเป็นมัดกล้ามเนื้อตามแกนกลางของคัพภะติดกับผนังของไข่แดง (somite เวลา 7 ชั่วโมง 10 นาที) หลังจากนั้นเริ่มมีการพัฒนาปุ่มหาง กล้ามเนื้อ ตา หู และระบบไหลเวียนโลหิต ลำตัวเริ่มเกิดปล้อง (body segment appearance stage) ปุ่มหางนูนมากขึ้นและเริ่มยกตัวขึ้นเล็กน้อย กล้ามเนื้อเริ่มทำงาน ส่วนหางที่ยกขึ้นพ้นไข่แดงยาวมากขึ้น มองเห็นแกนกลางของร่างกายชัดเจนขึ้น เห็นตาชัดเจนและเริ่มเห็นเลนส์ตา กระดิกตัวแรงขึ้นและถี่ขึ้น ปุ่มหางยกขึ้นและยาวมากขึ้น ความยาวลำตัวเพิ่มขึ้นมาก เห็นเลนส์ตาชัดเจน หัวใจเต้นเป็นจังหวะค่อนข้างสม่ำเสมอ ดิ้นแรง ซึ่งในระยะนี้ใช้เวลาในการพัฒนาเนื้อเยื่อและอวัยวะ 8 ชั่วโมง 45 นาที (Figure 3c)

เวลา 21 ชั่วโมง 5 นาที หลังการผสม เริ่มฟักออกเป็นตัว ตัวอ่อนพยายามยืดตัวเอาหัวกระทุ้ง และเอาหางตีเปลือกไข่ด้านหัวปลาให้แตกออก เมื่อปลาดิ้นอีกครั้ง ทำให้ตัวปลาหลุดออกจากเปลือกไข่ และในระยะแรกที่ออกมาจากเปลือกไข่ลูกปลาจะอยู่นิ่งๆ อาศัยการล่องลอยตามมวลน้ำแทนการว่ายน้ำ (Figure 4a-c)

การพัฒนาลูกปลาวัยอ่อน

จากการศึกษาตัวอ่อนของปลาต่อเนื่องจนกระทั่งมีระบบโครงร่างสมบูรณ์ พบว่า ลูกปลาที่ฟักออกมาใหม่ๆ จะมีความยาวประมาณ 5.0 มิลลิเมตร ระบบทางเดินอาหารยังไม่สมบูรณ์ ลำตัวมีสีใส ถุงไข่แดงมีขนาดใหญ่ และสามารถมองเห็นการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตได้ชัดเจน เมื่อลูกปลามีอายุครบ 3 วัน ลูกปลาเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง โดยส่วนหัวพัฒนาใหญ่ขึ้นและเรียวเล็กไปทางส่วนท้ายของลำตัว ปากและรูทวารมีการพัฒนาสมบูรณ์ และมีพฤติกรรมการว่ายน้ำอยู่ใกล้บริเวณหัวทรายที่ให้อากาศตลอดเวลา เมื่ออายุครบ 7 วัน มีการพัฒนารูปร่างเป็นปลาสมบูรณ์ มีเส้นข้างตัวและเริ่มปรากฏรงควัตถุสีดำที่โคนครีบหางมากขึ้น แต่ตำแหน่งปากยังคงอยู่ในตำแหน่งตัดตรงซึ่งยังไม่ใช่ลักษณะเฉพาะของปลาเลียหิน และการพัฒนาโครงร่างและสัดส่วนให้เหมือนตัวโตเต็มวัยใช้เวลาประมาณ 40 วัน โดยมีความยาว 25.5 มิลลิเมตร

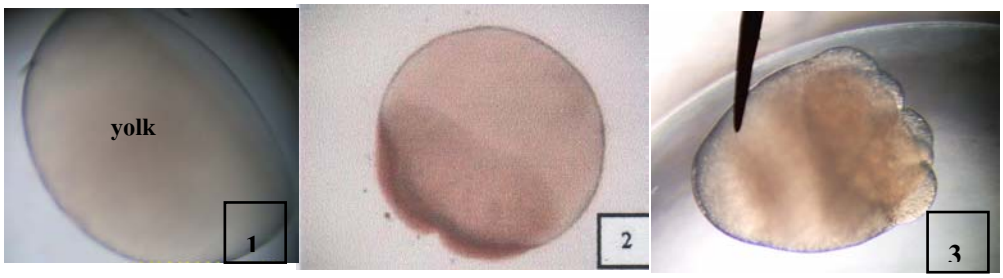


Figure 2 1. Fertilized egg 3 นาที (40X) 2. 2 cells 5 นาที (40X) 3. 64 cells 52 นาที (40X)

Figure 3 1. Blastula 3.15 ชั่วโมง (40X) 2. Late Gastrula 4.15 ชั่วโมง (40X) 3. Organ formation 6.25 ชั่วโมง (40X)

Figure 4 1. Somite stage 7.10 ชั่วโมง (40X) 2. Hatch-out 20.05 ชั่วโมง (40X) 3. ตัวอ่อน 20.35 ชั่วโมง (40X)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลของฮอร์โมนต่อการเพาะพันธุ์ปลาเลียหิน

ปลาเลียหินที่จับจากธรรมชาติสามารถเพาะและผสมพันธุ์ โดยใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone ในความเข้มข้น 15 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับวิธีการศึกษาในปลามัน ซึ่งเป็นปลาชนิดหนึ่งในสกุล *Garra* ที่พบได้เฉพาะในแหล่งน้ำธรรมชาติ สามารถเพาะและอนุบาลได้ในบ่อซีเมนต์โดยใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone ในความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ (วิวัฒน์ และคณะ, 2545)

พัฒนาการของคัพภะและลูกปลาวัยอ่อน

ไข่ปลาเลียหินเมื่อได้รับการผสมมีลักษณะกลม สีขาวออกเหลือง มีการพัฒนาและแบ่งเซลล์ในระยะ clevage ที่รวดเร็ว โดยใช้เวลาทั้งหมด 2 ชั่วโมง 25 นาที และพัฒนาผ่านขั้นตอนต่างๆ จนฝักเป็นตัวในเวลา

21 ชั่วโมง 5 นาที ซึ่งสอดคล้องกับระยะเวลาในการวางไข่ปลาในธรรมชาติอย่างยิ่ง คือ พ่อแม่ปลาจะขึ้นไปวางไข่บริเวณต้นน้ำแล้วไข่จะไหลมาตามลำห้วยและฟักออกเป็นตัวบริเวณท้ายลำห้วยซึ่งใช้เวลาใกล้เคียงกันกับผลการทดลอง (เกียรติคุณ และวิวัฒน์, 2543) และมีช่วงเวลาปกติเช่นเดียวกับกลุ่มปลาตะเพียน เช่น ปลาแก้มช้ำ (เชิดศักดิ์ และธนวัฒน์, 2538) และปลาตะเพียนน้ำตก (วิวัฒน์ และคณะ, 2551) สำหรับการพัฒนาของตัวอ่อนมีลักษณะคล้ายปลาทั่วไปแต่ที่แตกต่าง คือ ลูกปลาเลียหินสามารถที่จะว่ายน้ำลงสู่พื้นและเกาะพื้นผิวกระจกได้ในระยะเวลา 3-4 วัน และสามารถกินอาหารตามพื้นตู้ได้ ซึ่งอาจเนื่องมาจากธรรมชาติของปลาเลียหินที่อาศัยในแหล่งน้ำไหลเชี่ยวจึงมีการปรับตัวให้สามารถเกาะติดวัสดุใต้ท้องน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งลักษณะโครงสร้างของปากที่เป็นแบบปากดูด (sucking disc mouth) และมีฟันเป็นตุ่มเล็กๆ ที่ริมฝีปากบนและล่าง ซึ่งจากลักษณะของฟันดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ปลาเลียหินมีแนวโน้มที่จะเป็นปลาที่สามารถขูดกินอาหารบนวัสดุได้เป็นอย่างดี (จินดา, 2530)

สรุปผลการวิจัย

ไข่ปลาเลียหินเป็นไข่แบบครึ่งจมครึ่งลอย มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.50-0.55 มิลลิเมตรลักษณะการแบ่งเซลล์ของไข่ปลาเลียหินเป็นแบบ meroblastic cleavage คือ มีการแบ่งเซลล์ไข่เฉพาะทางด้าน animal pole เท่านั้น ส่วนทางด้าน vetetal pole ซึ่งมีไข่แดงอยู่ ไม่มีการแบ่งเซลล์ (วีรพงศ์, 2536) ไข่ปลาใช้เวลาในการฟักเป็นตัวประมาณ 21 ชั่วโมง 5 นาที ที่อุณหภูมิน้ำ 26.5-27.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับรายงานของ วิวัฒน์ และคณะ (2545) ที่ได้รายงานว่าลูกปลามัน (*Garra pavifilum*) ฟักออกจากไข่ในระยะเวลา 18-19 ชั่วโมง

เอกสารอ้างอิง

เกียรติคุณ เจริญสวรรค์ และวิวัฒน์ ปรารมภ์. 2543. **ชีววิทยาบางประการของปลามัน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2543. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดน่าน กองประมงน้ำจืด กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 23 น.

เชิดศักดิ์ วงษ์กมลชุณห์ และธนวัฒน์ ชัชวาลธาตรี. 2538. **การเพาะพันธุ์ปลาแก้มช้ำ**. ศูนย์พัฒนาประมงน้ำจืดอุบลราชธานี กองประมงน้ำจืด กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 29 น.

วิวัฒน์ ปรารมภ์ พงศ์พันธ์ สุนทรวิภาต และวิจักษ์ ขุนพลช่วย. 2545. **การเพาะและอนุบาลปลามัน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 34/2545. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดน่าน กองประมงน้ำจืด กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 44 น.

วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. **การเพาะพันธุ์ปลา.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 195 น.

สมชาติ ธรรมขันทา อุมาภรณ์ จรดล และโกมุท อุ่นศรีส่ง. 2547. **ชีววิทยาบางประการของปลามูดหน้านอ**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2547. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 18 น.

อภิชาต เติมวิชชากร. 2546. **ลูกปลาวัยอ่อน**. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด, กรมประมง. 130 น.

Fatemeh, P. 2007. Induce spawning of kutum, *Rutilus frisii kutum* (Kamenskii, 1901). **Aquaculture.** 265: 288-293.

Jayaram, K.C. 1999. **The freshwater fishes of the indian region**. Narendra Publishing House. Delhi. 121 p.

Lagler, K.F., J.E Bardach, and R.R Miller. 1962. **Ichthyology the study of fishes**. John Wiley and Sons, Inc., New York. 545 p.

Lagler, K.F. 1970. **Freshwater Fishery Biology**. 2nd. W.M.G. Brown Company Publishers, London. 421 p.

Shirota, A. 1970. Studies on the mouth size of fish larvae. **Bul. Jap. Soc. Sci. Fish**. 36(4): 345-358.

Smith, H.M. 1945. **The fresh-water fishes of siam, or Thailand.** United States Government Printing Office, Washington. 622 p.

สหสัมพันธ์ของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืช และคุณภาพน้ำที่เลี้ยงในคอกแบบพัฒนา

Correlation of Chicken Manure Application on the Growth Performance of Pla Buk (*Pangasianodon gigas* Chevey, 1930), Species Composition of Phytoplankton and Water Quality in Intensive Pen Culture

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม* บัญญัติ มนเทียรอาสน์ นิวุฒิ หวังชัย และจงกล พรมยะ

Khajornkiat Srinuansom*, Bunyat Moonteinart, Niwooti Whangchai and Jongkorn Poomya

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: khajornkiat@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์ของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำ โดยนำลูกปลาบึกมาเลี้ยงในบ่อ จำนวน 3 บ่อ คือ บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติโดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/สัปดาห์ ตลอดการทดลอง และบ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติโดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 20 กก./ไร่/สัปดาห์ ภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน และทำการเลี้ยงปลาบึก เป็นระยะเวลา 7 เดือน ผลการศึกษา พบว่า การใช้ปุ๋ยมูลไก่มีสหสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น SGR, ADG ปริมาณแพลงก์ตอนพืช pH TDS และค่า EC นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยมูลไก่จะส่งเสริมให้องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่เป็นกลุ่มดิวิชัน Cyanophyta, Chrysophyta และ Euglenophyta ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปุ๋ยมูลไก่ ปลาบึก แพลงก์ตอนพืช คุณภาพน้ำ

Abstract

The objectives of this research were to investigate the correlation of chicken manure application on the growth performance of Pla Buk (*Pangasianodon gigas*), species composition of phytoplankton and water quality in intensive fish-farming ponds. The experiment was divided into 3 treatments; non natural food establishment (T1), natural food establishment (T2) and mix system (T3). The experiment had been conducted for 7 months. The result showed that chicken manure application positive effects on average weight, weight gain, SGR, ADG, density of phytoplankton, pH, TDS and EC. In addition of chicken manure application showed positive effects on most of the species composition of phytoplankton belong to division Cyanophyta, Chrysophyta and Euglenophyta, respectively.

Keywords: chicken manure, Pla Buk (*Pangasianodon gigas*), phytoplankton, water quality

คำนำ

การวิจัยครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ระบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึกและการเกิดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึก (ขจรเกียรติ์ และคณะ, 2551) ที่ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยประจำปี 2550 จากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์ของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงเชิงพาณิชย์

สืบเนื่องจากพื้นฐานความคิดของการปรับเปลี่ยนการเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์ด้วยการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว เป็น “การเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับเชิงนิเวศน์ หรือการเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงนิเวศน์” เพื่อลดต้นทุนการผลิตโดยเฉพาะค่าอาหารเม็ดสำเร็จรูป ด้วยการสร้างอาหารธรรมชาติ “น้ำเขียว” ให้เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยง ทั้งนี้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำถ้ามีการสร้างอาหารธรรมชาติภายในบ่อ จะเป็นการเพิ่มระบบห่วงโซ่อาหาร (Food chain) ขึ้นภายในบ่อ ซึ่งเชื่อว่าปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ ในระบบห่วงโซ่อาหารที่เพิ่มขึ้นนั้นจะส่งเสริมเกื้อกูลต่อผลผลิตสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยง ประกอบกับดูดซับสารอาหารส่วนเกินที่จะมีผลต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (Mischke and Paul, 2004) และโดยทั่วไปผลผลิตของสัตว์น้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารธรรมชาติที่มีในน้ำหรือที่เรียกว่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำ รวมเรียกว่าความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (เกรียงศักดิ์, 2547)

ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นข้อพิสูจน์สมมุติฐานดังกล่าวว่า การสร้างอาหารธรรมชาติภายในบ่อเลี้ยงปลาบึก โดยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งนั้นสามารถส่งเสริมผลผลิตปลาบึกได้หรือไม่อย่างไร อาหารธรรมชาติที่เกิดขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์อย่างไรต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำ ตลอดจนเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อผลผลิตปลาบึกระหว่างบ่อเลี้ยงที่ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ กับบ่อที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติบางช่วงของการเลี้ยงหรือตลอดระยะเวลาที่ทำการเลี้ยงจะมีความสัมพันธ์ที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษายังใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการจัดระบบการเพาะเลี้ยงปลาบึกให้มีประสิทธิภาพ เกิดความต่อเนื่องและมีทิศทางที่ถูกต้อง เป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ได้กับเกษตรกรและผู้สนใจ เพื่อพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงปลาบึกที่ยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมลูกปลาบึก

นำลูกปลาบึกที่มีขนาดความยาวประมาณ 4-5 นิ้ว น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 43-45 กรัม/ตัว มาพักให้ปรับตัวในกระชังขนาด 5 ตร.ม. เป็นเวลา 3 วัน ก่อนทำการสุ่มนับและชั่งน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้น เพื่อปล่อยลงเลี้ยงในบ่อ (ดอก) ทดลอง ให้อาหารสำเร็จรูปปลากินพืชเพื่อให้ปลาปรับสภาพก่อนเริ่มทำการทดลอง

การวางแผนการทดลอง

1. วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยสุ่มปล่อยลูกปลาบึกที่มีขนาดความยาวประมาณ 4-5 นิ้ว น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 43-45 กรัม/ตัว ลงคอกพลาสติก ขนาด 5 ตร.ม. ที่อยู่ในบ่อทดลองขนาด 200 ตร.ม. บ่อละ 3 คอก (3 ซ้ำ) จำนวน 5 ตัว/คอก ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ (ชุดการทดลอง) โดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการทดลอง ดังนี้

บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ (บ่อควบคุม)

บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติ: โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง ในอัตรา 40 กก./ไร่/สัปดาห์

บ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน: โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง ในอัตรา 20 กก./ไร่/สัปดาห์

2. ทำการเลี้ยงปลาบึกตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2550 – มกราคม 2551 เป็นระยะเวลา 7 เดือน โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปลากินพืชระดับโปรตีน 15% แก่ลูกปลาบึก ในอัตรา 5% ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (08.00-09.00 น. และ 15.00-16.00 น.) ตลอดการทดลอง ปรับปริมาณอาหารที่ให้ทุก 1 เดือน

3. สุ่มจับปลาบึกมาตรวจวัดการเติบโตทุก 1 เดือน โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการเติบโต แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปริมาณการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปต่อไป

การตรวจสอบประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก

นับจำนวนและชั่งน้ำหนักปลาในแต่ละคอกพลาสติก ทุก 1 เดือน นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการเติบโตต่างๆ ดังนี้

1. น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight)

= (น้ำหนักปลาทั้งหมด/จำนวนปลาทั้งหมด)

2. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain)

= น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง (ก.) – น้ำหนักปลาเริ่มต้น (ก.)

3. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR) (%/วัน)

= 100 x (*ln* น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง – *ln* น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้นการเลี้ยง) / จำนวนวันที่เลี้ยง

4. น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Average daily growth; ADG)

= (น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง – น้ำหนักปลาเริ่มต้น) / จำนวนวันที่เลี้ยง

5. อัตราแลกเนื้อ (Feed conversion ratio; FCR)

= น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน (ก.) / น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (ก.)

6. อัตราการรอด (Survival rate) %

= (จำนวนปลาที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง / จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการเลี้ยง) x 100

วิเคราะห์ความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ทุก 15 วัน ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่ระดับผิวน้ำ ใช้ถังน้ำขนาด 5 ลิตร ตักน้ำปริมาตร 30 ลิตร กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอน (Plankton net) ขนาดตา 10 ไมโครเมตร แล้วเก็บตัวอย่างน้ำที่เหลือปลายกระบอกของถุงกรองแพลงก์ตอนเทใส่ในขวดพลาสติกเก็บตัวอย่าง เติมน้ำยาดอง Lugol's solution (อัตรา 1:100) แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์จัดจำแนกชนิดและนับปริมาณภายใต้กล้องจุลทรรศน์ต่อไป (ลัดดา, 2542; ยุวดี, 2546)

การตรวจวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี (ขจรเกียรติ์ และคณะ, 2552)

ทำการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ ทุก 15 วัน จนเสร็จสิ้นการทดลอง ได้แก่

- ระดับความลึกของน้ำ โดยใช้ไม้เมตร
- อุณหภูมิอากาศและน้ำ โดยใช้ Thermometer
- ค่าความโปร่งแสงของน้ำ โดยใช้ Secchi disc
- ค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้ pH meter
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด โดยใช้ TDS meter
- ค่าความนำไฟฟ้า โดยใช้ Conductivity meter
- ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยวิธี Azide modification หรือ Winkler method
- ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน โดยวิธี Indophenol method หรือ Phenate method
- ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน โดยวิธี Copper-cadmium reduction column method
- ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส โดยวิธี Stannous chloride

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก จำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช โดยวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละบ่อ (ชุดการทดลอง) จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของบ่อ โดยวิธีของ Duncan Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์ของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5.0

ผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก

ผลการศึกษาตรวจวัดประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ ตลอดระยะเวลาการทดลอง แสดงใน Table 1

Table 1 Average values of the growth performance of Pla Buk (*Pangasianodon gigas*) in each ponds during the study period (July 2007-January 2008) (mean±SD)(n = 15)

Ponds	Growth performance					
	Average weight (g)	Weight gain (g)	SGR (%/day)	ADG (/day)	FCR	Survival rate (%)
1	88.57 ± 29.90 ^{c}	44.90 ± 9.94 ^{c}	0.80 ± 0.21 ^{c}	0.52 ± 0.10 ^{c}	11.25 ± 1.77 ^{a}	100
2	219.64 ± 36.56 ^{a}	174.98 ± 36.87 ^{a}	1.84 ± 0.59 ^{a}	2.02 ± 0.34 ^{a}	15.88 ± 1.53 ^{a}	100
3	137.77± 26.25 ^{b}	93.77 ± 26.28 ^{b}	1.59 ± 0.75 ^{b}	1.33 ± 0.49 ^{b}	5.97 ± 3.54 ^{a}	100
P-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.202	-

Remark: Values within same column not followed by the same letter are significantly different (P<0.05)

2. จำนวนชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช

ผลการศึกษาความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึกในแต่ละบ่อตลอดระยะเวลาการทดลอง พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 22 ชนิด คือ ดิวิชัน Cyanophyta 9 ชนิด (ร้อยละ 20%) ดิวิชัน Chlorophyta 17 ชนิด (ร้อยละ 37.78%) ดิวิชัน Chrysophyta 13 ชนิด (ร้อยละ 28.89%) ดิวิชัน Pyrrophyta 1 ชนิด (ร้อยละ 2.22%) ดิวิชัน Euglenophyta 4 ชนิด (ร้อยละ 8.89%) และดิวิชัน Cryptophyta 1 ชนิด (ร้อยละ 2.22%) โดยตลอดการศึกษา พบว่า แพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นในบ่อเลี้ยงปลาบึก ทั้ง 3 บ่อ คือ *Scenedesmus* sp. (ดิวิชัน Chlorophyta) และ *Euglena* sp. (ดิวิชัน Euglenophyta) ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละบ่อ แสดงใน Table 2

Table 2 Average values of the number of species and density of phytoplankton in each ponds during the study period (July 2007-January 2008) (mean±SD)(n = 7)

Parameters	Ponds		
	1 (non natural food establishment)	2 (natural food establishment)	3 (mix system)
Number of species	24.57 ± 3.55 [a]	27.57 ± 3.91 [a]	27.43 ± 3.36 [a]
Density of phytoplankton (cell.ml^{-1})	14.31 ± 3.98 [b]	22.66 ± 6.08 [a]	19.69 ± 3.93 [a]

Values within same row not followed by the same letter are significantly different (P<0.05)

3. คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลาบึกปรากฏผลการศึกษาดัง Table 3

Table 3 Average values of physical and chemical parameters in each ponds during the study period (July 2007-January 2008) (mean±SD)(n = 7) [ab]

Parameters	Ponds		
	1 (non natural food establishment)	2 (natural food establishment)	3 (mix system)
Water depth (m)	0.56 ± 0.04[c]	0.68 ± 0.08[b]	0.78 ± 0.06[a]
Air temp. (^{O}C)	25.71 ± 3.65[a]	25.71 ± 3.65[a]	25.71 ± 3.65[a]
Water temp. (^{O}C)	24.36 ± 3.39[a]	24.50 ± 3.72[a]	24.29 ± 3.86[a]
Transparency (m)	0.22 ± 0.07[a]	0.28 ± 0.04[a]	0.26 ± 0.04[a]
pH	7.41 ± 0.18[b]	7.98 ± 0.59[a]	7.93 ± 0.49[a]
TDS (mg.L^{-1})	38.57 ± 8.35[b]	95.07 ± 12.53[a]	81.43 ± 9.88[a]
Conductivity (μs.cm^{-1})	83.57 ± 10.38[b]	199.29 ± 39.52[a]	175.00 ± 25.82[a]
DO (mg.L^{-1})	3.57 ± 0.67[a]	4.42 ± 1.39[a]	3.85 ± 1.22[a]
NH_3-N (mg.L^{-1})	0.7032 ± 1.58[a]	0.2016 ± 1.40[a]	0.4484 ± 1.01[a]
NO_3-N (mg.L^{-1})	0.0286 ± 0.04[a]	0.0458 ± 0.06[a]	0.0565 ± 0.07[a]
PO_4-P (mg.L^{-1})	0.6685 ± 0.68[a]	0.9122 ± 0.97[a]	0.5273 ± 0.58[a]

Values within same row not followed by the same letter are significantly different (P<0.05)

สหสัมพันธ์ของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงเชิงพาณิชย์

บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึกกับปัจจัยต่างๆ ในสภาพที่ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ พบว่า ช่วงระยะเวลาการเลี้ยงมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย (r = 0.957**) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (r = 0.955**) แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (r = -0.847**) อุณหภูมิอากาศ (r = -0.888**) และอุณหภูมิน้ำ (r = -0.900**)

นอกจากนี้ยังพบว่า ประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึกมีสหสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ในบ่อ ได้แก่ น้ำหนักเฉลี่ยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืช (r = 0.933**) และค่าความโปร่งแสงของน้ำ (r = 0.820*) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิอากาศ (r = -0.891**) อุณหภูมิน้ำ (r = -0.912**) และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (r = -0.822*)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืช (r = 0.933**) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิอากาศ (r = -0.891**) อุณหภูมิน้ำ (r = -0.912**) และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (r = -0.822*)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณแพลงก์ตอนพืช (r = 0.847*) อุณหภูมิอากาศ (r = 0.953**) และอุณหภูมิน้ำ (r = 0.918**) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืช (r = -0.924**)

สำหรับจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นปัจจัยที่สะท้อนถึงปริมาณอาหารธรรมชาติในบ่อนั้น พบว่า จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับช่วงระยะเวลาการเลี้ยง (r = 0.934**) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิอากาศ (r = -0.789*) และอุณหภูมิน้ำ (r = -0.892**)

ปริมาณของแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิอากาศ (r = 0.806*)

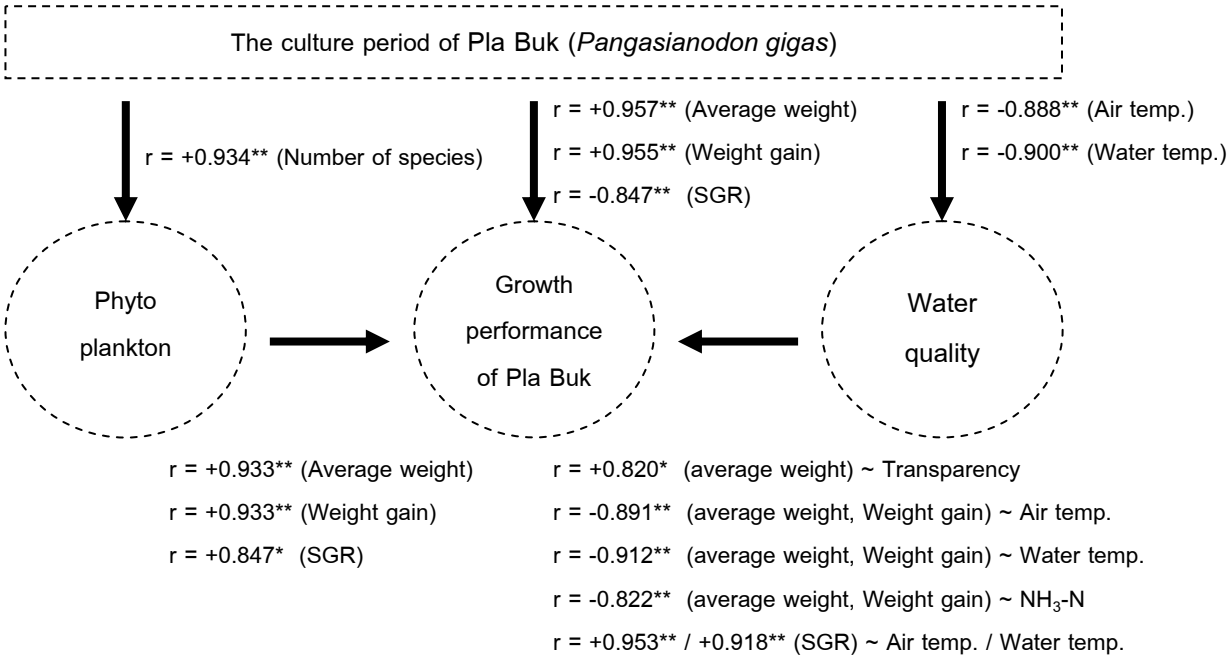


Figure 1 The correlation diagram in the first pond (non natural food establishment)

บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติโดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/สัปดาห์ ตลอดการทดลอง

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยมูลไก่กับประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในบ่อที่ 2 ซึ่งมีการสร้างอาหารธรรมชาติโดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กก./ไร่/สัปดาห์ ตลอดการทดลอง พบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไก่เป็นระยะเวลานานและต่อเนื่องมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย (r = 0.958**) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (r = 0.958**) อัตราแลกเนื้อ (r = 0.672**) และจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืช (r = 0.789*) แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (r = -0.987**) น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (r = -0.499*) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (r = -0.826*)

นอกจากนี้ยังพบว่า ประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึกมีสหสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ในบ่อ ได้แก่ น้ำหนักเฉลี่ยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืช (r = 0.841*) และระดับความลึกของน้ำ (r = 0.850*) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิอากาศ (r = -0.836*) อุณหภูมิน้ำ (r = -0.834*) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (r = -0.857*)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืช (r = 0.841*) และระดับความลึกของน้ำ (r = 0.850*) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิอากาศ (r = -0.836*) อุณหภูมิน้ำ (r = -0.834*) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (r = -0.857*)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิอากาศ (r = 0.989**) อุณหภูมิน้ำ (r = 0.945**) และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (r = 0.833*) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับระดับความลึกของน้ำ (r = -0.929**)

อัตราแลกเนื้อมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิอากาศ (r = -0.921**) อุณหภูมิน้ำ (r = -0.893**) และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (r = -0.840*)

สำหรับจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อที่ 2 ซึ่งมีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง พบว่า จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความเป็นกรด-ด่าง (r = -0.941**) และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (r = -0.792*)

ปริมาณของแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (r = 0.757*) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความเป็นกรด-ด่าง (r = -0.770*) และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (r = -0.893**)

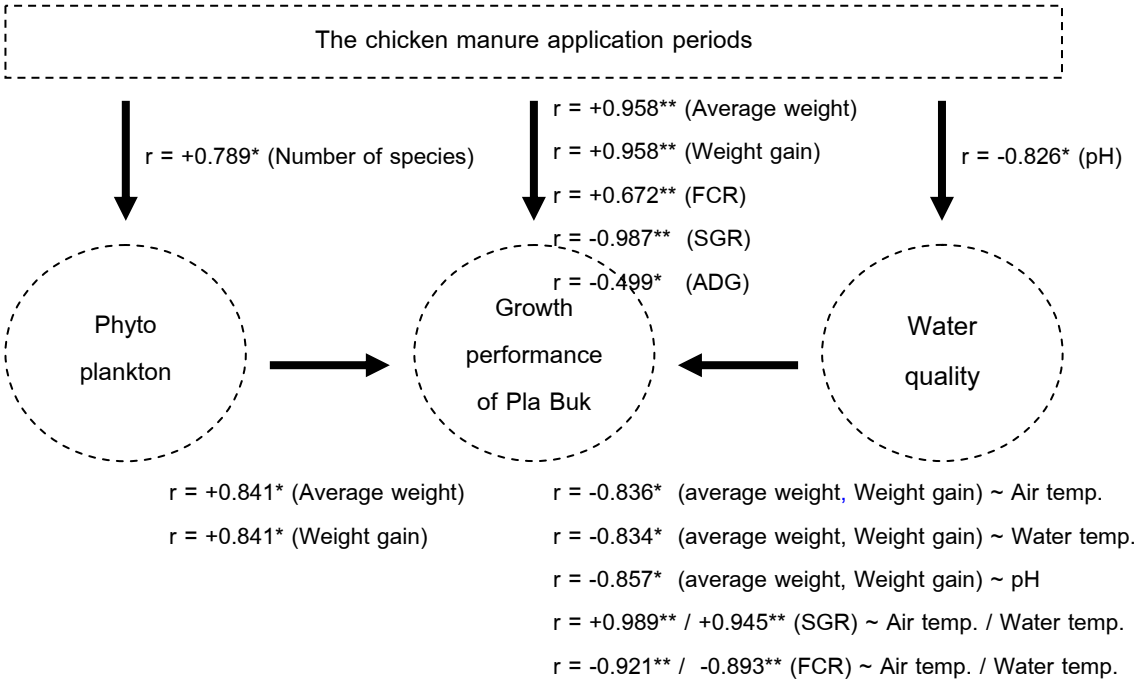


Figure 2 The correlation diagram in the second pond (natural food establishment)

บ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติโดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 20 กก./ไร่/สัปดาห์ ภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน

ช่วงระยะเวลาที่ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ; ก่อนใส่ปุ๋ยมูลไก่

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยมูลไก่กับประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในบ่อที่ 3 ซึ่งมีการสร้างอาหารธรรมชาติโดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 20 กก./ไร่/สัปดาห์ ภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า ช่วงระยะเวลาที่ยังไม่ได้มีการสร้างอาหารธรรมชาติ ปรากฏสหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึกกับปัจจัยต่าง ๆ คือ ช่วงระยะเวลาการเลี้ยงมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย (r = 0.888**) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (r = 0.887**) และจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืช (r = 0.990**) แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (r = -0.967**) น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (r = -0.839**) และอัตราแลกเนื้อ (r = -0.802**)

น้ำหนักเฉลี่ยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (r = 0.962*) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (r = -0.973*)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (r = 0.962*) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (r = -0.973*)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของแพลงก์ตอนพืช (r = 0.997*) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (r = 0.998*)

น้ำหนักเพิ่มต่อวันมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิน้ำ (r = 0.998*)

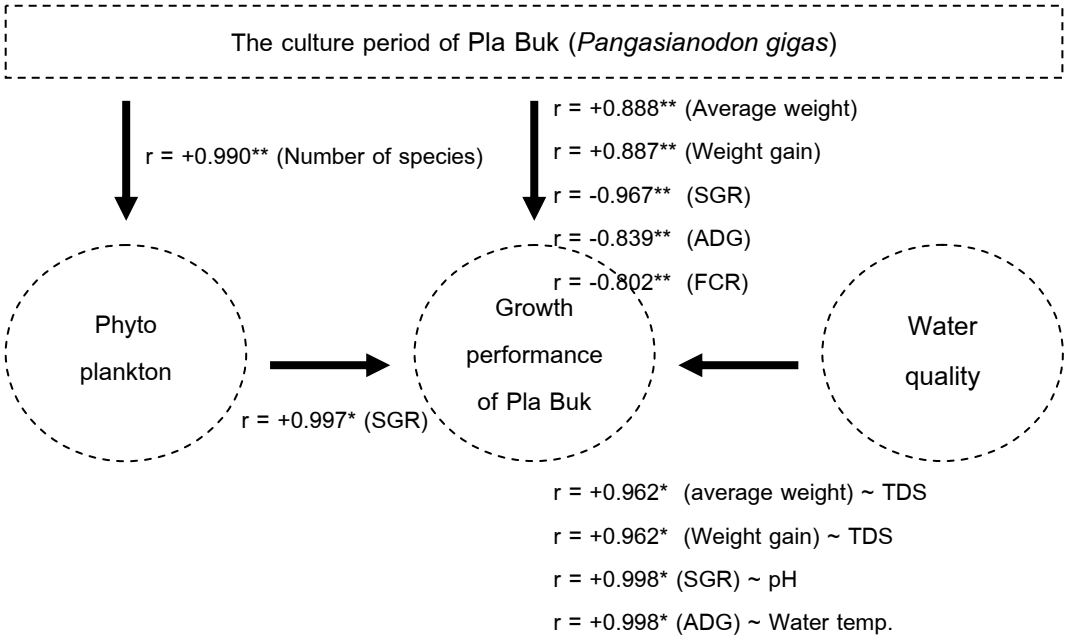


Figure 3 The correlation diagram in the third pond (mix system)
(before the chicken manure application periods)

ช่วงระยะเวลาที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ; หลังใส่ปุ๋ยมูลไก่

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยมูลไก่กับประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในบ่อที่ 3 ซึ่งมีการสร้างอาหารธรรมชาติโดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 20 กก./ไร่/สัปดาห์ ภายหลังเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า การใช้ปุ๋ยมูลไก่ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย ($r = 0.956^{**}$) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ($r = 0.956^{**}$) และน้ำหนักเพิ่มต่อวัน ($r = 0.791^{*}$) แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบต่ออัตราแลกเนื้อ ($r = -0.943^{**}$)

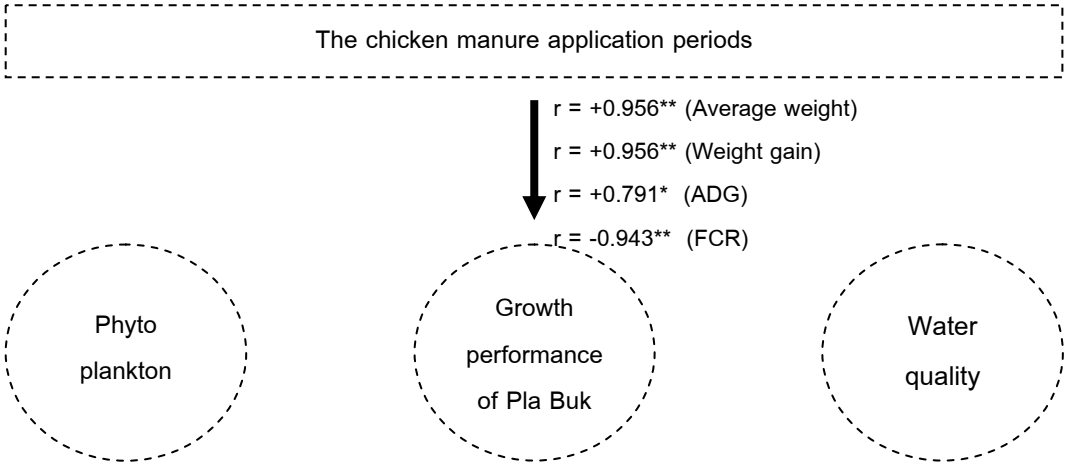


Figure 4 The correlation diagram in the third pond (mix system)
(after The chicken manure application periods)

เปรียบเทียบสหสัมพันธ์ของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำระหว่างบ่อที่ 1 และ 2

ผลการเปรียบเทียบสหสัมพันธ์ของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำระหว่างบ่อที่ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ (บ่อที่ 1) กับบ่อที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง (บ่อที่ 2) พบว่า การสร้างอาหารธรรมชาติโดยการใช้ปุ๋ยมูลไก่ให้ผลชัดเจนในการมีสหสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย (r = 0.950**) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (r = 0.947**) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (r = 0.770**) น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (r = 0.952**) ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (r = 0.959**) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (r = 0.576*) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (r = 0.843**) และค่าความนำไฟฟ้า (r = 0.843**)

สำหรับจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นปัจจัยที่สะท้อนถึงปริมาณอาหารธรรมชาติที่สร้างขึ้นในบ่อนั้น พบว่า จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักเฉลี่ย (r = 0.797**) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (r = 0.797**) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (r = 0.618*) และค่าความนำไฟฟ้า (r = 0.614*)

ปริมาณของแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักเฉลี่ย (r = 0.648*) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (r = 0.647*) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (r = 0.710**) น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (r = 0.800**) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (r = 0.638*) และค่าความนำไฟฟ้า (r = 0.639*)

ทั้งนี้การใช้ปุ๋ยมูลไก่จะส่งเสริมให้องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่เป็นกลุ่มแพลงก์-ตอนพืช ดิวิชัน Cyanophyta (r = 0.561*) Chrysophyta (r = 0.545*) และ Euglenophyta (r = 0.615*)

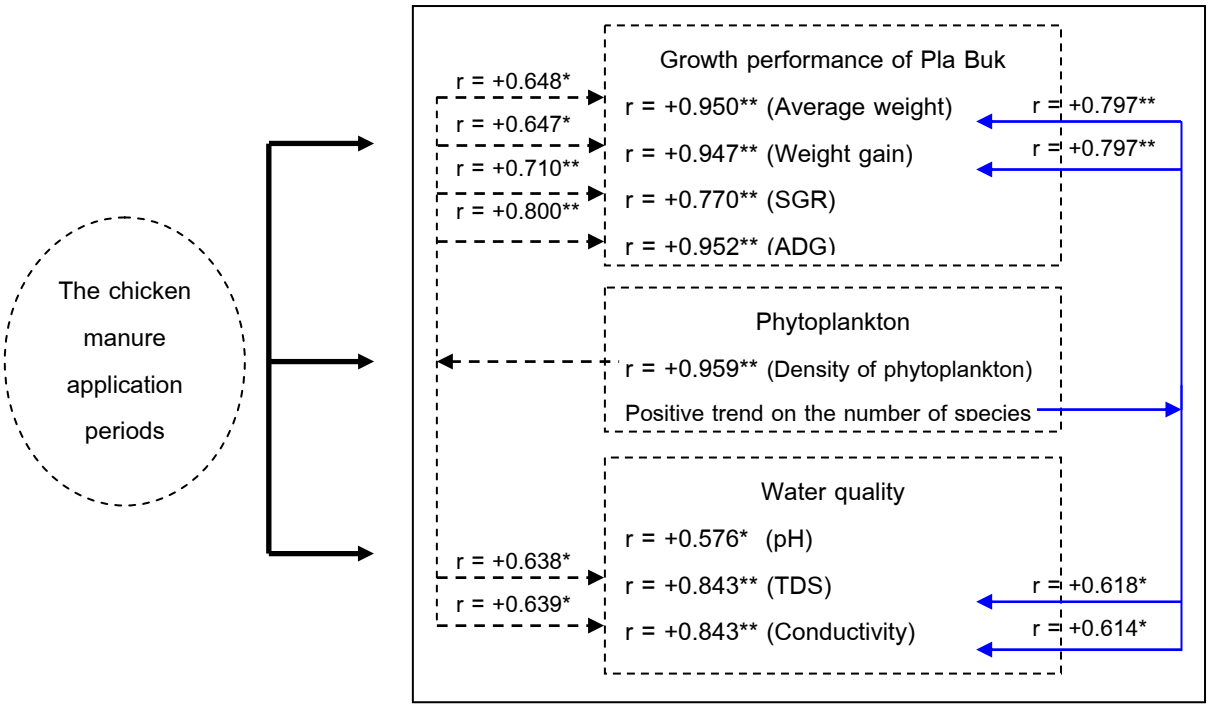


Figure 5 The correlation comparison of chicken manure application on the growth performance of Pla Buk, Species composition of phytoplankton and water quality between ponds 1 and 2

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสหสัมพันธ์ของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงเชิงพาณิชย์พบว่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันเฉลี่ยของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 2 มีค่าสูงสุด และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงในบ่อที่ 1 มีค่าต่ำสุด ทั้งนี้อาจเนื่องจาก บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลองโดยใส่ปุ๋ยขี้ไก่แห้ง ในอัตรา 40 กก./ไร่/สัปดาห์ ซึ่งอาหารธรรมชาติที่สร้างนั้นก็จะเป็นการเพิ่มระบบห่วงโซ่อาหารขึ้นในบ่อ ซึ่งเชื่อว่าปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ ในระบบห่วงโซ่อาหารที่เพิ่มขึ้นนั้น จะส่งเสริมเกื้อกูลต่อผลผลิตสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยง (Mischke and Paul, 2004) กล่าวคือ เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบึก องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกทั้ง 3 บ่อ โดยภาพรวมชี้ให้เห็นว่าการสร้างอาหารธรรมชาติด้วยการใช้ปุ๋ยมูลไก่ให้ผลชัดเจนในการมีสหสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ น้ำหนักเพิ่มต่อวัน ปริมาณแพลงก์ตอนพืช ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด และค่าความนำไฟฟ้า ซึ่งอาหารธรรมชาติที่สร้างขึ้นนั้น (พิจารณาจากข้อมูลจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช) มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อน้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด และค่าความนำไฟฟ้า เช่นกัน

นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยมูลไก่จะส่งเสริมให้องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่เป็นกลุ่มแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Cyanophyta, Chrysophyta และ Euglenophyta ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามข้อควรระวังในการเลี้ยงปลาบึกในระบบที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติโดยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในบ่อนั้น ต้องมีการควบคุมปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำไม่ให้มีค่าสูงเกินไปเพราะจะมีผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกได้ ซึ่งผลการศึกษาแสดงอย่างชัดเจนว่าน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลาบึกมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน

ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจึงเป็นข้อพิสูจน์สมมุติฐานว่าการสร้างอาหารธรรมชาติภายในบ่อเลี้ยงปลาบึก โดยการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งนั้นสามารถส่งเสริมเกื้อกูลต่อผลผลิตปลาบึกได้จริงเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อเลี้ยงที่ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการจัดระบบการเพาะเลี้ยงปลาบึกให้มีประสิทธิภาพ เกิดความต่อเนื่องและมีทิศทางที่ถูกต้อง เป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ได้กับเกษตรกรและผู้สนใจ เพื่อพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงปลาบึกที่ยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ รวมทั้งคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สภาวิจัยแห่งชาติ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย จัดสรรงบประมาณการวิจัยประจำปี 2550 ในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์ บุคลากร คณะเทคโนโลยีการประมงและ

ทรัพยากรทางน้ำ และนักศึกษาคณะผู้ร่วมทำงานทุกท่าน ที่ร่วมมือร่วมใจ ช่วยเหลืออย่างเต็มที่ จนงานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2547. **หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. 212 น.

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม นิวุฒิ หวังชัย บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และจงกล พรมยะ.2551. **ระบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบึก และการเกิดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาบึก**. รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. 35 น.

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย และบัญญัติ มนเทียรอาสน์. 2552. **เอกสารประกอบการสอนบทปฏิบัติการนิเวศวิทยาแหล่งน้ำ (Aquatic Ecology) (การศึกษาปัจจัยทางชีวภาพ กายภาพ และเคมี)**. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. 45 น.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2546. **สาหร่ายวิทยา**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่. 497 น.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2542. **แพลงก์ตอนพืช**. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 851 น.

Mischke, C.C. and V.Z. Paul. 2004. Plankton community responses in earthen channel catfish nursery pond under various fertilization regimes. **Aquaculture**. 233(2004): 219-235.

ผลของการใช้มันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิตและระบบภูมิคุ้มกันในกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Effect of Cassava Meal on Growth Performance and Immunological System in White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

กมลเนตร ทรงลักษณ์[1*] อุทัย คันโธ[1,2] สุกัญญา จัตตุพรพงษ์[2] และอรพินท์ จินตสถาพร[3]

Kamonned Songluk[1*] Uthai Kanto[1,2] Sukunya Juttupornpong[2] and Orapin Jintasathaporn[3]

[1]ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[2]ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[3]ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Thailand 73140

[2]Animal Nutrition Research and Development Center, Kasetsart University, Thailand 73140

[3]Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasertsart University, Thailand 10900

*Corresponding author: ksongluk@hotmail.com

บทคัดย่อ

กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) อายุ 2 เดือน ขนาด 4.8±0.3 กรัม ที่กินอาหารใช้มันสำปะหลังบดทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100% ในสูตรอาหาร เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีการเจริญเติบโต อัตราการรอด และ FCR ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) การใช้มันสำปะหลังบดทดแทนแป้งสาลีทั้งหมดในสูตรอาหาร ทำให้กุ้งมีค่าปริมาณเม็ดเลือดรวม มีความว่องไวของซีรั่มที่ทำให้เชื้อแบคทีเรียลดลง 50% และมีความว่องไวของเซลล์เม็ดเลือดในการจับกินสิ่งแปลกปลอมด้วยกระบวนการ phagocytosis สูงสุด ($p<0.01$)

คำสำคัญ: กุ้งขาวแวนนาไม มันสำปะหลัง สมรรถภาพการผลิต ภูมิคุ้มกัน

Abstract

White shrimp (*Litopenaeus vannamei*) aged 2 months weighed 4.8±0.3 g. fed on diet containing cassava substituted for wheat flour at 0, 50, 75 and 100% had no significant different in growth rate, survival rate and feed conversion ratio. Shrimps on 100% cassava substitution for wheat flour diet had the highest total hemocyte count, bactericidal activity and phagocytosis activity ($p<0.01$).

Keywords: white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), cassava, performance, immune system

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย แต่ละปีประเทศไทยผลิตหัวมันสำปะหลังสดได้มากกว่า 20 ล้านตัน ซึ่งมันสำปะหลังประมาณครึ่งหนึ่งที่ผลิตได้ถูกแปรรูปไปเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ดเพื่อส่งออกไปขายยังประเทศในสหภาพยุโรปและประเทศอื่นๆ ในเอเชีย เพื่อใช้ผลิตเป็นอาหารสัตว์ ทั้งอาหารสุกร โคเนื้อ โคนมและสัตว์ปีก เป็นเวลานานแล้ว สำหรับประเทศไทยนั้นมีการใช้มันสำปะหลังในรูปมันเส้นหรือมันบดในสูตรอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ปริมาณ 1-2 ล้านตันต่อปี ซึ่งสูงกว่าในอดีตมาก (สุกัญญา และคณะ, 2551) มันสำปะหลังนอกจากมีข้อดีที่แป้งในมันสำปะหลังเป็นแป้งอ่อน ย่อยได้ง่ายแล้ว มันสำปะหลังมีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิคระดับต่ำที่ไม่เป็นอันตรายต่อตัวสัตว์ แต่มีหน้าที่ในการกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดสในกระแสเลือด ซึ่งมีผลในการกระตุ้นระบบภูมิต้านทานโรคของตัวสัตว์ (อุทัย และสุกัญญา, 2547) การใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมอุยเทศ พบว่า สามารถให้สมรรถภาพการผลิตของปลาไม่แตกต่างจากการใช้ข้าวโพดแต่ประการใด และการใช้มันสำปะหลังส่งผลดีต่อสุขภาพสัตว์โดยมีผลทำให้ระบบภูมิต้านทานโรคปลาดีขึ้น (รัฐศาสตร์, 2551)

การศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นเปรียบเทียบผลของการใช้มันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลี (wheat flour) ในอาหารต่อการตอบสนองของการเจริญเติบโต ระบบภูมิคุ้มกันและสุขภาพของกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตแล้วยังเป็นการส่งเสริมสุขภาพของกุ้งให้ดีขึ้นและทนต่อการเกิดโรคด้วยอาหาร หรือโภชนะบำบัด (nutraceutical) ซึ่งจะเป็นแนวทางทดแทนการใช้สารปฏิชีวนะในอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง

กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) อายุ 2 เดือน น้ำหนัก 4.8 ± 0.3 กรัม จำนวน 400 ตัว

อาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ทดลอง ได้แก่ สูตรอาหารกุ้งขาวแวนนาไมที่ใช้แป้งสาลี (wheat flour) และมันสำปะหลังบดเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงาน โดยสูตรอาหารทดลองมี 4 สูตรดังนี้

สูตรที่ 1 อาหารใช้แป้งสาลีเป็นแหล่งพลังงานหลัก

สูตรที่ 2 อาหารใช้มันเส้นบดบดทดแทนแป้งสาลี 50%

สูตรที่ 3 อาหารใช้มันเส้นบดทดแทนแป้งสาลี 75%

สูตรที่ 4 อาหารใช้มันเส้นบดเป็นแหล่งพลังงานหลัก

อาหารทดลองทุกสูตรมีคุณค่าทางโภชนะครบตามความต้องการของกุ้งขาว แนะนำโดยบุญชัย (2532); เวียง (2542) และ Deshimaru (1982) องค์ประกอบวัตถุดิบอาหารสัตว์และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองได้แสดงไว้ใน Table 1

Table 1 Feed ingredients and chemical composition of the experimental diets fed to white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Ingredients	Wheat flour	Cassava chip			Cost[1]
	100%	50%	75%	100%	(baht/kg)
Cassava chip (210 µm)	0	14	19.5	27.25	4.7
Wheat flour	32	14	7	0	20
Full fat soybean	15	15	15	15	20
Soybean meal (48 % CP)	23.25	27.25	28.75	30.25	17.2
Fish meal (60 % CP)	25	25	25	25	42.5
Lipid	2	2	2	2	70
Monocalcium-phosphate	2	2	2	2	26
Binder	0.25	0.25	0.25	0.25	70
Premix[2]	0.5	0.5	0.5	0.5	140
Total (kg)	100	100	100	100	
Expense(baht/kg)	2.00	2.00	2.00	2.00	
Cost (baht/kg)	28.83	26.59	25.71	24.84	
Proximate composition (%)					
Moisture	8.09	7.91	8.22	8.34	
Protein	38.49	39.27	38.22	38.74	
Fat	6.69	5.90	5.71	6.57	
Fiber	1.92	2.00	2.06	1.97	
Ash	9.35	9.74	9.34	9.82	
Calcium	2.022	2.122	1.886	2.002	
Phosphorus	1.238	1.162	1.011	1.138	
Lysine	2.15	2.25	2.29	2.34	
Methionine + Cystine	1.03	1.05	1.06	1.08	
Tryptophan	0.36	0.37	0.38	0.38	
Threonine	1.33	1.36	1.37	1.38	
Energy (kcal/kg)	4766.42	4708.58	4702.42	4793.89	

[1]Cost Ingredients (August 2009)

[2]Vitamin and mineral mixture provided the following per kg diet: vitaminA 1,130,000 IU, vitaminD3 1,043,170 IU, vitaminE 30,000 IU, vitaminK3 3.25 g, vitaminB1 12 g, vitaminB2 5 g, vitaminB6 30 g, vitaminB12 12 g, vitaminC 30 g, chollnechloride 5 g, niacin 10 g, pantothenic acid 27 g, selenium 30 mg, calcium 30 g

วิธีการทดลอง

ทำการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ในตู้กระจกขนาด 70 ลิตร ในโรงเรือนปิดทั้งหมด 28 ตู้ เพื่อใช้ศึกษาสมรรถภาพการผลิตจำนวน 16 ตู้ และใช้ศึกษาระบบภูมิคุ้มกัน 12 ตู้ โดยใส่กุ้งทดลองตู้ละ 10 ตัว เลี้ยงในน้ำความเค็ม 12 ส่วนในพันส่วน เปลี่ยนถ่ายน้ำและดูดตะกอนวันเว้นวัน ประมาณ 50% ให้อากาศตลอดเวลา ปรับสภาพกุ้งให้คุ้นเคยกับสภาพตู้ทดลองเป็นเวลา 7 วัน ก่อนทำการทดลอง จากนั้นสุ่มแบ่งกุ้งทดลองเพื่อศึกษาสมรรถภาพการผลิตออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 4 ตู้ สุ่มให้กุ้งทดลองแต่ละกลุ่มกินอาหารทดลองแต่ละสูตรที่เตรียมไว้เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยให้กินอาหารวันละ 4 ครั้ง คือ เวลา 7.00, 11.00, 15.00 และ 19.00 น. (ยกเว้นวันที่ทำการชั่งน้ำหนักจะงดให้อาหาร) โดยให้อาหาร 2.5% ของน้ำหนักตัว และทำการชั่งน้ำหนักเพื่อปรับอาหารทุก 2 สัปดาห์ ส่วนกุ้งกลุ่มที่เลี้ยงเพื่อการศึกษาระบบภูมิคุ้มกันก็แบ่งเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 3 ตู้ และสุ่มให้กินอาหารทดลองเป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยมีการให้อาหารแบบเดียวกับกลุ่มที่เลี้ยงเพื่อศึกษาสมรรถภาพการผลิต

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลสมรรถภาพการผลิต ได้แก่ น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain) น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มต่อวัน (average daily gain) ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed conversion ratio) อัตรารอด (survival rate) และต้นทุนการผลิต และทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ คือ ออกซิเจนที่ละลายน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ความเป็นกรดด่างของน้ำ ความเค็มของน้ำ และอุณหภูมิของน้ำ

เก็บข้อมูลระบบภูมิคุมกัน โดยศึกษาการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน 2 ครั้ง คือ เมื่อครบสัปดาห์ที่ 4 และ 12 ของการทดลอง โดยการสุ่มศึกษาครั้งละ 3 ซ้ำของการทดลอง วิเคราะห์ปริมาณเม็ดเลือดรวม (total hemocyte count) และความสามารถในการทำลายเชื้อแบคทีเรียในน้ำเลือด (bactericidal activity) ตามวิธีการของกิจการ และคณะ (2543) และความว่องไวของเม็ดเลือดในการจับกินสิ่งแปลกปลอม (phagocytosis) ดัดแปลงจากวิธีของ Itami *et al*. (1994)

วิเคราะห์ค่าทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดจากการทดลองทางสถิติ ความแตกต่างของข้อมูลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการทดลองแต่ละชุดทดลองเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SAS

ผลการทดลอง

ผลของมันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม

เมื่อให้อาหารที่มีระดับของมันสำปะหลังบดในระดับต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า กุ้งที่กินอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีน้ำหนักที่เพิ่ม น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้อาหารและอัตรารอดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่กุ้งที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารใช้มันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลี 75% (สูตรที่ 3) มีแนวโน้มต้นทุนค่าอาหารในการผลิต 1 กก. ต่ำสุด และต่ำกว่ากุ้งที่กินอาหารใช้แป้งสาลี 100% (สูตรที่ 1) (Table 2) โดยพบว่า สาเหตุการตายของกุ้งส่วนใหญ่มาจากการกินกันเองช่วงระหว่าง

การลอกคราบ ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการเลี้ยงในตู้ปลาซึ่งน้ำจะใสและไม่มีที่สำหรับพรางตัวกุ้งขณะลอกคราบส่งผลให้กุ้งที่ลอกคราบไม่สามารถหนีทันทำให้ถูกกุ้งตัวอื่นกินเป็นอาหาร

Table 2 Growth performance of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed dietary treatments for 12 weeks

Performance	Wheat flour 100 %	Cassava chip (%)			p-Value
		50	75	100	
Initial weight (g)	4.82 ± 0.20	4.87 ± 0.29	4.80 ± 0.19	4.81 ± 0.28	0.977
Final weight (g)	11.02 ± 0.24	11.42 ± 0.74	11.52 ± 1.29	10.63 ± 0.33	0.3854
Weight gain (g)	6.20 ± 0.23	6.55 ± 0.74	6.72 ± 1.31	5.82 ± 0.44	0.4242
Average daily gain (g)	0.074 ± 0.003	0.078 ± 0.009	0.080 ± 0.015	0.069 ± 0.005	0.412
FCR	1.73 ± 0.12	1.78 ± 0.19	1.61 ± 0.21	1.75 ± 0.18	0.5394
Survival rate (%)	67.5 ± 5.00	70 ± 0	67.5 ± 5.00	65 ± 5.77	0.5174
Cost (baht/shrimp 1 kg)	49.90 ± 3.60	47.37 ± 5.16	41.22 ± 5.34	43.52 ± 4.53	0.0915

ผลของมันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งขาวแวนนาไม

การศึกษาพบว่า เมื่อให้อาหารที่มีมันสำปะหลังบดในระดับต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณเม็ดเลือดรวมและความว่องไวของซีรั่มที่ทำให้เชื้อแบคทีเรียลดลง 50% ของกุ้งที่กินอาหารทั้ง 4 สูตร ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเลี้ยงครบ 12 สัปดาห์ พบว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ผสมมันสำปะหลังบดทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 100% มีค่าสูงสุด โดยแตกต่างจากกลุ่มที่ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 75 และ 50% ตามลำดับ และพบว่า กลุ่มที่ไม่ได้ใช้มันสำปะหลังมีปริมาณเม็ดเลือดรวมน้อยที่สุด (p<0.01) ส่วนความว่องไวของเซลล์เม็ดเลือดในการจับกินสิ่งแปลกปลอมด้วยกระบวนการ phagocytosis ในสัปดาห์ที่ 4 ของกุ้งทั้ง 4 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ในสัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง พบว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ผสมมันสำปะหลังบดทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 100, 75 และ 50% มีค่าไม่แตกต่างกันแต่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้มันสำปะหลังซึ่งมีค่าน้อยที่สุด (p<0.01) (Table 3)

Table 3 Immunological system of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed dietary treatments at 4 weeks and 12 weeks

Immunological	Weeks	Wheat flour 100%	Cassava chip (%)			p-Value
			50	75	100	
Total hemocyte count ($X10^5$ cell/mm^3)	4	3.084 ± 0.748	3.678 ± 0.534	3.672 ± 0.200	3.552 ± 0.710	0.5873
	12	65.94 ± 7.147 [c]	79.05 ± 6.036 [b]	82.32 ± 7.522 [b]	101.34 ± 4.388 [a]	0.001
% Phagocytosis	4	24.055 ± 0.841	25.895 ± 0.757	25.435 ± 0.615	25.970 ± 0.424	0.1324
	12	36.090 ± 0.416 [b]	41.970 ± 0.813 [a]	41.707 ± 1.675 [a]	42.220 ± 1.595 [a]	0.0008
Bactericidal Activity	4	1:04	1:04	1:04	1:04	
	12	1:04	1:4 - 1:8	1 4 - 1:8	1:08	

[a,b] Mean values within a raw with unlike superscripts differ significantly ($p<0.01$)

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองการใช้มันสำปะหลังบดทดแทนแป้งสาลีในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของกุ้งขาว พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากแป้งในมันสำปะหลังเป็นแป้งอ่อน สัตว์สามารถย่อยได้ง่ายและนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ โดยแป้งในมันสำปะหลังมีอะไมโลเพคตินเป็นองค์ประกอบมากกว่า 80% คุณสมบัติของแป้งอ่อนจะดูดซับน้ำไว้ในโมเลกุลได้เร็ว ทำให้เอนไซม์อะไมเลสในทางเดินอาหารย่อยแป้งได้เร็วขึ้นเช่นกัน (อุทัย และสุกัญญา, 2547) ซึ่ง Bombeo-Tuburan *et al*. (1995) อ้างโดย ประทักษ์ และคณะ (2547) ได้ศึกษาในกุ้งก้ามกราม พบว่า เมื่อมีการผสมหอยเชอรี่สดร่วมกับมันสำปะหลัง ในสูตรอาหารกุ้งก้ามกรามส่งผลให้ผลผลิตกุ้งก้ามกรามเพิ่มขึ้น และจากผลการทดลองเบื้องต้น พบว่า อาหารที่มีมันสำปะหลังเป็นองค์ประกอบส่งเสริมให้ total hemocyte count, bactericidal activity และ % phagocytosis ที่ดีขึ้นแก่ตัวกุ้ง ทั้งนี้เนื่องจากมันสำปะหลังมีจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติคปนเปื้อนโดยธรรมชาติ ได้แก่ แลคโตบาซิลลัส บิฟิโดแบคทีเรียม และเชื้อยีสต์ ดังนั้นการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารทำให้กุ้งได้รับจุลินทรีย์เหล่านี้เพิ่มขึ้น Li *et al.* (2007) รายงานว่า การเสริมจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติค (*Bacillus licheniformis*) ในอาหารกุ้งขาว พบว่า ช่วยทำให้ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ในทางเดินอาหารกุ้งลดลง นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ total haemocyte counts, phenoloxidase and superoxide dismutase activities ของกุ้งสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

นอกจากนี้มันสำปะหลังยังมีการปนเปื้อนของกรดไฮโดรไซยานิคในระดับต่ำ โดยธรรมชาติกรดไฮโดรไซยานิคเมื่อดูดซึมเข้าร่างกายจะถูกเปลี่ยนเป็นสารไทโอไซยาเนต (thiocyanate; SCN^-) และเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ในการกระตุ้นเอ็นไซม์ออกซิเดสในเม็ดเลือดและเอ็นไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส การเพิ่มขึ้นของสารไฮโปไทโอไซยาเนต ($OSCN^-$) การเพิ่มขึ้นของสารกลูตาไทโอน และการเพิ่มขึ้นลิมโฟไซท์ในกระแสเลือด (อรอนงค์ และคณะ, 2548) นั่นคือการเพิ่มขึ้นของระบบภูมิคุ้นโรคของร่างกาย รัฐศาสตร์ (2551) รายงานว่า มันสำปะหลังสามารถใช้ทดแทนข้าวโพดในการผลิตอาหารปลาดุกลูกผสมได้ 100% และพบว่า สูตรอาหารมันสำปะหลังส่งผลดีต่อสมรรถภาพการผลิตของปลาดุกลูกผสมอุยเทศมากกว่าการใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และยังส่งผลให้สัตว์มีสุขภาพดี ซึ่งมีแนวโน้มว่าสัตว์ที่กินอาหารจากมันสำปะหลังจะมีภูมิคุ้มกันที่ดีขึ้น โดยมีปริมาณของกลูตาไธโอนรวมซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สัตว์มีความต้านทานต่อการเกิดอนุมูลอิสระในร่างกายมากขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การใช้มันสำปะหลังบดทดแทนแป้งสาลีส่งผลให้กุ้งมีสุขภาพและระบบภูมิคุ้นกันโรคสูงขึ้นเช่นเดียวกัน จึงเป็นการยืนยันข้อดีของมันสำปะหลังในการเพิ่มภูมิคุ้มกันโรคของกุ้งขาว นอกจากนี้ มันสำปะหลังยังถือว่าเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาถูกมากเมื่อเทียบกับวัตถุดิบแหล่งพลังงานชนิดอื่นจึงทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง ส่งผลให้มีกำไรจากการเลี้ยงกุ้งมากกว่าอาหารที่ใช้แป้งสาลีในสูตรอาหาร ทั้งนี้การทำอาหารใช้เองในฟาร์มต้องมีการคำนวณสูตรอาหารให้มีโภชนะต่างๆ ที่สมดุลและครบตามความต้องการของกุ้งด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจเพื่อค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ ที่สนับสนุนงบประมาณในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กิจการ ศุภมาตย์ อุษณีย์ เอกปณิธานพงศ์ T. Itami และจิราพร เกษรจันทร์. 2543. ระบบภูมิคุ้มกันโรคในกุ้งกุลาดำ: I. เทคนิคในการศึกษาระบบภูมิคุ้มกันโรคและองค์ประกอบ เลือดในกุ้งกุลาดำ. **ว.สงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 22 (ฉบับพิเศษ): 567-580.

บุญชัย กิจสัมฤทธิ์โรจน์. 2532. **หลักการให้อาหารปลา-กุ้ง**. สำนักพิมพ์ศูนย์ผลิตตำราเกษตรเพื่อชนบท: นนทบุรี. 122 น.

ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ. 2547. **การใช้หอยเชอรี่ทดแทนปลาป่นในอาหารกุ้งก้ามกราม *Macrobrachium rosenbergii* (de Man)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: ศูนย์พัฒนา เทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำ คณะประมง: กรุงเทพฯ.

รัฐศาสตร์ สนแย้ม. 2551. **ผลของการใช้มันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิตและการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันในปลาดุกลูกผสม.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตว์ศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: นครปฐม.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. **โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 227 น.

อุทัย คันโธ และสุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2547. **การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์: ผลการใช้และข้อมูลการวิจัยในประเทศไทย**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 58 น.

อรอนงค์ มูลธง ชนินทร์ ติรวัฒนวานิช อุทัย คันโธ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และวิไล ตันติโสภาศรี. 2549. ผลของการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อระบบภูมิคุ้มกันในสุกร. **รายงานประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์: กรุงเทพฯ. 199-210.

Deshimaru, O. 1982. Protein and amino acid nutrition of the prawn, *Penaeus japonicus*. **Proceedings of the2nd International Conference on Aquaculture Nutrition: Biochemical and Physiological Approaches to Shellfish Nutrition.** 43 World Mariculture Society, Special Publication, vol. 2, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, USA. pp.106-122.

Itami, T., Y. Takahashi, E. Tsuchihira, and H. Igusa. 1994. Enhancement of disease resistance of kuruma prawn *Penaeus japonicus* and increase in phagocytic activity of prawn hemocytes after oral administration of β-1,3-glucan (Schizophyllan). *In*: Chou, L.M., A.D. Munro, T.J. Lam, T.W. Chen, L.K.K. Cheong, J.K. Ding, K.K. Hooi, H.W. Khoo, V.P.E. Phang, K.F. Shim and C.H. Tan (eds) **The Third Asian Fisheries Forum**. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. pp.375-378.

Li, K., T. Zheng, Y. Tian, F. Xi, J. Yuan, G. Zhang and H. Hong. 2007. Beneficial effects of Bacillus licheniformis on the intestinal microflora and immunity of the white shrimp, Litopenaeus vannamei. **Biotechnol Lett**. 29: 525–530.

การมีส่วนร่วมของประมงอาสาที่มีต่องานอนุรักษ์ทรัพยากรประมงในแม่น้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่

Participation of the Fisheries Volunteers for Fisheries Resources Conservation at Ping River in Chiang Mai Province

เกษตร กันธิยะวงค์[1*] ประจวบ ฉายบุ[2] และชนกันต์ จิตต์มนัส[2]

Kaset Kantiyawong[1*], Prachaub Chaibu[2] and Chanagun Chitmanus[2]

[1]สำนักงานประมงจังหวัดเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50220

[2]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1] Chiang Mai Provincial Fishery Office, Chiang Mai, Thailand 50220

[2]Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: jkasetj@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของประมงอาสาที่มีต่องานอนุรักษ์ทรัพยากรประมงในแม่น้ำปิงของจังหวัดเชียงใหม่ สุ่มตัวอย่างประมงอาสาจำนวน 66 คน เก็บรวมรวบข้อมูลโดยการใช้แบบสัมภาษณ์แล้วนำไปวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป สถิติที่ใช้ คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุดต่ำสุด และทดสอบความสัมพันธ์โดยใช้ค่าสถิติ Chi-square test สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้ ประมงอาสาส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 92.4 จบการศึกษาในระดับมัธยมปลายมากที่สุดถึงร้อยละ 34.8 ประมงอาสามีรายได้อยู่ในช่วง 50,001-100,000 บาทต่อปี ร้อยละ 36.4 มีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ประมง ร้อยละ 89.4 และเข้ารับการฝึกอบรมด้านประมงถึงร้อยละ 83.3 ประมงอาสามีตำแหน่งทางสังคม คิดเป็นร้อยละ 54.5 สำหรับการมีส่วนร่วมของประมงอาสาที่มีต่องานอนุรักษ์ทรัพยากรประมงในจังหวัดเชียงใหม่ มีดังนี้ 1) ด้านการมีส่วนร่วมในการวางแผนโดยรวมอยู่ในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.44 2) ด้านการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.55 3) ด้านการมีส่วนร่วมในการประเมินผลโดยรวมอยู่ในระดับน้อยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.46 4) ด้านการมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.89 ระดับการศึกษามีผลต่อการมีส่วนร่วมในการวางแผนการอนุรักษ์ทรัพยากรประมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คำสำคัญ: ประมงอาสา การมีส่วนร่วม การอนุรักษ์ทรัพยากรประมง แม่น้ำปิง

Abstract

The objective of this research was to study participation level of the fisheries volunteer for fisheries resources conservation in Ping river, Chiang Mai province. The random samples of 66 people were collected by using questionnaires and evaluated by using SPSS 15.0. The sample group was 92.4 percentages of males. 34.8 percentages graduated high school. Approximately 36.4 percentages of civilian get 50,001-100,000 baht household incomes. 54.5 percentages of interviewers hold social leader status. They usually contact with the civil officers (89.4 percentages) and 83.3 percentages were trained about fisheries. The participation of fisheries volunteers in fisheries resource conservation in Ping river, Chiang Mai were 1) the average participation in planning process was 1.44; 2) the average participation in action was 1.55; 3) the average participation in evaluation practice was 1.46; and 4) the average participation in the benefit gain was 1.89. The levels of education have affected to the participation ($p<0.05$)

Keywords: fisheries volunteer, aquatic resource conservation, community participation, Ping river

คำนำ

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้กำหนดนโยบายให้กรมประมงสร้างเกษตรกรทำหน้าที่เป็นผู้นำท้องถิ่นด้านการประมง ซึ่งในที่นี้เรียกว่า ประมงอาสา โดยมุ่งเน้นให้เกษตรกรมีส่วนร่วมในการกำหนดทิศทางการพัฒนาตนเองและท้องถิ่นตามความต้องการของชุมชน คำนึงถึงศักยภาพของพื้นที่ สนับสนุนให้เกษตรกรมีความเข้มแข็ง โดยกรมประมงลงทุนด้านการให้ความรู้เพื่อพัฒนาทักษะและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการประมง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้านการประมงในชุมชนและผลักดันให้เกิดเครือข่ายเกษตรกรประมง ให้เกิดการพัฒนาการประมงในระดับท้องถิ่นอย่างเป็นรูปธรรม มีความต่อเนื่อง และครอบคลุมทั่วประเทศ สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง (2546) ได้กำหนดบทบาทหน้าที่ของประมงอาสาไว้ 5 ข้อดังนี้

1. สามารถเป็นเกษตรกรตัวอย่าง/เกษตรกรผู้นำด้านการประมงในระดับตำบล/หมู่บ้าน
2. เป็นผู้ประสานงานในแผนงานโครงการและกิจกรรมของกรมประมง
3. เป็นผู้ช่วยเจ้าหน้าที่กรมประมงในการประชาสัมพันธ์/การนัดพบระหว่างเจ้าหน้าที่กรมประมงกับเกษตรกรในพื้นที่รวมทั้งการถ่ายทอดข่าวสารความรู้และเทคโนโลยีเกี่ยวกับการประมง
4. ช่วยสำรวจและบันทึกข้อมูลด้านการประมงในพื้นที่ตามความต้องการของกรมประมง
5. ปฏิบัติงานอื่นๆ ตามที่ได้รับมอบหมายจากเจ้าที่หน้ากรมประมง

ทิศทางในการบริหารจัดการทรัพยากรสัตว์น้ำในแม่น้ำปิงซึ่งอยู่ในภายใต้ความดูแลของกรมประมงมุ่งไปที่การเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น โดยเน้นให้ราษฎรและชุมชนท้องถิ่นได้เข้ามามีส่วนร่วมอย่างใกล้ชิด และปลุกกระแสให้ราษฎรและชุมชนท้องถิ่นรวมทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชนเกิดการตื่นตัวและตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์น้ำในแม่น้ำปิงตามหลักการ

พัฒนาที่ยั่งยืน ประมงอาสาถือว่าเป็นตัวแทนหรือผู้นำที่ทางหน่วยงานกรมประมงได้มีการคัดเลือกและจัดอบรมเพื่อให้เป็นแกนนำของชุมชน เป็นผู้ประสานงานระหว่างหน่วยงานภาครัฐกับชุมชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์น้ำในแม่น้ำปิง ตั้งแต่ปี 2546-2552 สำนักงานประมงจังหวัดเชียงใหม่ มีประมงอาสาจำนวน 6 รุ่น รวมทั้งสิ้น 87 คน โดยมีประมงอาสาที่อยู่ในเขตแม่น้ำปิง จำนวน 66 คน ซึ่งเป็นตัวแทนของกรมประมงในการส่งเสริมด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรประมงในแม่น้ำปิงให้มีความสมบูรณ์และยั่งยืน

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของประมงอาสาที่มีต่องานอนุรักษ์ฯ ในจังหวัดเชียงใหม่ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐาน เศรษฐกิจและสังคมของประมงอาสากับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ฯ และศึกษาถึงสภาพปัญหา ความต้องการของประมงอาสาเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ฯ ในจังหวัดเชียงใหม่ โดยข้อมูลที่ได้จะใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการดำเนินงานให้ประมงอาสาเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ฯ เพิ่มมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้การสัมภาษณ์จากแบบสอบถามเพื่อศึกษาข้อมูลปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยทางเศรษฐกิจ ปัจจัยทางสังคม การมีส่วนร่วมของประมงอาสาในการอนุรักษ์สัตว์น้ำของประมงอาสาในเขตแม่น้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่จำนวน 66 ราย นำข้อมูลที่ได้มาทำการตรวจสอบและประมวลผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 15.0 โดยการแจกแจงความถี่แล้วคำนวณค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ค่าสถิติไคสแควร์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการมีส่วนร่วมของประมงอาสาที่มีต่องานอนุรักษ์ทรัพยากรในแม่น้ำปิงของจังหวัดเชียงใหม่ ได้ผลการศึกษา 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลทางเศรษฐกิจและสังคม

ประมงอาสาผู้ให้ข้อมูล จำนวน 66 ราย เป็นเพศชายร้อยละ 92.4 เพศหญิงร้อยละ 7.6 สมรสแล้วอยู่ด้วยกันร้อยละ 94.7 จบการศึกษาชั้นมัธยมปลายมากที่สุดร้อยละ 34.8 รองลงมาจบชั้นมัธยมต้นร้อยละ 28.8 จบปริญญาตรี ร้อยละ 10.6 มีแรงงานในครอบครัว 1-3 คน ร้อยละ 50.9 มากกว่า 3 คน ร้อยละ 49.1 รายได้ของครอบครัวส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 50,001-100,000 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 36.4 รองลงมาอยู่ในช่วง 150,001-200,000 บาทต่อปี ร้อยละ 16.7 ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ร้อยละ 72.7 มีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ประมง ร้อยละ 89.4 เคยเข้ารับการฝึกอบรมอื่นนอกจากการฝึกอบรมประมงอาสา ร้อยละ 83.3 ประมงอาสาส่วนใหญ่มีตำแหน่งทางสังคมคิดเป็นร้อยละ 53.0 ส่วนการยอมรับจากคู่ครองนั้น ร้อยละ 65.2 คู่ครองให้การสนับสนุน ระดับความรู้ในการอนุรักษ์ทรัพยากรประมงอาสา ร้อยละ 52.6 อยู่ในระดับปานกลาง (Table 1)

Table 1 Basic personal economy and social

Factor		Number	Percent
Sex	male	61	92.4
	female	5	7.6
Age	≤ 40 year	11	16.7
	41-50 year	32	48.5
	> 50 year	23	34.8
Status	marriage together	59	89.3
	marriage separated	2	3.0
	single	5	7.5
Education	primary	16	24.4
	lower secondary school	19	28.7
	high school	23	34.8
	diploma	1	1.5
	bachelor	7	10.6
Number of workers in household	≤ 3 people	35	53.1
	≥3 people	31	46.9
Income	<500,000 baht/year	9	13.6
	50,001-100,000 baht/year	24	36.4
	100,001-150,000 baht/year	9	13.6
	150,001-200,000 baht/year	11	16.7
	200,001-250,000 baht/year	9	13.6
	> 250,001 baht/year	4	6.1
Career	agriculture	48	72.8
	trade	9	13.6
	employee	9	13.6
Contact officer	ever	59	89.4
	never	7	10.6
Training other than fishing volunteers	ever	55	83.3
	never	11	16.7
Social status	yes	36	54.5
	no	30	45.5
Acceptance of partner	support	43	65.2
	no comments	22	33.3
	impenetrable	1	1.5

<u>ตอนที่ 2</u> ข้อมูลการมีส่วนร่วมของประมงอาสาที่มีต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรประมง

การจำแนกระดับการมีส่วนร่วมของประมงอาสาที่มีต่องานอนุรักษ์ฯ ในแม่น้ำปิงของจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งศึกษาถึงการมีส่วนร่วมใน 4 เรื่อง คือ การวางแผน การปฏิบัติงาน การประเมินผล และการรับผลประโยชน์ โดยเกณฑ์ระดับการตีความค่าน้ำหนักเฉลี่ยคำตอบของตัวแปร ดังนี้

คะแนน	การตีความ	ค่าเฉลี่ย
3	มาก	2.26 - 3.00
2	ปานกลาง	1.51 - 2.25
1	น้อย	0.76 - 1.50
0	ไม่มีส่วนร่วม	0.00 - 0.75

2.1 การมีส่วนร่วมในการวางแผน

ประมงอาสามีส่วนร่วมในการวางแผนอนุรักษ์ฯ ในพื้นที่การกำหนดเขตอนุรักษ์ฯมีส่วนร่วมในระดับปานกลาง คือ การปล่อยพันธุ์สัตว์น้ำ การประชาสัมพันธ์ การดูแลรักษาเขตอนุรักษ์ฯ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรประมง โดยมีคะแนนเท่ากับ 1.52, 1.62, 1.71, 1.71, 1.56 และ 1.62 ตามลำดับ ส่วนเรื่องที่ประมงอาสา มีส่วนร่วมในระดับน้อย คือ การวางแผนแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ของทรัพยากรประมง การกำหนดชนิดพันธุ์สัตว์น้ำที่ปล่อย การจัดหาแหล่งเงินทุน การตรวจตราการกระทำผิด พรบ.ประมง โดยมีคะแนนเท่ากับ 1.50, 0.98, 0.86 และ 1.39 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.44

2.2 การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงาน

ประมงอาสามีส่วนร่วมระดับปานกลางในการเลือกสถานที่อนุรักษ์ฯ การกำหนดและดูแลรักษาเขตอนุรักษ์ฯ การใช้ประโยชน์จากสัตว์น้ำนอกเขตอนุรักษ์ฯ การจัดอบรมทางด้านการอนุรักษ์ฯ แก่ประชาชนทั่วไป การเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ฯ การถ่ายทอดข้อมูล ข่าวสารความรู้ทางด้านการอนุรักษ์ฯ โดยมีคะแนนเท่ากับ 1.77, 1.80, 1.92, 2.02, 1.58, 1.77 และ 1.74 ตามลำดับ ส่วนเรื่องที่ประมงอาสามีส่วนร่วมน้อย คือ การจัดหาชนิดและคัดเลือกพันธุ์สัตว์น้ำที่นำมาปล่อย การให้คำแนะนำ ปรึกษา แก้ไขปัญหาในการอนุรักษ์ฯ การตรวจตราผู้กระทำผิด พรบ.ประมง การจัดหาแหล่งเงินทุน โดยมีคะแนนเท่ากับ 1.03, 1.64, 1.00 และ 0.82 ตามลำดับ

2.3 การมีส่วนร่วมในการประเมินผล

ประมงอาสามีส่วนร่วมระดับปานกลางในการเสนอปัญหาจากการดำเนินการด้านอนุรักษ์ฯ และการเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาจากการดำเนินงานด้านการอนุรักษ์ฯ โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.65 และ1.68 ประมงอาสามีส่วนร่วมน้อยในการติดตามความก้าวหน้าของการดำเนินงานด้านการอนุรักษ์ฯ การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นหลังการประเมินผลโครงการส่งเสริมด้านการอนุรักษ์ฯ และการกำหนดแนวทางในการประเมินผลโครงการอนุรักษ์ฯ โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.47, 1.20 และ 1.30

2.4 การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์

ประมงอาสามีส่วนร่วมระดับปานกลางในการรับความรู้ด้านการประมงใหม่ๆ จากการฝึกอบรม ทัศนศึกษาดูงาน การได้รับความสะดวกจากหน่วยงานกรมประมง การได้รับแจกพันธุ์สัตว์น้ำ การได้รับสิทธิพิเศษ การบริโภคสัตว์น้ำในชุมชน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.24, 2.23, 2.05, 1.67 และ 2.09 ประมงอาสามีส่วนร่วมน้อยในการได้รับเงินค่าตอบแทนประมงอาสา(ค่าเบี้ยเลี้ยงจัดประชุม) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.08 คะแนน

ตอนที่ 3 ข้อมูลความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ กับการมีส่วนร่วม

ปัจจัยส่วนบุคคล ด้านเพศ อายุ อาชีพ รายได้ ของประมงอาสาไม่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการวางแผนงานอนุรักษ์ฯ การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานอนุรักษ์ฯ การมีส่วนร่วมในการประเมินผลการอนุรักษ์ฯ และการมีส่วนร่วมรับประโยชน์จากการอนุรักษ์ฯ ในจังหวัดเชียงใหม่ แต่พบว่าปัจจัยด้านการศึกษามีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมของประมงอาสาในทุกด้าน (Table 2) สรีรัตน์ (2546) รายงานว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีการศึกษาสูงจะมีระดับการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรชายฝั่งสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีการศึกษาต่ำ Dungumaro and Madulu (2003) กล่าวว่า ประสบการณ์และความรู้ของคนในพื้นที่แม้ว่าจะขาดการอธิบายทางวิทยาศาสตร์แต่เป็นสิ่งสำคัญในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในท้องถิ่นนั้นๆ

Table 2 The relationship of various factors on the participation of volunteers in fisheries conservation fishing

Factor	Participation in planning	Participation in practice	Participation in estimate	Participation in benefit
Sex	ns	ns	ns	ns
Age	ns	ns	ns	ns
Education	- released fish (sig=.001)	- conservation area (sig=.025)	- estimate (sig=.027)	- facilities from officer (sig=.024)
	- publicize (sig=.002)	- survey crime fishing (sig=.034)	- problem (sig=.030)	- to give fry (sig=.004)
	- troubleshooting fishing situation (sig=.001)	- capital source (sig=.003)	- problem solution (sig=.001)	- compensation (sig=.003)
	- conservation area (sig=.019)	- benefit conservation area (sig=.002)	- problem solution after estimate (sig=.010)	- privileges (sig=.037)
	- policing crime fishing (sig=.001)	- training in conservation (sig=.004)		- fish consumption in the community (sig=.003)
	- benefit (sig=.002)			
career	ns	ns	ns	ns
revenue	ns	ns	ns	ns

<u>ตอนที่ 4</u> ปัญหา ความต้องการ และข้อเสนอแนะของประมงอาสา

ความไม่เข้าใจในภาษาและวัฒนธรรมท้องถิ่นของเจ้าหน้าที่ประมง ทำให้การชักชวนประมงอาสาเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรประมงทำได้ยาก การที่ไม่มีงบประมาณในการร่วมดำเนินกิจกรรมอนุรักษ์ทรัพยากรประมงเป็นอีกปัญหาหนึ่งสำหรับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ เกษตร และคณะ (2552) กล่าวว่า ปัญหาของการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรประมงของแม่น้ำปิง คือ แม่น้ำปิงใช้เป็นเขตในการแบ่งพื้นที่จังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ ซึ่งการจัดตั้งเขตอนุรักษ์ทรัพยากรประมงทั้งสองฝั่งลำน้ำไม่ตรงกัน ทำให้การบริหารจัดการทำได้ยาก ปัญหาด้านข้อมูลข่าวสารที่แตกต่างกันเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการยุ่งยากในการบริหารทรัพยากรประมง Berghöfer *et al.* (2008) กล่าวว่า นอกจากความรู้ด้านทรัพยากรประมงแล้ว ข้อมูลด้านพื้นที่แหล่งที่อยู่อาศัย การสัญจรทางน้ำ ทิศทางลมก็มีส่วนเกี่ยวข้องในการบริหารจัดการทรัพยากรประมง โดยเฉพาะในบริเวณแม่น้ำปิง ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง การดูดทราย ปัญหาน้ำทิ้งจากชุมชน โรงงานและกิจกรรมการเกษตร สภาวะโลกร้อนและความแปรปรวนของดินฟ้าอากาศก็จะต้องนำมาใช้เป็นข้อมูลในการบริหารจัดการด้วย

ดังนั้นการเข้าใจถึงความต้องการของประมงอาสาทำให้ทราบแนวทางในการเพิ่มระดับการมีส่วนร่วมของประมงอาสา จากการสำรวจครั้งนี้ พบว่า ประมงอาสาต้องการทัศนศึกษาดูงานพื้นที่อนุรักษ์ฯ ที่ประสบความสำเร็จ และต้องการค่าตอบแทนในการปฏิบัติงาน รวมทั้งค่าน้ำมันในการเดินทาง ควรมีการคัดเลือกประมงอาสาดีเด่นประจำทุกปีภายในจังหวัด เพื่อจะได้เป็นแบบอย่างให้ผู้อื่นปฏิบัติตาม การพบปะระหว่างเจ้าหน้าที่ประมงกับประมงอาสา อย่างน้อยเดือนละ 2 ครั้ง จะช่วยให้มีการติดตามงานอย่างต่อเนื่อง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าระดับการมีส่วนร่วมในการวางแผนของประมงอาสาที่มีต่องานอนุรักษ์ทรัพยากรประมงในจังหวัดเชียงใหม่โดยรวมอยู่ในระดับน้อย โดยมีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 1.44 การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานของประมงอาสาที่มีต่องานอนุรักษ์ทรัพยากรประมงในจังหวัดเชียงใหม่อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 1.55 การมีส่วนร่วมในการประเมินผลของประมงอาสาที่มีต่องานอนุรักษ์ทรัพยากรประมงในจังหวัดเชียงใหม่อยู่ในระดับน้อย โดยมีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 1.46 การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ของประมงอาสาที่มีต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรประมงในจังหวัดเชียงใหม่อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 1.89 และปัจจัยด้านการศึกษามีผลต่อการมีส่วนร่วมในด้านการวางแผน ด้านการปฏิบัติงาน ด้านการประเมินผลและด้านการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรประมง มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมของประมงอาสาที่มีต่องานอนุรักษ์ทรัพยากรประมงในแม่น้ำปิงจังหวัดเชียงใหม่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารอ้างอิง

เกษตร กันธิยะวงค์ ประจวบ ฉายบุ ชนกันต์ จิตมนัส. 2552. ชุมชนกับการจัดการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์น้ำ: แนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์น้ำในแม่น้ำปิงของจังหวัดเชียงใหม่. **แม่โจ้ปริทัศน์.** 10(4): 50-54.

เฉลิมศรี อรรจนกุล. 2538. **ความรู้ ทัศนคติ และแนวปฏิบัติของชาวประมงในทะเลสาบสงขลา: กรณีศึกษา ชาวประมงขนาดเล็ก ตำบลคูขุด อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยมหิดล: กรุงเทพฯ.

นาถ พันธุมนาวิน. 2540. **หลักและวิธีการส่งเสริมการประมง**. เอกสารประกอบการฝึกอบรมลูกจ้างชั่วคราว ฝ่ายพัฒนาประมงแผนเร่งรัดมั่นคงและพระราชดำริ กองวิศวกรรมประมง กรมประมง, กรุงเทพฯ. 43 น.

บารมี ขุนนิรงค์. 2541. **การมีส่วนร่วมของประชาชนในโครงการประมงหมู่บ้าน อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

พัชรินทร์ ยาระนะ. 2537. **ทัศนคติของเกษตรกรชาวเขาต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้: กรณีศึกษาดอยภูคา อำเภอปัว จังหวัดน่าน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาส่งเสริมการเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

ไพบูลย์ สุทธสุภา. 2542. **ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในโครงการส่งเสริมการเกษตรบนที่สูงของเกษตรกรชาวเขาเผ่ามูเซอ อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย**. รายงานผลการวิจัย. ภาควิชาส่งเสริมการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่. 53 น.

ไพรัตน์ เดชะรินทร์. 2527. **กลวิธี แนวทาง วิธีการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในงานพัฒนาชุมชน: การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนา**. ศักดิ์โสภาการพิมพ์, กรุงเทพฯ. น 6-7.

โยธิน เทอดวงค์วรกุล. 2544. **การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการทำนบปลาประจำหมู่บ้านในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

สถาบันดำรงราชานุภาพ. 2542. **คู่มือการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างผสมผสานในพื้นที่ระดับตำบล**. รายงานวิจัย กลุ่มงานพัฒนายุทธศาสตร์มหาดไทย, สำนักงานปลัดกระทรวง มหาดไทย: กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ พิริยโยธา. 2542. **ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการจัดการป่าชายเลนชุมชนบางเตย อำเภอเมือง จังหวัดพังงา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง. 2546. **โครงการประมงอาสา**. กรมประมง, โรงพิมพ์ดอกเบี้ย: กรุงเทพฯ. 131 น.

สรีรัตน์ เตชรัตน์. 2546. **การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการทรัพยากรชายฝั่งพื้นที่ปากแม่น้ำเวฬุ จังหวัดจันทบุรีและตราด**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการประมง). 141 น.

สุพล จิตราพงษ์. 2544. **การมีส่วนร่วมของผู้ที่เกี่ยวข้องในกิจกรรมประมงโรงเรียนของโครงการพัฒนาประมงในหมู่บ้านป้องกันตนเองชายแดน: กรณีศึกษาจังหวัดอุบลราชธานี**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2544. กองส่งเสริมการประมง, กรมประมง: กรุงเทพฯ. 85 น.

สุวรรณี คงทอง. 2536. **การมีส่วนร่วมของประชาขนในการอนุรักษ์ป่าชายเลนชุมชนในท้องที่อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

อุบลพงศ์ วัฒนเสรี. 2537. **การศึกษาเพื่อให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการจัดการสิ่งแวดล้อม**. เอกสารประกอบการสัมมนาการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม: กรุงเทพฯ.

Berghöfer, A., H. Wittmer and F. Rauschmayer. 2008. Stakeholder participation in ecosystem-based approaches to fisheries management: A synthesis from European research projects. **Marine Policy.** 32: 243-253.

Dungumaro, E.W. and N.F. Madulu**.** 2003**.** Public participation in integrated water resources management: the case of Tanzania. **Physics and Chemistry of the Earth**. 28: 1009-1014.

Nasuchon, N. and A. Charles. 2010. Community involvement in fisheries management: Experiences in the Gulf of Thailand countries. **Marine Policy.** 34: 163-169.

สาขาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี

การพัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอสำหรับความต้านทานโรคไหม้ในข้าวไทย

Development of DNA Marker Involved in Blast Resistance for Thai Rice

แสงทอง พงษ์เจริญกิต* วราภรณ์ แสงทอง สายนที คำบุญสูง และอภิศักดิ์ หลักฐาน

Saengtong Pongjaroenkit*, Varaporn Sangtong, Sainathee Khumboonsung and Apisak Luckthan

หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: saengton@mju.ac.th

บทคัดย่อ

โรคไหม้ (blast) เป็นโรคที่สำคัญของข้าว โดยในข้าวพันธุ์ต้านทานโรคไหม้จะมียีนต้านทาน (ยีน *Pi*) ซึ่งยีน *Pi-k*^{h} เป็นหนึ่งในยีน *Pi* ที่พบในข้าวพันธุ์ต้านทานโรคไหม้ ในการวิจัยนี้ จึงศึกษาความหลากหลายของยีน *Pi-k*^{h} ของข้าวไทยด้วยเทคนิค polymerase chain reaction (PCR) จากจีโนมของข้าวจำนวน 29 พันธุ์ พบยีน *Pi-k*^{h} จำนวน 3 ขนาด คือ ประมาณ 900, 950 และ 1,100 คู่เบส โดยคาดว่ายีน *Pi-k*^{h} ขนาด 900 คู่เบส จะเป็นยีนที่ทำให้ต้านทานต่อโรคไหม้ และจากการเปรียบเทียบลำดับเบส ยีน *Pi-k*^{h} ทั้ง 3 ขนาด พบการแทรกของชิ้นดีเอ็นเอขนาด 37 คู่เบส ในยีน *Pi-k*^{h} ขนาด 950 คู่เบส และการแทรกของชิ้นดีเอ็นเอขนาด 37 และ 162 คู่เบสในยีน *Pi-k*^{h} ขนาด 1,100 คู่เบส นอกจากนั้น การทดสอบไพรเมอร์ Pi-k^{h}F และ Pi-k^{h}R พบว่า สามารถใช้เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอในการคัดเลือกยีน *Pi-k*^{h} ขนาด 900 คู่เบส จากยีน *Pi-k*^{h} ขนาด 1,100 คู่เบสได้ ดังนั้นสามารถนำข้อมูลความหลากหลายของยีน *Pi-k*^{h} ของข้าวไทยและไพรเมอร์ไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้ต้านทานต่อโรคไหม้ด้วยเครื่องหมายโมเลกุลต่อไป

คำสำคัญ: โรคไหม้ ความต้านทาน ยีน *Pi-k*^{h} เครื่องหมายดีเอ็นเอ

Abstract

Blast is an important rice disease. Blast resistance genes (*Pi* genes) have been reported such as *Pi-1 (t)*, *Pi-2 (t)*, ***Pi-ta*** Pi-1 and *Pi-k*^{h}. In this study, the *Pi-k*^{h} gene was amplified from 29 rice varieties by polymerase chain reaction (PCR). The result showed 3 forms of *Pi-k*^{h} gene which are 900, 950 and 1,100 bp respectively. The resistance information suggested the 900 bp form of *Pi-k*^{h} gene may play a role in blast resistance. Sequence comparison revealed the insertion of 37 bp in 950 bp form and the insertion of 37 and 162 bp in 1,100 bp form of *Pi-k*^{h}. Moreover, the Pi-k^{h}F and Pi-k^{h}R primers were tested as DNA markers. The result showed that these primers could be used to separate 900 bp from 1,100 bp form of *Pi-k*^{h}. Therefore, the diversity of *Pi-k*^{h} gene from Thai rice and primers (Pi-k^{h}F and Pi-k^{h}R) from this study will be useful for rice breeding program.

Keywords: blast, resistance, *Pi-k*^{h} gene, DNA marker

คำนำ

ข้าวเป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจไทย เนื่องจากเป็นอาหารหลักและเป็นสินค้าส่งออกที่สามารถนำรายได้ให้กับประเทศ แต่ในปัจจุบันการผลิตข้าวต้องประสบกับปัญหาต่างๆ เช่น ภัยธรรมชาติ ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ ความไม่เหมาะสมของพื้นที่ และปัญหาด้านโรคและแมลง โดยโรคไหม้ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สร้างความเสียหายให้กับผลผลิตข้าว ซึ่งโรคไหม้ (blast) เกิดจากเชื้อรา *Pyricularia oryzae* (anamorph; *Magnaporthe grisea*) สามารถทำลายข้าวได้ทุกระยะ ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว โรคไหม้จะเกิดขึ้นและแพร่ระบาดได้รุนแรง ถ้ามีสภาพแวดล้อมเหมาะสม ซึ่งวิธีป้องกันและกำจัด คือ การใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราคลุกเมล็ดพันธุ์ พ่นสารป้องกันและกำจัดเชื้อรา หรือปลูกข้าวที่มีความความต้านทานต่อโรคไหม้ ทำให้การปลูกข้าวที่ไม่มีความต้านทานแต่เป็นที่ต้องการของตลาดสูงลดลง จึงมีการปรับปรุงพันธุ์ให้ข้าวพันธุ์ดังกล่าวต้านทานต่อโรคไหม้ ทำให้มีการศึกษาและพัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่ช่วยในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มียีนต้านทานโรคไหม้ โดยการวิจัยนี้จะศึกษายีน *Pi-k*^{h} จากข้าวพันธุ์ Tetep (อินดิกา) ที่ทำให้ข้าวดังกล่าวต้านทานต่อโรคไหม้ (Sharma *et al.*, 2005) โดยจะศึกษาถึงความหลากหลายของยีน *Pi-k*^{h} ในข้าวไทย และการทดสอบไพรเมอร์ Pi-k^{h}F/R ในการแยกขนาดของยีน *Pi-k*^{h} จากข้าวลูกผสมชั่วแรก (F_1) ระหว่าง กข 6 และน้ำรู เนื่องจากไพรเมอร์ที่ใช้เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอจะต้องสามารถแยกความแตกต่างของยีนแต่ละขนาดได้ ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลความหลากหลายของยีน *Pi-k*^{h} ในการพัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ในข้าวไทยพันธุ์อื่น ส่วนไพรเมอร์ที่ทดสอบได้จะใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว กข 6 หรือขาวดอกมะลิ 105 ให้มีความต้านทานต่อโรคไหม้ เช่นเดียวกับข้าวพันธุ์น้ำรู เพื่อให้เกษตรกรมีโอกาสปลูกข้าวดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีกำไรจากการทำนาเพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษานี้ ใช้ข้าวจำนวน 29 พันธุ์ ดังนี้ ขาวดอกมะลิ 105, ข้าวหอมแดง, กข 1, กข 6, กข 33, กข 39, แพร่ 1, กข 29 (ชัยนาท 80), ข้าวเจ้าหอมคลองหลวง 1, ปทุมธานี 1, สุพรรณบุรี 60, ข้าวเจ้าหอมพิษณุโลก 1, สันป่าตอง 1, เจ๊กเชยเสาไห้ (เจ๊กเชย 1), เล็บนกปัตตานี, เหลืองประทิว 123, ปราจีนบุรี 2, นางมล เอส-4, พลายงามปราจีนบุรี, ขาวตาแห้ง 17, สังข์หยดพัทลุง, 65 วัน, อีแล็ป (แม่แลบหนัก), หางยี 71, น้ำรู, เจ้าฮ่อ, บาสมาติ, ไทชุง 65 และนิปปอนบาเล และลูกผสมชั่วแรก (F_1) ระหว่าง กข 6 กับน้ำรู

การสกัดดีเอ็นเอจากใบข้าว

ในการสกัด Genomic DNA จากใบข้าว ใช้ชุด GenElute™ Plant Genomic DNA Miniprep Kit (SIGMA®) โดยตัดใบอ่อนของข้าวตัวอย่างประมาณ 100 มิลลิกรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง นำไปแช่ไนโตรเจนเหลว แล้วบดใบข้าวด้วยลูกปืนให้เป็นผงละเอียด นำลูกปืนออก จากนั้นนำผงใบข้าวมาสกัดดีเอ็นเอตามวิธีการของชุดสกัด วิเคราะห์คุณภาพของดีเอ็นเอที่สกัดได้ด้วย 1% agarose gel electrophoresis ดีเอ็นเอที่สกัดได้จะเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส (°ซ)

การเพิ่มปริมาณยีน *Pi-k^h* ด้วยเทคนิค polymerase chain reaction (PCR)

การทำ PCR จะใช้ Go Taq® Green Master Mix (Promega) ดีเอ็นเอตัวอย่างที่สกัดได้ และไพรเมอร์ Pi-k^{h}F (5'-ATGGCAAAACTTCAAGAGAAAG-3') และ Pi-k^{h}R (5'-ATGGTTCTTTAAAATTG GGGC-3') ด้วยเครื่อง PTC-100 Peltier Thermal Cycler (MJ Research) โดยใช้สภาวะที่อุณหภูมิ 95°ซ 5 นาที จากนั้นเข้าสู่ 95°ซ 45 วินาที 54°ซ 45 วินาที และ 72°ซ 90 วินาที เป็นจำนวน 35 รอบ สุดท้ายอุณหภูมิ 72°ซ 7 นาที วิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากการทำ PCR ด้วย 1% agarose gel electrophoresis จากนั้นเก็บผลผลิต PCR ที่ -20°ซ

การโคลนยีน *Pi-k^h*

สำหรับชิ้นยีน *Pi-k^h* ที่ได้จากการทำ PCR จะทำให้บริสุทธิ์ด้วย PureLink™ Quick Gel Extraction Kit (Invitrogen) แล้วเชื่อมชิ้นยีน *Pi-k^h* ที่แยกบริสุทธิ์ได้ กับดีเอ็นเอพาหะ pGEM®-T Easy โดยชุด pGEM®-T Easy Vectors System I (Promoga) ตามวิธีการของชุดการเชื่อม ถ่ายดีเอ็นเอที่ได้จากการเชื่อมเข้าสู่เซลล์ *Escherichia coli (E. coli*) DH5α ด้วยชุด TransformAid™ Bacterial Transformation Kit (Fermentas) เพาะเลี้ยงเชื้อที่ได้จากการถ่ายดีเอ็นเอบนอาหาร LB ที่มียาปฏิชีวนะแอมพิซิลิน, x-gal และ IPTG บ่มที่ 37°ซ ข้ามคืน จากนั้นคัดเลือกเฉพาะโคโลนีสีขาว ที่เป็นโคโลนีที่มีดีเอ็นเอสายผสม สกัดดีเอ็นเอสายผสมด้วยวิธีการ CTAB Mini Plasmid Preparation และละลายดีเอ็นเอที่สกัดได้ด้วย 5 mM Tris-HCl pH 8.5 ปริมาตร 20-30 ไมโครลิตร (µl) เก็บดีเอ็นเอสายผสมที่สกัดได้ที่ -20°ซ

การหาลำดับเบส และการวิเคราะห์

ดีเอ็นเอสายผสมของยีน *Pi-k^h* จะส่งไปหาลำดับเบสที่บริษัท 1st Base Sequencing (Malaysia) และผลการหาลำดับเบสจะนำไปเปรียบเทียบกับยีน *Pi-k^h* อื่นๆ ด้วยโปรแกรม ClustalX

การทดสอบไพรเมอร์เพื่อใช้เป็นดีเอ็นเอเครื่องหมาย

นำดีเอ็นเอของลูกผสมชั่วแรก (F_1) ระหว่างข้าว กข 6 กับ น้ำรู (Pi-k^{h}กข 6/Pi-k^{h}น้ำรู) มาเพิ่มจำนวนด้วยเทคนิค PCR แล้ววิเคราะห์ด้วย 1% agarose gel electrophoresis เพื่อตรวจสอบว่าจะได้ดีเอ็นเอ 2 ขนาดตามที่คาดหมายหรือไม่

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเพิ่มปริมาณยีน *Pi-k^h* ด้วยเทคนิค PCR

การเพิ่มปริมาณยีน *Pi-k^h* ด้วยเทคนิค PCR เมื่อวิเคราะห์ผลด้วย 1% agarose gel electrophoresis (Figure 1) พบ ยีน *Pi-k^h* มี 3 ขนาด คือ 900, 950 และ 1,100 คู่เบส โดยที่ยีน *Pi-k^h* ขนาด 1,100 คู่เบส ได้จากข้าว 15 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105, ข้าวหอมแดง, กข 1, กข 6, กข 39, เจ๊กเชย 1, เล็บนกปัตตานี, เหลืองประทิว 123, นางมล เอส-4, พลายงามปราจีนบุรี, ขาวตาแห้ง 17, สังข์หยดพัทลุง, ข้าวหอมคลองหลวง 1, สุพรรณบุรี 60 และหางยี 71 ยีน *Pi-k^h* ขนาด 950 คู่เบส ได้จากข้าว 11 พันธุ์ ได้แก่ กข 33,

ปราจีนบุรี 2, แม่แลบหนัก, 65 วัน, ปทุมธานี 1, แพร่ 1, กข 29, ข้าวเจ้าหอมพิษณุโลก 1, สันป่าตอง 1, ไทชุง 65 และนิปปอนบาเล และยีน *Pi-k*^{h} ขนาด 900 คู่เบส ได้จากข้าว 3 พันธุ์ คือ น้ำรู, เจ้าฮ่อ และบาสมาติ

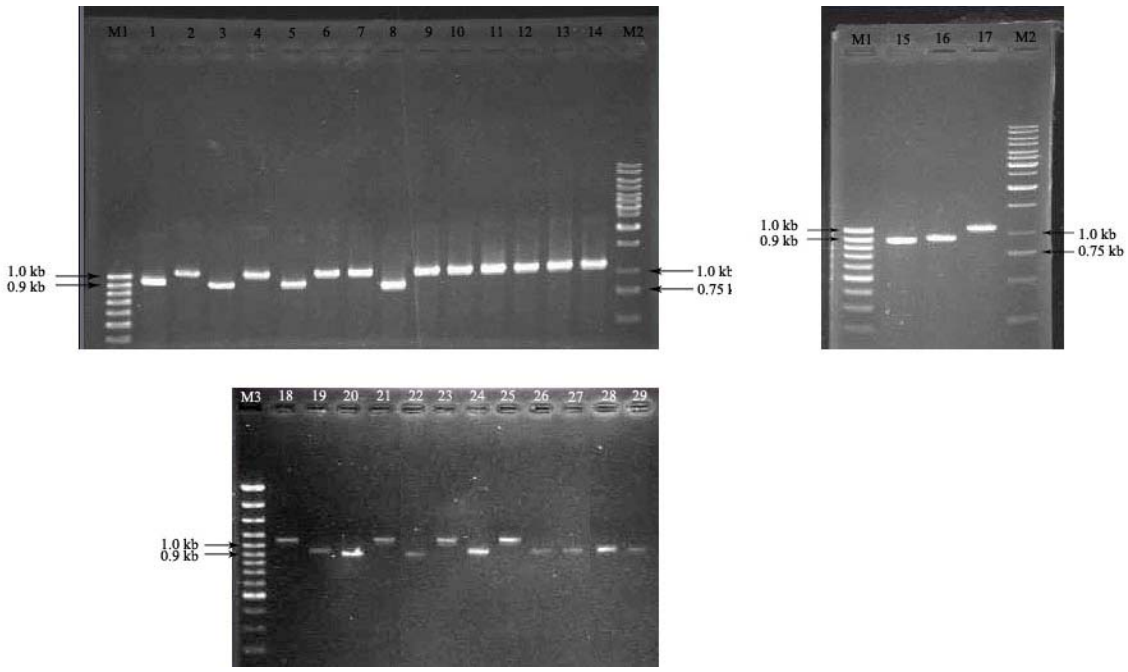


Figure 1 PCR analysis of *Pi-k*^{h} gene from 29 rice varieties. Lanes M1, M2 and M3 are GeneRuler™ 100 bp DNA ladder (Fermentas), GeneRuler™ 1 kb DNA ladder (Fermentas) and GeneRuler™ 100 bp Plus DNA ladder (Fermentas) respectively. Lanes 1-29 are PCR products of *Pi-k*^{h} gene from Nipponbare, RD 39, 65 Day, Nahng Mon S-4, RD 33, Sangyod Phatthalung, Khao Tah Haeng 17, Prachin Buri 2, RD 1, Leb Nok Pattani, Jek Chuey 1, Leuang Pratew 123, Khao Dawk Mali 105, Red Hawm Rice, Basmati, Mae Lab Nhak, Plai Ngahm Prachin Buri, Khao' Jow Hawm Khlong Luang, Pathum Thani 1, Nam Roo, Suphan Buri 60, Jow Haw, RD 6, Phrae 1, Hahng Yi 71, RD 29, Khao' Jow Hawm Phitsanulok 1, Taichung 65 and San-pah-tawng 1, respectively.

การหาลำดับเบสและผลการวิเคราะห์ยีน *Pi-k*^{h}

เลือกยีน *Pi-k*^{h} จากข้าว 7 พันธุ์ คือ น้ำรู, ข้าวหอมคลองหลวง 1, สุพรรณบุรี 60, แม่แลบหนัก, กข 33, บาสมาติ และนิปปอนบาเล ไปทำให้บริสุทธิ์จากเจลและโคลนเข้าดีเอ็นเอพาหะ pGEM®-T Easy แล้ว ถ่ายเข้าสู่ *E. coli* DH5α คัดเลือกดีเอ็นเอสายผสม แล้วส่งไปหาลำดับเบส พบว่า ยีน *Pi-k*^{h} ของข้าวพันธุ์แม่แลบหนัก, กข 33, นิปปอนบาเล, น้ำรู และบาสมาติ มีขนาด 942, 943, 940, 904 และ 904 คู่เบส ตามลำดับ ส่วนยีน *Pi-k*^{h} จากข้าวหอมคลองหลวง 1 และสุพรรณบุรี 60 มีขนาด 1,103 และ 1,104 คู่เบส ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบลำดับเบสของยีน *Pi-k*^{h} จากข้าวทั้ง 7 พันธุ์กับยีนจากฐานข้อมูล คือ ยีน *Pi-k*^{h}

จากข้าว Tetep (AY914077) และยีน *Pi-k*^{h} จากข้าว Peiai (EF532592) (Figure 2) พบว่า ยีน *Pi-k*^{h} ของข้าวน้ำรู และบาสมาติ มีลำดับเหมือนกับยีน *Pi-k*^{h} จากข้าว Tetep ส่วนยีน *Pi-k*^{h} จากข้าวแม่แลบหนัก, กข 33, นิปปอนบาเล มีลำดับเบสเหมือนกับยีน *Pi-k*^{h} จากข้าว Peiai (EF532592) ที่มีลำดับเบสแทรกขนาด 37 คู่เบส เมื่อเทียบกับยีน *Pi-k*^{h} จากข้าว Tetep (AY914077) ส่วนยีน *Pi-k*^{h} จากข้าวหอมคลองหลวง 1 และสุพรรณบุรี 60 มีลำดับเบสแทรก 2 บริเวณ คือ ลำดับเบสแทรกขนาด 37 และ 162 คู่เบสเมื่อเทียบกับยีน *Pi-k*^{h} จากข้าว Tetep (AY914077) จากผลการทดสอบที่พบว่า ข้าวพันธุ์น้ำรูและเจ้าฮ่อสามารถต้านทานต่อโรคไหม้ที่แยกได้ในประเทศไทย (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ส่วนข้าวพันธุ์ Tetep นั้น มีรายงานว่าต้านทานต่อโรคไหม้ในประเทศอินเดีย (Kumar *et al.*, 2007 และ Sharma *et al.*, 2010) ข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า ยีน *Pi-k*^{h} ที่ต้านทานต่อโรคไหม้น่าจะมีขนาด 900 คู่เบส ซึ่งได้แก่ ยีน *Pi-k*^{h} จากข้าวพันธุ์น้ำรู, เจ้าฮ่อ, บาสมาติ และ Tetep ดังนั้น พันธุ์ข้าวไทยที่ควรจะใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวอื่นให้ต้านทานต่อโรคไหม้ คือ พันธุ์น้ำรูและเจ้าฮ่อ ส่วนยีน *Pi-k*^{h} ที่มีขนาดประมาณ 950 และ 1,100 คู่เบส อาจจะเป็นยีนที่ไม่ต้านทานต่อโรคไหม้ ซึ่งจะต้องศึกษาค้นคว้าต่อไป

การทดสอบไพรเมอร์เพื่อใช้เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอ

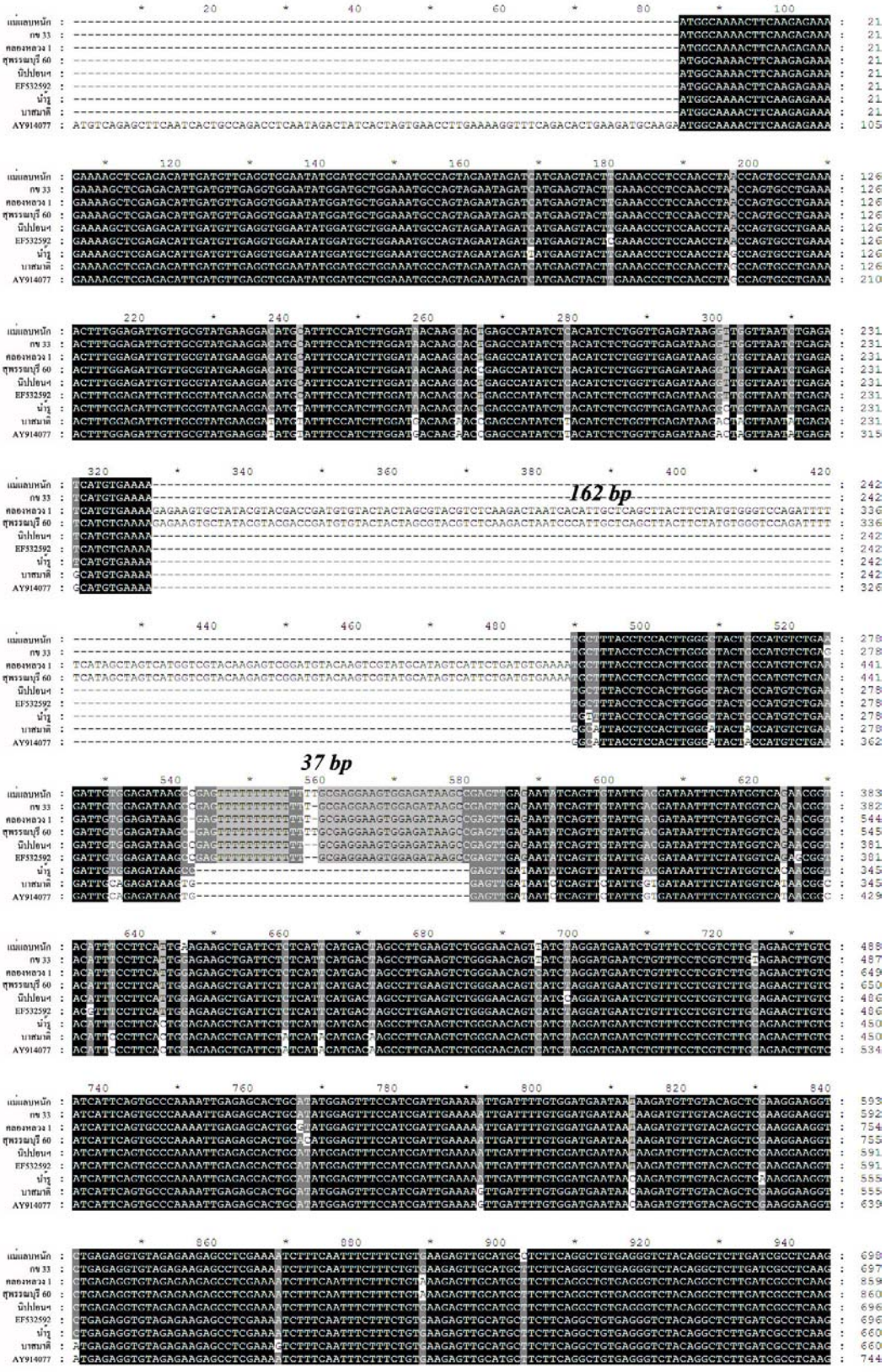
จากผลการทดสอบที่ยีน *Pi-k*^{h} ของข้าวน้ำรู (ต้านทานโรคไหม้) มีขนาด 900 คู่เบส ให้ชื่อว่า Pi-k^{h} น้ำรูและยีน *Pi-k*^{h} จากข้าว กข 6 (ไม่ต้านทานโรคไหม้) มีขนาด 1,100 คู่เบส ให้ชื่อว่า Pi-k^{h}กข 6 ดังนั้น เพื่อทดสอบว่าไพรเมอร์ Pi-k^{h}F และ Pi-k^{h}R จะสามารถแยกความแตกต่างของยีน *Pi-k*^{h} ทั้ง 2 ขนาดได้หรือไม่ จึงได้ทำ PCR โดยใช้ดีเอ็นเอจากข้าวลูก F_1 ระหว่าง กข 6 กับน้ำรู, กข 6 และน้ำรู จาก Figure 3 ที่แสดงให้เห็นว่าไพรเมอร์ Pi-k^{h}F และ Pi-k^{h}R สามารถแยกยีน Pi-k^{h}กข 6 และ Pi-k^{h}น้ำรู จากต้นข้าวที่มีจีโนไทป์เป็นเฮเทอโรไซกัส (heterozygous) (Pi-k^{h}กข 6/Pi-k^{h}น้ำรู) ได้ ทำให้ไพรเมอร์คู่นี้มีประสิทธิภาพในการใช้เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอในการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานต่อโรคไหม้

สรุปผลการวิจัย

1. จากการศึกษาความหลากหลายของยีน *Pi-k*^{h} พบว่า ยีน *Pi-k*^{h} มี 3 ขนาด คือ ประมาณ 900, 950 และ 1,100 คู่เบส โดยยีน *Pi-k*^{h} ที่มีขนาด 900 คู่เบส ได้จากข้าวพันธุ์น้ำรู เจ้าฮ่อ และบาสมาติ ส่วนยีน *Pi-k*^{h} ที่มีขนาด 950 คู่เบส ได้จากข้าว 11 พันธุ์ ดังนี้ กข 33, ปราจีนบุรี 2, แม่แลบหนัก, 65 วัน, ปทุมธานี 1, แพร่ 1, กข 29, ข้าวเจ้าหอมพิษณุโลก 1, สันป่าตอง 1, ไทชุง 65 และนิปปอนบาเล และยีน *Pi-k*^{h} ที่มีขนาด 1,100 คู่เบส ได้จากข้าว 15 พันธุ์ ดังนี้ ขาวดอกมะลิ 105, ข้าวหอมแดง, กข 1, กข 6, กข 39, เจ๊กเชย 1, เล็บนกปัตตานี, เหลืองประทิว 123, นางมล เอส-4, พลายงามปราจีนบุรี, ขาวตาแห้ง 17, สังข์หยดพัทลุง, ข้าวหอมคลองหลวง 1, สุพรรณบุรี 60 และหางยี 71 และจากข้อมูลความต้านทานโรคไหม้ อาจตั้งข้อสังเกตได้ว่า ยีน *Pi-k*^{h} ที่มีขนาด 900 คู่เบส น่าจะเป็นยีนที่ต้านทานต่อโรคไหม้

2. จากการเปรียบเทียบลำดับเบสของยีน *Pi-k*^{h} ทั้ง 3 ขนาด พบการแทรกของชิ้นดีเอ็นเอขนาด 37 คู่เบส ในยีน *Pi-k*^{h} ขนาด 950 คู่เบส และการแทรกของชิ้นดีเอ็นเอขนาด 37 และ 162 คู่เบสในยีน *Pi-k*^{h} ขนาด 1,100 คู่เบส

3. ไพรเมอร์ Pi-k^{h}F และ Pi-k^{h}R สามารถแยกยีน *Pi-k^{h}* ขนาด 900 และ 1,100 คู่เบส ออกจากกันได้ ไพรเมอร์นี้จึงสามารถใช้คัดเลือกต้นข้าวที่มีความต้านทานต่อโรคไหม้ของข้าวได้



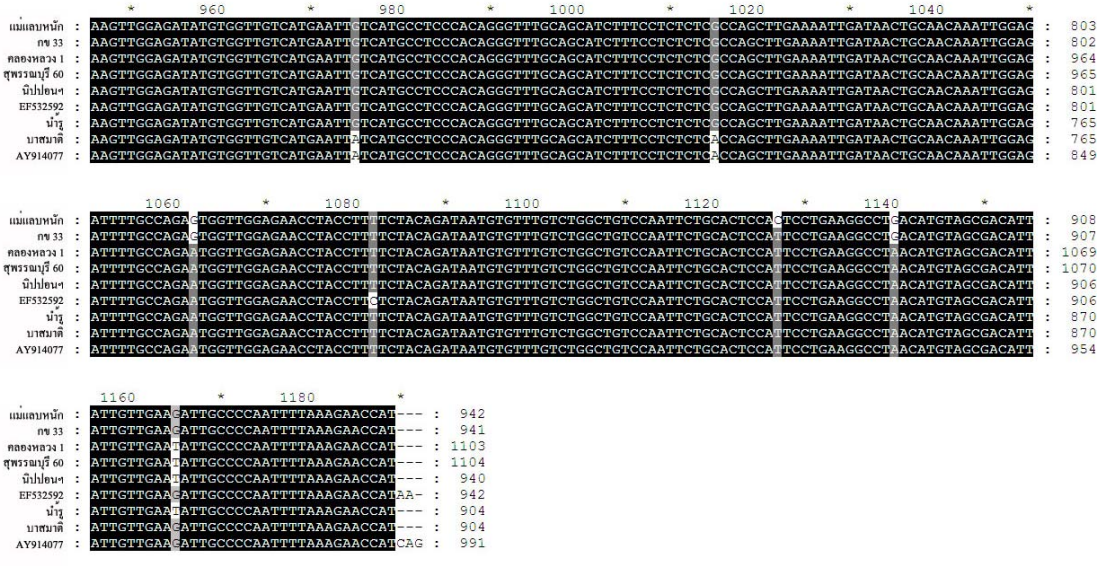


Figure 2 Nucleotide sequence comparison of *Pi-k*^{h} genes from Num Roo, Suphan Buri 60, Mae Lab Nhak, RD 33, Basmati, Nipponbare, Peiai (EF532592) and Tetep (AY914077), using ClustalX. The 162 bp and 37 bp are the insertion regions which are 162 and 37 bp in length, respectively.

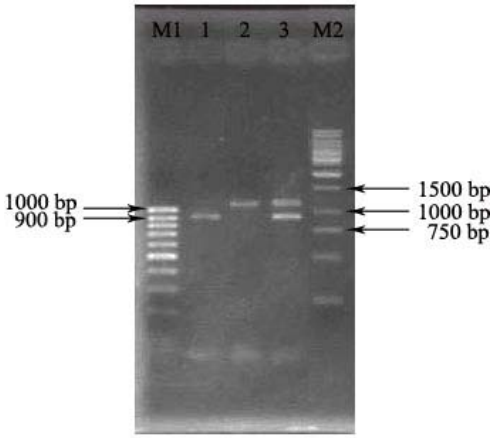


Figure 3 PCR analysis of *Pi-k*^{h} gene from F_1 of Num Roo and RD 6. Lanes M1 and M2 are GeneRuler™ 100 bp DNA ladder (Fermentas) and GeneRuler™ 1 kb DNA ladder (Fermentas). Lanes 1-3 are PCR products of *Pi-k*^{h} gene from Num Roo, RD 6 and F_1 of Num Roo and RD 6, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ผ่านมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปี 2551

เอกสารอ้างอิง

Kumar, S.P., V. Dalai, N.K. Singh and T.R. Sharma. 2007. Comparative analysis of the 100 kb region containing *Pi-k*^{h} locus between indica and japonica rice lines. **Genomics, Proteomics & Bioinformatics**. 5(1): 35-44.

Sharma, T.R., M.S. Madhav, B.K. Singh, P. Shanker, T.K. Jana, V. Dalal, A. Pandit, A. Singh, K. Gaikwad, H.C. Upreti and N.K. Singh. 2005. High-resolution mapping, cloning and molecular characterization of the *Pi-k*^{h} gene of rice, which confers resistance to *Magnaporthe grisea*. **Mol. Genet. Genomics**. 274: 569-578.

Sharma, T.R., A.K. Rai, S. Gupta and N.K. Singh. 2010. Broad-spectrum blast resistance gene *Pi-k*^{h} cloned from rice line Tetep designated as *Pi54*. **J. Plant Biochem. Biotechnol.** 19(1): 87-89.

ผลของความเข้มข้นของอะโกรแบคทีเรียมต่อประสิทธิภาพการถ่ายยีนในใบสบู่ดำ

Effect of *Agrobacterium* Concentrations on Transformation Efficiency of Leaf Explants of *Jatropha curcas*

ชมนาด เจนจิตรศิลป์ ช่อทิพา สกูลสิงหาโรจน์* วารุณี เหิมหาญ วราภรณ์ แสงทอง และนลินี รุ่งเรืองศรี

Chommanard Jangitsilp, Chotipa Sakulsingharoj*, Warunee Hermharn, Varaporn Sangtong and Nalinee Roongruangsree

หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: chotipas@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การปรับปรุงพันธุ์พืชและการศึกษาหน้าที่ของยีนพืชโดยวิธีการถ่ายยีนด้วยอะโกรแบคทีเรียมเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง และสามารถทำได้ในพืชหลายชนิด อย่างไรก็ตามการถ่ายยีนเข้าสู่สบู่ดำโดยอะโกรแบคทีเรียมจำเป็นต้องมีการหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการถ่ายยีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้หาความเข้มข้นของอะโกรแบคทีเรียมที่เหมาะสมเพื่อใช้ถ่ายยีนในใบสบู่ดำพันธุ์เผชิญ โดยใช้ความเข้มข้นของอะโกรแบคทีเรียมสายพันธุ์ LBA4404 ที่มีพลาสมิด pCAMBIA2301 ที่ OD_{600} มีค่า 0.25-1.0 พบว่า ความเข้มข้นของอะโกรแบคทีเรียมที่ OD_{600} ที่เหมาะสมต่อการถ่ายยีน คือ 0.45 เนื่องจากเนื้อเยื่อใบมีเปอร์เซ็นต์การแสดงออกของยีน *gusA* สูง คิดเป็น 69.86 เปอร์เซ็นต์ และมีการรอดของเนื้อเยื่อใบบนอาหารคัดเลือกที่มียาปฏิชีวนะกานามัยซินสูงที่สุด คือ 54.10 เปอร์เซ็นต์ เนื้อเยื่อใบที่ต้านยาปฏิชีวนะสามารถพัฒนาไปเป็นต้นได้ ต้นสบู่ดำที่ได้มีการแสดงออกของยีน *gusA* และเมื่อนำมาตรวจสอบด้วยเทคนิคพีซีอาร์ พบว่า มีการแทรกตัวของยีน *gusA* ในจีโนมสบู่ดำ และจะได้ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Southern blot เพื่อยืนยันผลต่อไป

คำสำคัญ: อะโกรแบคทีเรียม การถ่ายยีน กานามัยซิน ยีน *gus*

Abstract

Agrobacterium-mediated transformation is a highly efficient method for genetic improvement and functional genomics study of many crop plants. However, the optimization of transformation system of *Jatropha curcas* needs to be performed to increase its efficiency. In this study, we determined the effect of *Agrobacterium* concentration, an important factor, on efficiency of transformation into leaf explants of *J. curcas*. *Agrobacterium tumefaciens* strain LBA4404 carrying pCAMBIA2301, at OD_{600} concentrations ranging 0.25-1.0, was used to transform *J. curcas* leaf explants. The results showed that the 0.45 OD_{600} concentration rendered a high transient GUS expression of 69.86% and the highest percentage of kanamycin-resistant explants of 54.10. After 2-3 cycles of selection, the resistant explants developed into transformed plants. PCR analysis of leaf genomic DNA extracted from transformed plants demonstrated the presence of *gusA* gene in one transgenic plant. Further analysis by Southern blot is underway for confirmation of the transgenic *J. curcas* plant.

Keywords: *Agrobacterium tumefaciens*, transformation, kanamycin, *gus* gene

คำนำ

สบู่ดำ (physic nut หรือ purging nut) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Euphobiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha curcas* Linn. เป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดกลาง และอาจมีความสูงกว่า 5 เมตร อายุยืนกว่า 20 ปี เนื้อไม้ไม่มีแก่น ระบบรากเป็นแบบรากแก้ว ผลผลิตที่สำคัญของการปลูกสบู่ดำ คือ เมล็ด ซึ่งมีน้ำมันที่สามารถนำไปแปรรูปเป็น ethyl หรือ methyl ester เพื่อผสมกับน้ำมันดีเซลเป็นไบโอดีเซล หรือใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซลได้ทุกประเภท (ระพีพันธ์ และคณะ, 2525) ในบรรดาพืชพลังงาน สบู่ดำมีคุณสมบัติที่น่าสนใจกว่าพืชอื่นๆ คือ สามารถเจริญได้ในพื้นที่แห้งแล้ง และในดินที่มีธาตุอาหารต่ำ ในประเทศไทยมีการศึกษาเกี่ยวกับสบู่ดำหลายๆ ด้าน เช่น การเพิ่มผลผลิต และการเจริญเติบโต โรคและแมลง การบีบน้ำมันสบู่ดำจากเมล็ด การหาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันสบู่ดำ คุณสมบัติในการทำเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมัน (วราภรณ์ และคณะ, 2550) อย่างไรก็ตามสบู่ดำยังมีข้อเสียอยู่หลายประการ เช่น ผลผลิตที่ได้ต่อไร่ต่ำเมื่อเทียบกับพืชพลังงานชนิดอื่น เช่น ปาล์มน้ำมัน ความเป็นพิษของสบู่ดำ และการสุกของผลสบู่ดำที่ไม่พร้อมกัน (Heller, 1996)

เทคนิคพันธุวิศวกรรม (genetic engineering) เป็นเทคนิคที่ใช้การถ่ายยีนเพื่อปรับปรุงพันธุ์พืชให้เกิดพันธุ์ใหม่ที่มีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ เช่น ทำให้พืชมีผลผลิตที่สูงขึ้น ต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูพืช สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ การใช้เทคนิคพันธุวิศวกรรมมีข้อดีเหนือกว่าการปรับปรุงพันธุ์แบบดั้งเดิม คือ สามารถถ่ายยีนจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เข้าไปในพืชโดยไม่จำเป็นต้องใช้ยีนที่มาจากพืชชนิดเดียวกัน ใช้เวลาสั้นกว่า และได้ลักษณะตามที่ต้องการ การถ่ายยีนโดยใช้อะโกรแบคทีเรียมเป็นวิธีการที่สะดวก ประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงในการถ่ายยีนเข้าสู่พืช แต่อย่างไรก็ตามการถ่ายยีนโดยใช้อะโกร-แบคทีเรียมในสบู่ดำยังจำเป็นต้องมีการหาสภาวะที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายยีน เช่น ความ

เข้มข้นของอะโกรแบคทีเรียม ชนิดเนื้อเยื่อพืชสำหรับการถ่ายยีน การ co-culture ของเนื้อเยื่อพืชร่วมกับอะโกรแบคทีเรียม และการคัดเลือกพืชที่ได้รับยีน เป็นต้น

ดังนั้น งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาหาความเข้มข้นของอะโกรแบคทีเรียมที่เหมาะสมสมต่อการถ่ายยีนในใบสบู่ดำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายยีน และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์สบู่ดำและอะโกรแบคทีเรียม

สบู่ดำพันธุ์เผชิญ (วราภรณ์ และคณะ, 2550) เป็นพันธุ์ที่นำมาใช้สำหรับการถ่ายยีนโดยใช้อะโกรแบคทีเรียมสายพันธุ์ LBA4404 ที่มีพลาสมิด pCAMBIA2301 ซึ่งเป็น binary vector ที่มียีน *nptII* เป็นยีนเครื่องหมายสำหรับการคัดเลือกเนื้อเยื่อพืชที่ได้รับยีน และมียีน *gusA* เป็นยีนรายงานผล

การถ่ายยีนในเนื้อเยื่อใบสบู่ดำ

นำใบสบู่ดำมาล้างและฟอกฆ่าเชื้อ จากนั้นตัดชิ้นส่วนให้มีขนาด 0.5 x 0.5 ซม. แล้วแช่ในสารละลายแขวนลอยอะโกรแบคทีเรียมที่เติมอะซิโตไซริงโกน แล้วซับอะโกรแบคทีเรียมออก ย้ายเนื้อเยื่อลงบนอาหารสูตร MS ที่มีอะซิโตไซริงโกน เลี้ยงในที่มืด เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำเนื้อเยื่อใบมาล้างเพื่อขจัดอะโกร-แบคทีเรียมส่วนเกินออก สุ่มเนื้อเยื่อใบมาทดสอบการแสดงออกของยีน *gusA* โดยวิธี GUS assay โดยแช่ชิ้นส่วนพืชในสารละลาย X-gluc บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ข้ามคืน แล้วแช่ชิ้นส่วนใบใน 95% เอทานอล เพื่อฟอกคลอโรฟิลล์ออก นำเนื้อเยื่อที่ผ่านการล้างย้ายลงบนอาหารที่มียาปฏิชีวนะไทเมนทิน 150 มก./ล. เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นย้ายเนื้อเยื่อลงบนอาหารคัดเลือกที่มียาปฏิชีวนะกานามัยซิน 50 มก./ล. ร่วมกับไทเมนทิน 150 มก./ล. เพาะเลี้ยงในที่มีแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส ย้ายเนื้อเยื่อลงบนอาหารใหม่ทุกๆ 2 สัปดาห์ จนกว่าแคลลัสจะพัฒนาเป็นต้นสบู่ดำ

การวิเคราะห์ต้นสบู่ดำโดยเทคนิคพีซีอาร์

นำต้นสบู่ดำที่ต้านทานต่อยาปฏิชีวนะกานามัยซินมาสกัดจีโนมิกดีเอ็นเอ และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อยีน *gusA* หลังจากนั้นนำผลผลิตของพีซีอาร์มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอะกาโรสเจลอิเล็กโทรฟอริซิส

ผลการวิจัย

การถ่ายยีนในใบสบู่ดำด้วยอะโกรแบคทีเรียมสายพันธุ์ LBA4404 ที่มีพลาสมิด pCAMBIA 2301 โดยใช้ความเข้มข้นของอะโกรแบคทีเรียมที่ OD_{600} เท่ากับ 0.25, 0.35, 0.45, 0.55 และ 1.0 หลังเพาะเลี้ยงบนอาหาร co-culture เป็นเวลา 3 วัน พบว่า เนื้อเยื่อที่ผ่านการถ่ายยีนโดยใช้ค่า OD_{600} เท่ากับ 0.55 และ 1.0 บนเนื้อเยื่อมีการเจริญของอะโกรแบคทีเรียมปริมาณมาก ทำให้เนื้อเยื่อใบมีลักษณะช้ำเป็นสีน้ำตาล และ

เนื้อเยื่อใบบางชิ้นก็ตาย (Figure 1) ดังนั้น ค่า OD_{600} ที่ไม่ทำให้เนื้อเยื่อช้ำมากเกินไปคือ OD_{600} ตั้งแต่ 0.25-0.45

จากนั้นนำเนื้อเยื่อใบที่ผ่านการ co-culture 3 วัน มาทดสอบประสิทธิภาพในการถ่ายยีนด้วยเทคนิค GUS assay พบว่า เนื้อเยื่อใบมีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีฟ้า เพิ่มสูงขึ้นตามค่า OD_{600} ที่สูงขึ้น โดยที่ OD_{600} มีค่า 0.25, 0.35 และ 0.45 ให้เปอร์เซ็นต์ของชิ้นส่วนที่เกิดสีฟ้า คิดเป็น 47.14, 65.71 และ 69.86 ตามลำดับ โดยให้การเกิดสีฟ้ามากถึง 78.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ OD_{600} เท่ากับ 0.55 แต่เมื่อเพิ่มค่า OD_{600} เป็น 1.0 พบว่าการเกิดสีฟ้าลดลงเหลือ 71.05 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) โดยลักษณะเนื้อเยื่อใบสบู่ดำส่วนใหญ่เกิดสีฟ้าที่บริเวณรอบขอบใบ และมีลักษณะเป็นปื้นสีฟ้าสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าอย่างชัดเจน (Figure 2) แสดงว่า การถ่ายยีนเข้าสู่ใบสบู่ดำมีประสิทธิภาพดี เนื่องจากพบการแสดงออกของยีน *gus* แบบชั่วคราว (transient *gus* expression) มีปริมาณสูงในเนื้อเยื่อใบ

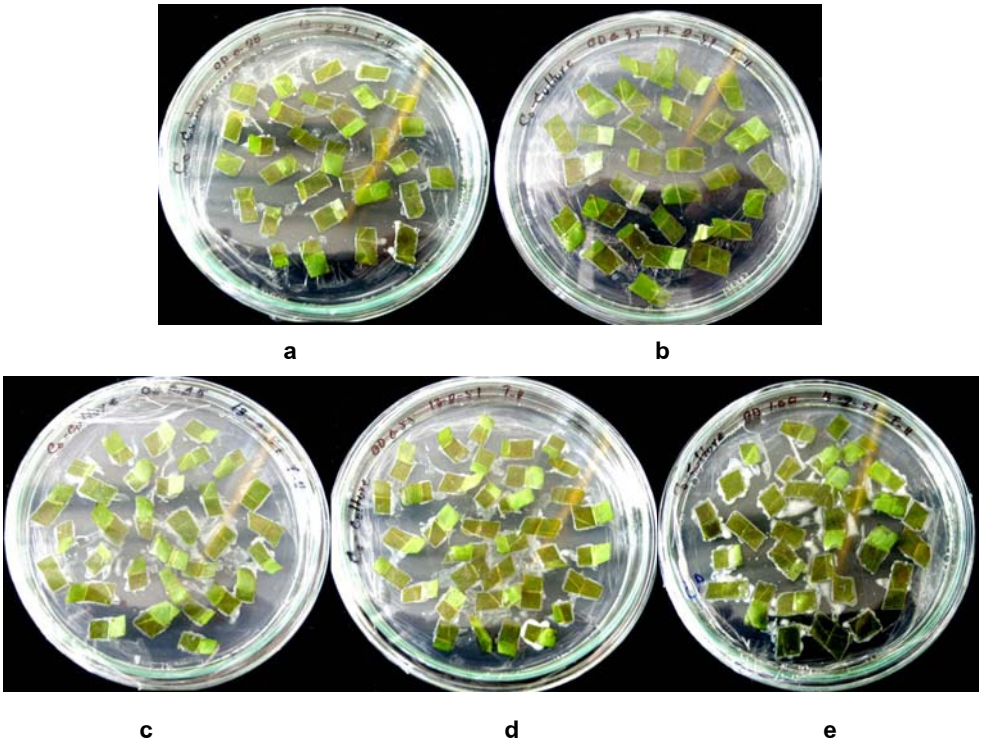
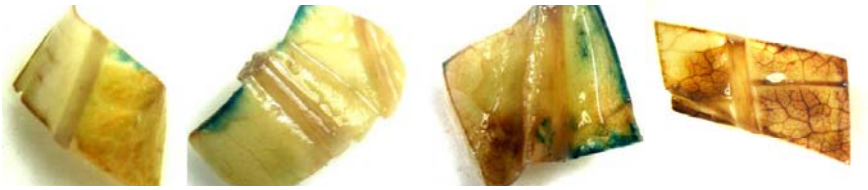


Figure 1 Transformed leaf explants after 3-day co-culture with different concentrations of *Agrobacterium*

a) OD_{600} at 0.25; b) OD_{600} at 0.35; c) OD_{600} at 0.45; d) OD_{600} at 0.55; e) OD_{600} at 1.0

Table 1 Percentage of transformed leaf explants showing transient *gus* expression after 3-day co-culture

Agrobacterium concentrations (OD_{600})	Total number of explants	Number of GUS positive explants	% GUS positive explants
0.25	70	33	47.14
0.35	70	46	65.71
0.45	73	51	69.86
0.55	60	47	78.33
1.00	38	27	71.05



a **b** **c** **d**

Figure 2 Different transient expression levels of *gusA* gene on transformed leaf explants after 3-day co-culture (a-c) and untransformed explant (d)

หลังการเพาะเลี้ยงร่วม นำเนื้อเยื่อใบมาล้างเพื่อขจัดอะโกรแบคทีเรียมส่วนเกินออก และนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การรอดของเนื้อเยื่อใบ พบว่าเนื้อเยื่อใบที่ผ่านการ co-culture ร่วมกับอะโกรแบคทีเรียมที่มีความเข้มข้น 0.25, 0.35 และ 0.45 มีเปอร์เซ็นต์การรอดสูงถึง 93.57, 93.92 และ 92.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ OD_{600} ที่เพิ่มขึ้นเป็น 0.55 และ 1.0 มีเปอร์เซ็นต์การรอดของเนื้อเยื่อใบต่ำคือ 72.86 และ 76.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถึงแม้ว่า OD_{600} เท่ากับ 0.55 จะทำให้ผลของเนื้อเยื่อใบมีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีฟ้ามากที่สุด แต่เนื้อเยื่อช้ำจากอะโกรแบคทีเรียมที่มากเกินไปและเปอร์เซ็นต์การรอดหลัง co-culture ที่ต่ำทำให้ไม่เหมาะสำหรับใช้ในการถ่ายยีนเข้าสู่ใบสบู่ดำ การเลือกใช้ OD_{600} ที่ 0.45 จึงเหมาะสมต่อการถ่ายยีนในสบู่ดำมากกว่า เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การเกิดสีฟ้าของใบสบู่ดำที่สูง รองลงมาคือ 69.86 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์การรอดของเนื้อเยื่อใบหลัง co-culture สูงถึง 92.5 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

จากนั้นย้ายเนื้อเยื่อที่รอดลงบนอาหารพักแล้วเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วย้ายลงบนอาหารคัดเลือกที่มียาปฏิชีวนะกานามัยซินและไทเมนทิน เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า เนื้อเยื่อใบที่ผ่านการถ่ายยีนโดยใช้ความเข้มข้นของเชื้อที่ OD_{600} เท่ากับ 0.45 มีการรอดของเนื้อเยื่อมากที่สุด คิดเป็น 54.10 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 41.67 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ความเข้มข้นของเชื้อที่ OD_{600} เท่ากับ 0.55 ในการถ่ายยีน (Table 2)

Table 2 Percentage of transformed leaf explants surviving on co-culture medium and selection medium

Agrobacterium concentrations (OD_{600})	Total number of leaf explants	Leaf explants surviving on co-culture medium (%)	Leaf explants surviving on selection medium (%)
0.25	90	93.57	24
0.35	120	93.92	39.22
0.45	120	92.5	54.10
0.55	90	72.86	41.67
1.00	90	76.15	39.13

เนื้อเยื่อใบที่รอดตายบนอาหารคัดเลือก สามารถพัฒนาเกิดแคลลัสและยอดบนอาหารที่มียาปฏิชีวนะกานามัยซิน 50 มก./ล. ได้ และสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของอะโกรแบคทีเรียมได้ทั้งหมดด้วยยาปฏิชีวนะไทเมนทิน 150 มก./ล.

จากนั้นนำต้นสบู่ดำที่ต้านทานต่อยาปฏิชีวนะกานามัยซินทั้งหมด 4 ต้น มาสกัดจีโนมมิกดีเอ็นเอ และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคพีซีอาร์โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อยีน *gusA* พบว่า ต้นสบู่ดำ 1 ต้น ให้ผลผลิตของพีซีอาร์ ขนาด 500 คู่เบส (Figure 3) แสดงว่ามียีน *gusA* แทรกอยู่ในจีโนมของสบู่ดำ นอกจากนี้เมื่อนำใบของต้นสบู่ดำมาตรวจด้วยวิธี GUS assay พบว่า มีการแสดงออกของยีน *gus* โดยเกิดเป็นสีฟ้า

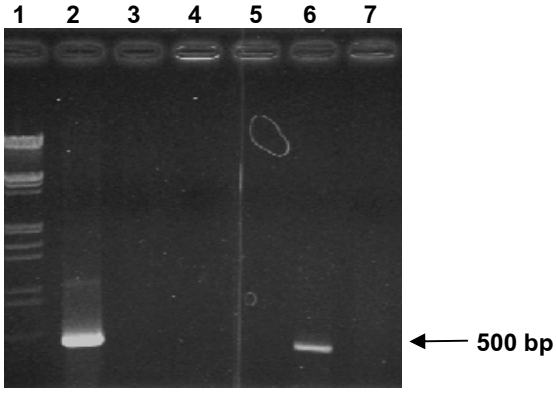


Figure 3 PCR analysis of *Jatropha curcas* transformed plants for the presence of *gusA* gene
Lane 1: Lambda*Hin*dIII/*EcoRI* (Fermentas), lane 2: pCAMBIA2301 (positive control), lane 3: untransformed plants (negative control), lane 4-7: transformed plants

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การทดสอบความเข้มข้นของอะโกรแบคทีเรียม LBA4404 ที่มีพลาสมิด pCAMBIA2301 ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายยีนเข้าสู่เนื้อเยื่อใบสบู่ดำ โดยวิธี GUS assay พบว่า ความเข้มข้นของอะโกรแบคทีเรียม OD_{600} เท่ากับ 0.55 ให้ประสิทธิภาพในการถ่ายยีนมากที่สุดถึง 78.33 เปอร์เซ็นต์ แต่เชื้อมีการเจริญปกคลุมเนื้อเยื่อใบสบู่ดำมากเกินไป ทำให้ใบสบู่ดำมีเปอร์เซ็นต์รอดต่ำที่สุดหลังการ co-culture ดังนั้นความเข้มข้นของอะโกรแบคทีเรียมที่ OD_{600} ที่เหมาะสม คือ 0.45 เนื่องจากเนื้อเยื่อใบมีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีฟ้าที่สูงรองลงมาคือ 69.86 และมีเปอร์เซ็นต์การรอดของเนื้อเยื่อใบหลังการ co-culture สูงถึง 92.5 และเปอร์เซ็นต์การรอดบนอาหารคัดเลือกสูงที่สุด คือ 54.10 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Li *et al*. (2007) ซึ่งได้ถ่ายยีนเข้าสู่ใบเลี้ยงสบู่ดำ โดยใช้อะโกรแบคทีเรียมสายพันธุ์ LBA4404 ที่มีความเข้มข้นของเชื้อที่ OD_{600} อยู่ในช่วง 0.4 - 0.5 ปรากฏว่าเนื้อเยื่อที่ผ่านการถ่ายยีนสามารถต้านทานต่อสารปราบวัชพืชฟอสฟิโนทริซิน (phosphinothricin) ได้ 55 เปอร์เซ็นต์ และสามารถพัฒนาไปเป็นยอดได้ ในขณะที่การถ่ายยีนเข้าสู่ยางพารา ซึ่งเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์เดียวกับสบู่ดำ โดยใช้ความเข้มข้นของอะโกรแบคทีเรียมสายพันธุ์ EHA105 ที่มี พลาสมิด pCAMBIA2301 ที่ OD_{600} มีค่า 0.6 พบว่า เนื้อเยื่อมีการแสดงออกของยีน *gus* ต้านทานต่อยาปฏิชีวนะ และสามารถพัฒนาเกิดเป็นต้นได้ (Blanc *et al.,* 2006; Montoro *et al.*, 2003)

งานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้อะโกรแบคทีเรียมสายพันธุ์ LBA4404 ในการถ่ายยีน และพบว่าเมื่อทดสอบเนื้อเยื่อใบที่ผ่านการถ่ายยีนด้วยวิธี GUS assay เนื้อเยื่อใบมีการแสดงออกของยีน *gus* ได้ แสดงว่าอะโกร-แบคทีเรียมสามารถส่งถ่ายยีนเข้าไปยังเซลล์ของเนื้อเยื่อใบได้ มีรายงานการวิจัยอื่นๆ ที่ได้ศึกษาถึงผลของสายพันธุ์อะโกรแบคทีเรียมต่อการถ่ายยีนในสบู่ดำ Li *et al*. (2007) ได้ใช้อะโกรแบคทีเรียมสายพันธุ์ LBA4404 และ EHA105 ถ่ายยีนเข้าสู่ใบเลี้ยงของสบู่ดำ พบว่า อะโกรแบคทีเรียมสายพันธุ์ LBA4404 มีประสิทธิภาพในการถ่ายยีนได้ดีกว่าสายพันธุ์ EHA105 นอกจากนี้งานวิจัยของ Li *et al*. (2006) ที่ใช้อะโกร-แบคทีเรียมสายพันธุ์ LBA4404 ถ่ายยีนในใบเลี้ยง พบว่า เกิดจุดสีฟ้าบนเนื้อเยื่อที่ผ่านการถ่ายยีนมากถึง 20 จุดต่อชิ้นส่วน ในขณะที่สายพันธุ์ EHA105 เกิดจุดสีฟ้า 10 จุดต่อชิ้นส่วน

การเลือกต้นสบู่ดำที่ต้านยาปฏิชีวนะกานามัยซิน ที่ได้จากการถ่ายยีนมาตรวจสอบด้วยเทคนิค พีซีอาร์จำนวน 4 ต้น พบว่า ได้ต้นสบู่ดำดัดแปลงพันธุกรรมที่มียีน *gusA* จำนวน 1 ต้น โดยในงานวิจัยครั้งนี้ การชักนำให้เกิดต้นสบู่ดำจากเนื้อเยื่อใบที่ผ่านการถ่ายยีน และต้านทานต่อยาปฏิชีวนะกานามัยซินยังคงมีประสิทธิภาพที่ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Li *et al*. (2007) ซึ่งสามารถชักนำให้เกิดต้นสบู่ดำจากแคลลัสของใบเลี้ยงที่ต้านฟอสฟิโนทริซิน ได้มากถึง 33 เปอร์เซ็นต์ และพบว่ามี 13 เปอร์เซ็นต์ที่มียีน *bar* อยู่ในจีโนมพืชเมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ แต่อย่างไรก็ตามการใช้ชิ้นส่วนใบสบู่ดำในการถ่ายยีนมีข้อได้เปรียบคือ สามารถเก็บใบจากต้นสบู่ดำมาใช้เป็นเนื้อเยื่อเริ่มต้นสำหรับการถ่ายยีนได้โดยตรงในปริมาณมาก แต่การใช้ใบเลี้ยง และ hypocotyl ในการถ่ายยีนจะต้องผ่านขั้นตอนการเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอจากเมล็ดสบู่ดำเพื่อให้ได้ต้นอ่อนก่อน นอกจากนี้ เมล็ดสบู่ดำเมื่อเก็บไว้นานจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำลง ทำให้เตรียมเนื้อเยื่อได้น้อย ดังนั้นการใช้เนื้อเยื่อใบสบู่ดำสำหรับการถ่ายยีนจะช่วยให้ลดขั้นตอนและเวลาของการเตรียมเนื้อเยื่อลงได้

ประสิทธิภาพของการถ่ายยีนในสบู่ดำด้วยอะโกรแบคทีเรียม ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สายพันธุ์และความเข้มข้นของอะโกรแบคทีเรียม เนื้อเยื่อเริ่มต้นที่ใช้ในการถ่ายยีน ซึ่งในงานวิจัยนี้การถ่ายยีนในใบสบู่ดำด้วยอะโกรแบคทีเรียมสายพันธุ์ LBA4404 ที่ความเข้มข้นของ OD_{600} ที่ 0.45 ให้ประสิทธิภาพในการถ่ายยีนดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามยังต้องมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อพัฒนาการถ่ายยีนในสบู่ดำโดยการใช้อะโกรแบคทีเรียมให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับ นางสาวชมนาด เจนจิตรศิลป์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ

เอกสารอ้างอิง

วราภรณ์ แสงทอง นภดล หอมหวาน ชำนาญ ฉัตรแก้ว ทุเรียน ทาเจริญ ศุภางค์ ทิพย์พิทักษ์ และดนุวัต เพ็งอ้น. ผลผลิตในปีที่ 1-3 ของสบู่ดำจำนวน 5 สายพันธุ์ที่ปลูกด้วยเมล็ด. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 25 (3): 65-73.

ระพีพันธุ์ ภาสบุตร และสุขสันต์ สิทธิผลไพบูลย์. 2525. ผลการวิจัยค้นคว้าการใช้น้ำมันสบู่ดำเป็นพลังงานทดแทนเครื่องยนต์ดีเซล ในการใช้น้ำมันสบู่ดำเดินเครื่องยนต์ดีเซล. กองเกษตรเคมีและกองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 11-42.

Blanc, G., C. Baptiste, G. Oliver, F. Martin and P. Montoro. 2006. Efficient *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of embryogenic calli and regeneration of *Hevea brasiliensis* Mull Arg. plants. **Plant Cell Rep.** 24: 724–733.

Heller, J. 1996. Physic nut. *Jatropha curcus* L. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. 1. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 66 pages.

Li, M.R., H.Q. Li and H. Jiang. 2007. Establishment of an *Agrobacterium*-mediated cotyledon disc transformation method for *Jatropha curcas*. **Plant Cell Tiss. Organ Cult.** 92:173-181.

Li, M.R., H.Q. Li and G.J. Wu. 2006. Study on factor influencing *Agrobacterium*-mediated transformation of *Jatropha curcas*. **J. Mol. Cell Bio.** 39:83-87.

Montoro, P., W. Rattana, V. Pujade-Renaud, N. Michaux-Ferrire, Y. Monkolsook, R. Kanthapura and S. Adunsadthapong. 2003. Production of *Hevea brasiliensis* transgenic embryogenic callus lines by *Agrobacterium tumefaciens*: roles of calcium. **Plant Cell Rep.** 21:1095–1102.

ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของส่วนสกัดจากพืชในวงศ์ขิงข่า ต่อ *Staphylococcus aureus* สายพันธุ์ที่ดื้อต่อยาและสายพันธุ์ที่ไวต่อยาเมทิซิลลิน

Antibacterial Activity of the Extracts from Zingiberaceae Plants Against Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and Methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus*

ภาวิณี อุ่นกอง[1*] เอกรัฐ ศรีสุข[2] กล่าวขวัญ ศรีสุข[3] และกาญจนา หริ่มเพ็ง[4]

Pawinee Unkong[1*], Ekaruth Srisook[2], Klaokwan Srisook[3] and Karnjana Hrimpeng[4]

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

[3]ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

[4]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

*Corresponding author: pawinee_unkong@hotmail.com

บทคัดย่อ

จากการนำส่วนสกัดย่อยจากเหง้าของกระทือป่า ขิงแม่โขง และว่านริดสีดวง ซึ่งเป็นพืชในวงศ์ขิงข่า จำนวน 9 ตัวอย่าง มาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* จำนวน 43 ไอโซเลท ได้แก่ *S. aureus* ATCC 25923, *S. aureus* ATCC 43300 และ *S. aureus* ที่แยกได้จากสิ่งส่งตรวจของผู้ป่วย จำนวน 41 ไอโซเลท โดยวิธี disc diffusion พบว่า ดิสก์ของส่วนสกัดจากพืชจำนวน 5 ตัวอย่าง ได้แก่ ส่วนสกัดเอทิลอะซิเตทจากกระทือป่า ส่วนสกัดเอทิลอะซิเตทจากขิงแม่โขง ส่วนสกัดเอทิลอะซิเตทจากว่านริดสีดวง ส่วนสกัดเฮกเซนจากขิงแม่โขง และส่วนสกัดเฮกเซนจากว่านริดสีดวง ที่ขนาดบรรจุ 1 มก./ดิสก์ แสดงฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบได้ทุกไอโซเลท โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่บริเวณยับยั้งอยู่ในช่วง 8.67-14.33 มม. 9.67-12.33 มม.10.33-14.00 มม. 9.33-11.67 มม. และ 7.33-8.33 มม. ตามลำดับ ในขณะที่ดิสก์ของส่วนสกัดเฮกเซนจากกระทือป่าแสดงฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียทดสอบได้เพียง 11 ไอโซเลท โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่บริเวณยับยั้งอยู่ในช่วง 7.00-7.33 มม. สำหรับดิสก์ส่วนสกัดน้ำจากพืชทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่แสดงฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียทดสอบ จากการตรวจสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อ (MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ฆ่าเชื้อ (MBC) โดยวิธี modified agar dilution พบว่า ส่วนสกัดเอทิลอะซิเตทจากกระทือป่า ขิงแม่โขง และว่านริดสีดวง มีค่า MIC_{90} เท่ากับ 500, 1000 และ 1000 มค.ก./มล. และมีค่า MBC_{90} เท่ากัน คือ 2000 มค.ก./มล. ตามลำดับ ในขณะที่ส่วนสกัดเฮกเซนและส่วนสกัดน้ำจากพืชทุกตัวอย่างมีค่า MIC_{90} มากกว่า 2000 มค.ก./มล.

คำสำคัญ: *Staphylococcus aureus* กระทือป่า ขิงแม่โขง ว่านริดสีดวง

Abstract

The antibacterial activity of 9 subfraction extracts from the rhizome of three Zingiberaceae plants including *Zingiber thorelii* Gagnep, *Z. mekongenes* Gagnep and *Curcuma* sp. were tested against *S. aureus* ATCC 25923, *S. aureus* ATCC 43300 and 41 clinical isolates of *S. aureus* via disc diffusion method. Among these extracts, the disc impregnated with 1 mg of each extract, three ethyl acetate extracts from *Z. thorelii* Gagnep., *Z. mekongenes* Gagnep. and *Curcuma* sp. as well as two hexane extracts from *Z. thorelii* Gagnep. and *Z. mekongenes* Gagnep., demonstrated the inhibitory effect against all tested microorganisms with the range of inhibition zone of 8.67-14.33 mm, 9.67-12.33 mm, 10.33-14.00 mm, 9.33-11.67 mm and 7.33-8.33 mm, respectively. In addition, the disc impregnated with 1 mg of the hexane extract from *Curcuma* sp. revealed antibacterial activity against 11 isolates of *S. aureus* with the range of inhibition zone diameter of 7.00-7.33 mm. whereas the aqueous extract from all Zingiberaceae species could not inhibited all tested bacteria.

The minimum inhibitory concentration (MIC) and the minimum bactericidal concentration (MBC) of the extracts were tested against all *S. aureus* isolates through modified agar dilution method. The MIC_{90} of the ethyl acetate extract from *Z. thorelii* Gagnep., *Z. mekongenes* Gagnep. and *Curcuma* sp. were 500, 1000 and 1000 µg/ml and the MBC_{90} of those extracts were at the same level of 2000 µg/ml, respectively. Unfortunately, the MIC_{90} of the hexane and aqueous extracts from all plants were more than 2000 µg/ml and 4000 µg/ml, respectively.

Keywords: *Staphylococcus aureus*, *Zingiber thorelii* Gagnep., *Z. mekongenes* Gagnep., *Curcuma* sp.

บทนำ

Staphylococcus aureus เป็นแบคทีเรียก่อโรคติดเชื้อที่ผิวหนังที่พบได้บ่อยและมักเป็นสาเหตุสำคัญของการติดเชื้อในผู้ป่วยที่เข้ารักษาตัวในโรงพยาบาล (nosocomial infection) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *S. aureus* สายพันธุ์ที่ดื้อยาเมทิซิลลิน (Methicillin-resistant *S. aureus*; MRSA) ที่มักจะดื้อต่อยาปฏิชีวนะหลายขนาน ซึ่งพบเป็นปัญหาสาธารณะสุขที่เกิดขึ้นเกือบทุกประเทศทั่วโลกในปัจจุบันเพราะมียาน้อยชนิดที่นำมาใช้ในการรักษาให้ได้ผลดีและยาเหล่านี้ล้วนมีราคาแพง (นงลักษณ์, 2544; นลินี และคณะ, 2540; พรรณพิศ และคณะ, 2549) ทำให้ยากต่อการรักษาและอาจอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต จึงจำเป็นต้องมีการค้นคว้าหายาต้านจุลชีพชนิดใหม่ๆ เพื่อใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อนี้ พืชที่อยู่ในวงศ์เดียวกับพืชสมุนไพรในครัวเรือนเป็นแหล่งสารต้านจุลชีพจากธรรมชาติที่น่าสนใจเพราะมีรายงานว่าเป็นแหล่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากธรรมชาติที่สำคัญและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เช่น ข่า เป็นพืชสมุนไพรในครัวเรือนที่สามารถนำมาใช้รักษาโรคกลากที่เกิดจากเชื้อรา *Microsporum gypseum* และ *Trichophyto rubrum* โดยมีสารสำคัญในการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา คือ acetoxychavicol acetate และ acetoxyeugenol acetate (จิตรลดา, 2549) น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าขิงและขมิ้นมีฤทธิ์ต้าน *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดหนอง

ฝีต่างๆ (จิตรลดา, 2549; พิทยา, 2551) โดยสารสำคัญที่พบในขมิ้นคือ เคอร์คูมิน (พิทยา, 2551) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* สายพันธุ์มาตรฐานและสายพันธุ์ที่แยกได้จากสิ่งส่งตรวจของผู้ป่วยของส่วนสกัดจากเหง้ากระทือป่า ขิงแม่โขง และว่านริดสีดวง ซึ่งเป็นพืชในวงศ์ขิงข่าที่ยังไม่ค่อยมีข้อมูลเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านแบคทีเรียดังกล่าว

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

แบคทีเรียที่ใช้ทดสอบ

S. aureus ATCC 25923, *S. aureus* ATCC 43300 (ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา) และ *S. aureus* ที่แยกจากสิ่งส่งตรวจของผู้ป่วยจำนวน 41 ไอโซเลท ประกอบด้วย Methichillin-resistant *S. aureus* (MRSA) จำนวน 25 ไอโซเลท และ Methicillin-susceptible *S. aureus* (MSSA) จำนวน 16 ไอโซเลท (ได้รับความอนุเคราะห์จาก ดวงชีวัน พึ่งสุรินทร์ และศิริวัฒนา ลาภหลาย ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา)

ตัวอย่างพืชและการเตรียมตัวอย่างส่วนสกัดจากพืช

ตัวอย่างพืชสมุนไพรวงศ์ขิงข่า จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ เหง้ากระทือป่า เหง้าขิงแม่โขง และเหง้าว่านริดสีดวง ได้รับความอนุเคราะห์จากสวนพฤกษศาสตร์ภาคตะวันออก งานสวนพฤกษศาสตร์ ศูนย์การศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากโครงการพระราชดำริ ตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ทำการสกัดสารจากเหง้าของพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายเอทานอลก่อน ต่อจากนั้นนำมาสกัดแยกส่วนด้วยเฮกเซน เอทิลอะซิเตท และน้ำ ตามลำดับ จะได้ตัวอย่างส่วนสกัดย่อยจากพืชทั้งสิ้น 9 ตัวอย่าง ได้แก่ ส่วนสกัดเฮกเซนจากกระทือป่า ขิงแม่โขง และว่านริดสีดวง ส่วนสกัดเอทิลอะซิเตทจากกระทือป่า ขิงแม่โขง และว่านริดสีดวง และส่วนสกัดน้ำจากกระทือป่า ขิงแม่โขง และว่านริดสีดวง

การทดสอบฤทธิ์ต้านจุลชีพเบื้องต้นของส่วนสกัดจากพืช

นำตัวอย่างส่วนสกัดจากพืชแต่ละชนิดบรรจุลงบนแผ่นดิสก์ที่ทำจากกระดาษกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. ให้มีขนาดบรรจุ 1 มก./ดิสก์ และนำมาทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียโดยวิธี disc diffusion ตามวิธีมาตรฐานของ Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) (Becton *et al*., 2006) โดยมีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้คือ เขี่ยเชื้อทดสอบอายุ 18-24 ชั่วโมง ที่เจริญบนอาหารวุ้น Tryptic soy agar (TSA) จำนวน 5-7 โคโลนี เพาะลงในอาหารน้ำ Tryptic soy broth (TSB) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ซ° เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง ปรับความขุ่นของเชื้อให้เท่ากับสารละลายมาตรฐาน McFarland เบอร์ 0.5 จากนั้นใช้ sterile swab จุ่มเชื้อพอหมาดป้ายลงบน Mueller-Hinton agar (MHA)+4%NaCl และวางดิสก์ส่วนสกัดจากพืชแต่ละชนิดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. ลงบนผิวหน้าจานเพาะเชื้อ โดยมีดิสก์ยา Cefoxitin (30 มค.ก./ดิสก์) เป็นชุดควบคุมผลบวกและดิสก์เอทานอล เป็นชุดควบคุมผลลบ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ซ° เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่ยับยั้ง (ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ)

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบ (MIC) ของยาปฏิชีวนะ oxacillin

การหาค่า MIC ของยาปฏิชีวนะ oxacillin ในการยับยั้ง *S. aureus* ทั้ง 43 ไอโซเลท โดยใช้วิธี Agar dilution (Sridhar, 2009) ทำได้โดยเตรียม MHA+4%NaCl ผสมยาปฏิชีวนะ oxacillin (อัตราส่วนยาปฏิชีวนะ:MHA+4%NaCl เท่ากับ 1:19) ให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายของยาปฏิชีวนะเท่ากับ 512, 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5 และ 0.25 มค.ก./มล. จากนั้นหยดแบคทีเรียทดสอบแต่ละชนิด อายุ 3-4 ชั่วโมง ลงบนผิวหน้าอาหารที่เตรียมไว้ 1 หยด (10^4 เซลล์ต่อหยด) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ซ° เป็นเวลา 18-24 ชม. ชุดควบคุมผลลบใช้อาหาร MHA+4%NaCl ที่ปราศจาก oxacillin และควบคุมคุณภาพของการทดสอบโดยใช้ *S. aureus* ATCC 25923 เป็นแบคทีเรียมาตรฐานสำหรับการทดสอบ

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบ (MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าแบคทีเรียทดสอบ (MBC) ของตัวอย่างส่วนสกัดจากพืช

การหาค่า MIC ของส่วนสกัดจากพืชทั้ง 9 ตัวอย่าง ในการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบ ใช้วิธี Modified agar dilution ซึ่งดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานของ CLSI (Sridhar, 2009) ทำได้โดยเตรียม MHA+4%NaCl ผสมส่วนสกัดย่อยจากพืชทดสอบ โดยให้ความเข้มข้นสุดท้ายของส่วนสกัดเฮกเซนและเอทิลอะซิเตทเท่ากับ 2, 1, 0.5 และ 0.25 มก./มล. ตามลำดับ ส่วนสกัดน้ำให้เตรียมความเข้มข้นสุดท้าย เท่ากับ 4, 2 และ 1 มก./มล. ต่อจากนั้นนำแผ่นเยื่อกรอง cellulose acetate ที่ปราศจากเชื้อขนาด 1X1 ซม. วางบนผิวหน้าอาหาร ตรงตำแหน่งที่ต้องการทดสอบ หยดเชื้อทดสอบลงบนแผ่นเยื่อกรอง จำนวน 1 หยด (10^4 เซลล์ต่อหยด) ทิ้งไว้สักครู่ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ซ° เป็นเวลา 24 ชม. ชุดควบคุมผลลบใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MHA+4%NaCl ที่ปราศจากส่วนสกัดจากพืช และอาหารเลี้ยงเชื้อ MHA+4%NaCl + solvent ที่ปราศจากส่วนสกัดจากพืช และควบคุมคุณภาพของการทดสอบโดยหาค่า MIC ของ oxacillin ที่ใช้ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียมาตรฐาน *S. aureus* ATCC 25923 ควบคู่กับการทดลองทุกครั้ง ตรวจสอบการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ โดยค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของส่วนสกัดจากพืชที่ไม่มีเชื้อเจริญบนแผ่นเยื่อกรองเป็นค่า MIC

การหาค่า MBC ของส่วนสกัดจากพืชทั้ง 9 ตัวอย่าง ทำได้โดยนำแผ่นเยื่อกรองที่หยดเชื้อไว้บนจานอาหารที่ตรวจหาค่า MIC ทุกจานที่ไม่มีเชื้อเจริญ ใส่ลงในอาหารเหลว Muller-Hinton broth (MHB)+4%NaCl นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35°ซ เป็นระยะเวลา 18-24 ชม. ตรวจสอบการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ โดยค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของส่วนสกัดจากพืชที่ไม่มีเชื้อเจริญบนแผ่นเยื่อกรองและไม่มีเชื้อเจริญเมื่อถ่ายแผ่นเยื่อกรองลงใน MHB+4%NaCl เป็นค่า MBC

ผลการวิจัย

ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของส่วนสกัดจากพืชในวงศ์ขิงข่า

จากการทดสอบฤทธิ์ยับยั้ง *S. aureus* ของส่วนสกัดย่อยจากพืชในวงศ์ขิงข่า โดยวิธี disc diffusion พบว่า ดิสก์ส่วนสกัดย่อยจากพืชจำนวน 5 ตัวอย่าง ได้แก่ ส่วนสกัดเอทิลอะซิเตทจากกระทือป่า ส่วนสกัดเอทิลอะซิเตทจากขิงแม่โขง ส่วนสกัดเอทิลอะซิเตทจากว่านริดสีดวง ส่วนสกัดเฮกเซนจากขิงแม่โขง และส่วนสกัดเฮกเซนจากว่านริดสีดวง ที่ขนาดบรรจุ 1 มก./ดิสก์ แสดงฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบได้ทุกไอโซเลท ในขณะที่ดิสก์ของส่วนสกัดเฮกเซนจากกระทือป่าแสดงฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียทดสอบได้เพียง 11 ไอโซเลท คิดเป็นร้อยละ 25.58 ของแบคทีเรียทดสอบทั้งหมด สำหรับดิสก์ส่วนสกัดน้ำจากพืชทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่แสดงฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียทดสอบทุกไอโซเลท และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบระหว่างส่วนสกัดที่ได้จากตัวทำละลายที่แตกต่างกัน พบว่าส่วนสกัดเอทิลอะซิเตทจากพืชทุกชนิดจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่บริเวณยับยั้งกว้างกว่าส่วนสกัดเฮกเซน (Table 1)

Table 1 Antibacterial activity of the subfraction extracts from rhizome of *Zingiber thorelii* Gagnep., *Z. mekongenes* Gagnep. and *Curcuma* sp. against 43 isolates of *S. aureus* (n=43)

rhizome of Zingiberaceae plants	subfraction extracts (1 mg/disc)	Number of inhibited isolate[a]	Range of inhibition zone diameter (mm)
กระทือป่า *Zingiber thorelii* Gagnep.	Ethyl acetate	43	8.67-14.33
	Hexane	11	7.00-7.33
	Aqueous	0	NZ
ขิงแม่โขง *Z. mekongenes* Gagnep.	Ethyl acetate	43	9.67-12.33
	Hexane	43	9.33-11.67
	Aqueous	0	NZ
ว่านริดสีดวง *Curcuma* sp.	Ethyl acetate	43	10.33-14.00
	Hexane	43	7.33-8.33
	Aqueous	0	NZ

a, number of tested isolates of *S. aureus* be inhibited by various subfraction extracts;
NZ, no inhibition zone

การวิเคราะห์ค่า MIC และ MBC ของตัวอย่างส่วนสกัดจากพืช

จากการตรวจสอบค่า MIC และค่า MBC ของส่วนสกัดย่อยจากพืชในวงศ์ขิงข่า โดยวิธี Modified agar dilution พบว่า ส่วนสกัดเอทิลอะซิเตทจากกระทือป่า ขิงแม่โขง และว่านริดสีดวง มีค่า MIC_{90} เท่ากับ 500, 1000 และ 1000 มค.ก./มล. และมีค่า MBC_{90} เท่ากัน คือ 2000 มค.ก./มล. ตามลำดับ ในขณะที่ส่วนสกัดเฮกเซนและส่วนสกัดน้ำจากพืชทุกตัวอย่างมีค่า MIC_{90} มากกว่า 2000 มค.ก./มล. (Table 2) สำหรับการทดสอบยา oxacillin มีค่า MIC_{50} และ MIC_{90} เท่ากับ 256 และ 512 มค.ก./มล. ตามลำดับ (Table 3)

Table 2 MIC required to inhibit the growth of 90% of organisms (MIC_{90}) and MBC required to bactericidal growth of 90% of organisms (MBC_{90}) of the subfraction extracts from rhizome of some Zingiberaceae plant against 2 standard strains and 41 clinical isolates of *S. aureus*

Type of plant and antibiotic	subfraction extracts	MIC_{90} (µg/ml)	MBC_{90} (µg/ml)
กระทือป่า *Zingiber thorelii* Gagnep.	Ethyl acetate	500	2000
	Hexane	>2000	>2000
	Aqueous	>4000	>4000
ขิงแม่โขง *Z. mekongenes* Gagnep.	Ethyl acetate	1000	2000
	Hexane	>2000	>2000
	Aqueous	>4000	>4000
ว่านริดสีดวง *Curcuma* sp.	Ethyl acetate	1000	2000
	Hexane	>2000	>2000
	Aqueous	>4000	>4000

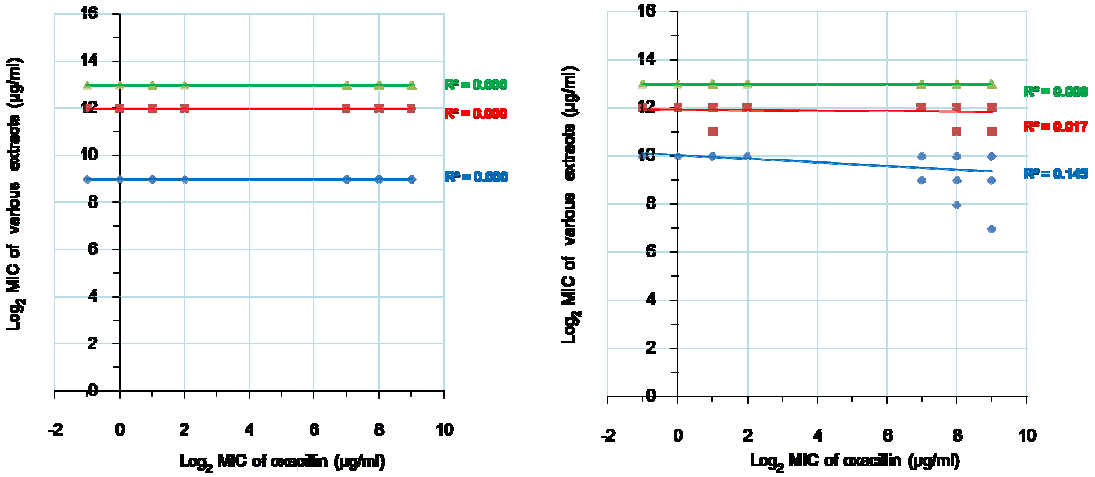
Table 3 MIC required to inhibit the growth of 50% of organisms (MIC_{50}) and MIC required to inhibit the growth of 90% of organisms (MIC_{90}) of oxacillin against 2 standard strains and 41 clinical Isolates of *S. aureus*

Antibiotic	Bacteria strain	MIC_{50} (µg/ml)	MIC_{90} (µg/ml)
Oxacillin	Clinical isolated of *S. aureus*	256	512

ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของยา Oxacillin กับส่วนสกัดจากพืชในวงศ์ขิงข่าบางชนิด

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับค่า MIC ของยา oxacillin และตัวอย่างจากส่วนสกัดย่อยจากพืชในวงศ์ขิงข่า จำนวน 9 ตัวอย่าง ที่ใช้ในการต้านเชื้อ *S. aureus* จำนวน 43 ไอโซเลท พบว่า ระดับค่า MIC ของส่วนสกัดย่อยทั้ง 9 ตัวอย่าง ไม่แปรผันตามระดับค่า MIC ของยา oxacillin ค่า coefficient of determination (R-Square; r^2) ระหว่าง MIC ของ oxacillin กับส่วนสกัดย่อยของพืชมีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.145 (Figure 1) แสดงให้เห็นว่าส่วนสกัดที่ใช้ในการทดสอบน่าจะมีกลไกการออกฤทธิ์ต่อเชื้อทดสอบแตกต่างกลไกการออกฤทธิ์ของยา oxacillin

(fig.1a) (fig. 1b)



(fig. 1c)

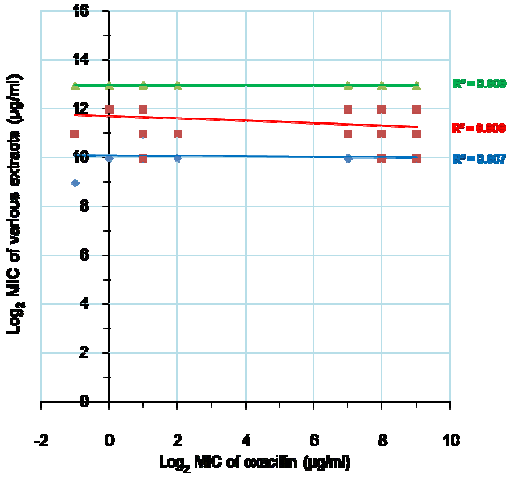


Figure 1 Relationship between MIC of oxacillin (µg/ml) and various subfraction extract, including ethyl acetate (◆), hexane (■) and aqueous (▲) extracts, from *Z. thorelii* Gagnep. (fig. 1a), *Z. mekongenes* Gagnep. (fig. 1b) and *Curcuma* sp. (fig. 1c) against *S. aureus* ATCC 25923, *S. aureus* ATCC 43300 and 41 clinical isolated of *S. aureus*.

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

จากการนำส่วนสกัดเอทิลอะซิเตท ส่วนสกัดเฮกเซน และส่วนสกัดน้ำจากพืชในวงศ์ Zingiberaceae จำนวน 3 ชนิด มาศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* จำนวน 43 ไอโซเลท พบว่าส่วนสกัดเอทิลอะซิเตทจากกระทือป่า ขิงแม่โขง และว่านริดสีดวง มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบได้ดีที่สุด โดยมีค่า MIC_{90} เท่ากับ 500, 1000 และ 1000 มค.ก./มล. สำหรับส่วนสกัดเฮกเซนและส่วนสกัดน้ำไม่แสดงฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบเมื่อใช้ความเข้มข้นสูงสุด 2000 และ 4000 มค.ก./มล. ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารที่แตกต่างกันจะสกัดสารพฤกษเคมีที่เป็นสารสำคัญได้แตกต่างกัน จากผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าเมื่อใช้เอทิลอะซิเตทเป็นตัวทำละลายสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* น่าจะถูกสกัดออกมาได้มากชนิดและหรือปริมาณมากกว่าเมื่อใช้เฮกเซนและน้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดสารพฤกษเคมีจากเหง้าพืชเหล่านี้ นอกจากนี้ยังพบว่า ในการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* สายพันธุ์เดียวกัน ค่า MIC ของส่วนสกัดย่อยจากพืชที่ศึกษาไม่แปรผันตามค่า MIC ของยา oxacillin ชี้ให้เห็นว่าสารสำคัญในส่วนสกัดจากพืชเหล่านี้น่าจะมีกลไกในการยับยั้งการเจริญของ *S. aure*us แตกต่างจากยาปฏิชีวนะในกลุ่มเมทิซิลลิน และกลไกการออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียทดสอบไม่น่าจะเกี่ยวข้องกับโปรตีน PbP2a (กาญจนา หริ่มเพ็ง และคณะ, 2552) อาจเป็นไปได้ว่าส่วนสกัดเอทิลอะซิเตทจากพืชทั้งสามชนิดที่นำมาศึกษานี้น่าจะมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียคล้ายกับพืชสกุลเดียวกันคือ ขิง (*Z. officinale* Roscoe.) และขมิ้น (*C. longa* L.) ซึ่งมีรายงานว่าส่วนสกัดจากขิงและขมิ้นมีเคอร์คิวมินเป็นองค์ประกอบซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้ง FtsZ (Dipti *et al*., 2008) และระบบ efflux pump (Kamyar *et al*., 2009)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสวนพฤกษศาสตร์ภาคตะวันออก งานสวนพฤกษศาสตร์ ศูนย์การศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากโครงการพระราชดำริ ที่ให้การสนับสนุนพืชสมุนไพร ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้อแบคทีเรียสำหรับทดสอบและสถานที่ทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา หริ่มเพ็ง, เอกรัฐ ศรีสุข, สุบัณฑิต นิ่มรัตน์, สมสุข มิจฉาชีพ และวีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2552. ฤทธิ์ต้านจุลชีพของสมุนไพรในการต้าน/ฆ่าแบคทีเรียก่อโรคที่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะหลายขนาน. **การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 35 (วทท.).** ชลบุรี, 15-17 ตุลาคม.

จิตรลดา ชมบุญ. 2549. **ปลูกและใช้สมุนไพรใกล้ตัว.** ไพลิน: กรุงเทพฯ. 143 น.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. 2544. **แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับโรค.** NOBLE PLINT: กรุงเทพฯ. 376 น.

นลินี อัศวโภคี, สุรภี เทียนกริม, ศศิธร ลิขิตนุกูล และอัษฎา วิภากุล. 2540. **ประสบการณ์ด้านโรคติดเชื้อในประเทศไทย.** โฮลิสติก พับลิชชิ่ง: กรุงเทพฯ. 306 น.

พิทยา สรวมศิริ. 2551. **อุตสาหกรรมพืชเครื่องเทศ.** วนิดเพลส: เชียงใหม่. 292 น.

Becton, Diokinson and Company (BD). 2006. **Oxacillin screen agar: Quality control procedures.** Available from: *http://www.bd.com/ds/technicalcenter/inserts/L007400(07)(0706). pdf* [2006 July].

Dipti, R., J. Kumar Singh, N. Roy and D. Panda. 2008. Curcuman inhibits FtsZ assembly: an attractive mechanism for its antibacterial activity. **Biochem. J.** 410: 147-155.

Kamyar, M.H., M. Iranshahi, M.C. Yazdi and A.R.. Shahverdi. 2009. The combination effect of curcumin with different antibiotics against *Staphylococcus aureus*. **Green Pharmacy. J.** 141-143.

Sridhar, R.P.N. 2009. **Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA).** Available from: *http://www.microrao.com/micronotes/pg/mrsa.pdf* [2009 March].

การทนต่อกรด เกลือน้ำดี และสภาวะในระบบทางเดินอาหาร ของเชื้อแลคติคแอสิดแบคทีเรียที่มีถิ่นกำเนิดจากมนุษย์

Acid, Bile Salt and Gastrointestinal Tract Condition Tolerance of Lactic Acid Bacteria Isolated from Human

วิรัชนีย์ แก่นแสนดี[1] สมพร มูลมั่งมี[2] และปริยาภรณ์ อิศรานุวัฒน์[1*]

Wiratchanee Kansandee[1], Somporn Moonmangmee[2] and Pariyaporn Itsaranuwat[1*]

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

[2]ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี 12120

[1]Department of Biotechnology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Mahasarakham, Thailand 44150

[2]Department of Biotechnology, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathumthani, Thailand 12120

*Corresponding author: pariyaporn.i@msu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อคัดเลือกเชื้อแลคติคแอสิดแบคทีเรียที่มีถิ่นกำเนิดมาจากมนุษย์ โดยศึกษาคุณสมบัติการทนกรด (pH 2.5) เกลือน้ำดี (0.3%) สภาวะคล้ายน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร และสภาวะคล้ายน้ำย่อยในลำไส้เล็กของเชื้อแลคติคแอสิดแบคทีเรียที่แยกจากน้ำนมเหลืองและผิวหนังบริเวณเต้านมของแม่สุขภาพดี จากการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อที่คัดแยกมา 210 ไอโซเลท พบว่า มีจำนวน 61 ไอโซเลท ที่ย้อมติดสีแกรมบวกและให้ผลการทดสอบการสร้างเอนไซม์คะตาเลสเป็นลบ และมีเพียง 28 ไอโซเลท สามารถทนต่อสภาวะที่เป็นกรด เกลือน้ำดี สภาวะคล้ายน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร และสภาวะคล้ายน้ำย่อยในลำไส้เล็ก จากคุณสมบัติข้างต้น เชื้อ 9 ไอโซเลท ได้แก่ DM068 VM095 VM096 UM054 UM055 YM122 YM126 JM085 และ JM0812 มีศักยภาพในการเป็นเชื้อโพรไบโอติคที่ดี เนื่องจากมีจำนวนการรอดชีวิตสูงกว่าไอโซเลทอื่นๆ

คำสำคัญ: แลคติคแอสิดแบคทีเรีย โพรไบโอติค น้ำนมเหลือง

Abstract

This study aims to isolate lactic acid bacteria (LAB) from human origin and investigate for acid (pH 2.5), bile salt (0.3%) and gastrointestinal tract tolerance. A total of 210 isolates was first screened by catalase test and Gram staining. Sixty-one isolates showed catalase-negative and Gram-positive results. Only twenty-eight LAB showed good tolerance to acid at pH 2.5, bile salts at 0.3%, simulated small intestinal juice, and simulated gastric juice. DM068, VM095, VM096, UM054, UM055, YM122, YM126, JM085 and JM0812 showed good potential to be used as probiotics, since they gave higher survival numbers than other.

Keywords: lactic acid bacteria, probiotic, colostrum milk

คำนำ

ปัจจุบันพบว่ามนุษย์มีปัญหาด้านสุขภาพเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากการบริโภคอาหารที่ไม่ถูกสุขลักษณะ หรือการที่ร่างกายมีสภาพที่อ่อนแอขาดภูมิคุ้มกัน การรักษาโรคส่วนใหญ่เป็นการรักษาด้วยยาแผนปัจจุบันหรือยาปฏิชีวนะ ส่งผลให้ร่างกายมนุษย์ขาดความสมดุล ดังนั้นการนำแบคทีเรียโพรไบโอติคมาช่วยส่งเสริมสุขภาพจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เนื่องจากเชื้อดังกล่าวสามารถปรับสมดุลภายในลำไส้ มีประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหาร และสร้างภูมิคุ้มกันภายในร่างกาย (Mourad and Eddine, 2006)

โพรไบโอติค (Probiotic) มีรากศัพท์ดั้งเดิมมาจากภาษากรีก แปลว่า “for life” หรือ “เพื่อชีวิต” หมายถึงแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร รักษาอาการท้องร่วง และมีคุณสมบัติทางอายุรเวท (Therapeutic properties) เช่น ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันโรค ลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง เป็นต้น (Fooks *et al*., 1999; Kaur *et al*., 2002; Itsaranuwat *et al*., 2003) โพรไบโอติคที่จัดอยู่ในกลุ่มของแลคติคแอซิดแบคทีเรีย (Lactic Acid Bacteria; LAB) เช่น *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei*, *Bifidobacterium infantis*, *B. lactis* และ *Enterococcus faecalis* (Holzapfel and Schillinger, 2002; Vinderola and Reinheimer, 2003) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์โพรไบโอติคที่มีคุณสมบัติดีที่สุด (Rial, 2000) เนื่องจากแบคทีเรียเหล่านี้สามารถทนต่อกรด และเกลือน้ำดี ทำให้สามารถรอดชีวิตในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการเป็นโพรไบโอติค (Kos *et al*., 2000) นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะคัดแยกแบคทีเรียโพรไบโอติคจากแหล่งต่างๆ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรม เช่น คัดแยกจากมนุษย์ (Vinderola *et al*., 2008) อาหารผลิตภัณฑ์นม และอาหารหมัก (Mathara *et al*., 2008) การคัดแยกเชื้อโพรไบโอติคที่มีถิ่นกำเนิดจากมนุษย์ได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากเชื้อเหล่านี้มีความจำเพาะ และเป็นสายพันธุ์ใกล้เคียงกับเชื้อดั้งเดิมที่พบในมนุษย์ แหล่งที่คัดแยกเชื้อส่วนใหญ่ ได้แก่ อุจจาระเด็ก

น้ำนมเหลือง (Colostrum milk) เป็นน้ำนมที่มีประโยชน์ต่อทารก โดยจะเริ่มผลิตใน 2-3 วันแรกหลังคลอด มีสีเหลืองเข้มข้น เป็นน้ำนมที่หลั่งออกมาก่อนที่จะมีน้ำนมจริง (Mature milk) มีโปรตีนมากกว่า แต่น้ำตาลและไขมันน้อยกว่าน้ำนมจริง น้ำนมเหลืองมี antibody โดยเฉพาะ IgA ซึ่งช่วยป้องกันการติดเชื้อในทางเดินอาหารของทารกแรกเกิด นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นการทำงานของลำไส้ (Uruakpa *et al*., 2002) ดังนั้นการคัดเลือกแบคทีเรียโพรไบโอติคจากน้ำนมเหลืองคนจึงมีความสำคัญ เนื่องจากน้ำนมเหลืองเป็นแหล่งอาหารแหล่งแรกที่ทารกได้รับจากมารดา เชื้อที่ได้ก็มีถิ่นกำเนิดจากมนุษย์และมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นแบคทีเรียโพรไบโอติค

จากคุณสมบัติสำคัญของแบคทีเรียที่จัดว่าเป็นโพรไบโอติค คือ ต้องสามารถรอดชีวิตไปจนถึงลำไส้ตอนปลาย ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติการทนต่อกรด เกลือน้ำดี และสภาวะในระบบทางเดินอาหารของแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่แยกจากน้ำนมเหลืองและผิวหนังบริเวณเต้านมของแม่ที่มีสุขภาพดี เพื่อคัดเลือกเชื้อที่มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นแบคทีเรียโพรไบโอติคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดแยกเชื้อแลคติคแอสิดแบคทีเรียและทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อ

คัดแยกเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียจากแม่ที่มีสุขภาพดี จำนวน 23 คน จากโรงพยาบาลมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม การเก็บตัวอย่างแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การเก็บตัวอย่างน้ำนมเหลืองในภาชนะปลอดเชื้อ และ

การใช้ cotton swab ปลอดเชื้อใน 0.85% NaCl swab ผิวหนังบริเวณเต้านม (Skin swab) ทำการเจือจางตัวอย่างน้ำนมเหลืองให้ได้ความเจือจาง 10^{-1} 10^{-2} และ 10^{-3} สำหรับตัวอย่างที่ได้จากการ swab ไม่ต้องทำการเจือจาง จากนั้นนำไปเลี้ยงเชื้อโดยวิธี Spread Plate Technique บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ 24 ชม. ในตู้บ่ม CO_2 (5%CO_2) สุ่มโคโลนีเดี่ยวที่มีลักษณะแตกต่างกัน ทำให้บริสุทธิ์โดยวิธี Cross Streak บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar นำเชื้อบริสุทธิ์ที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น โดยตรวจสอบการสร้างเอนไซม์คะตาเลส และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ลักษณะรูปร่าง การจัดเรียงตัว การติดสีแกรมของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

การทดสอบการทนต่อกรด (Acid tolerance test)

ทดสอบการทนต่อกรด โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Mathara *et al*. (2008) เลี้ยงเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่คัดแยกได้ ใน MRS broth เป็นเวลา 18 ชม. ที่อุณหภูมิ 37°ซ ในตู้บ่ม CO_2 จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 9,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 5 นาที ล้างตะกอนเซลล์ด้วยสารละลาย 0.85% NaCl แล้วทำให้เป็นสารละลายแขวนลอยเซลล์คืนด้วยสารละลายชนิดเดิม (ปริมาณเชื้อ 10^8 CFU/ml) ถ่ายเชื้อปริมาตร 1 มล. ในอาหาร MRS broth ปริมาตร 10 มล. ที่ปรับ pH เป็น 2.5 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°ซ เป็นเวลา 90 นาที ในตู้บ่ม CO_2 ตรวจนับจำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิต โดยวิธี Drop plate บน MRS agar บ่มที่ 37°ซ เป็นเวลา 24 ชม. คำนวณ % Survival หลังการทดสอบเทียบกับปริมาณเซลล์เริ่มต้น

การทดสอบการทนต่อเกลือน้ำดี (Bile salt tolerance test)

ทดสอบการทนต่อเกลือน้ำดี โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Prasad *et al*. (1999) ถ่ายเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรีย (ปริมาณเชื้อ 10^8 CFU/ml) ปริมาตร 1 มล. ในอาหาร MRS broth ปริมาตร 10 มล. ที่มีความเข้มข้นของเกลือน้ำดี (Ox Gall, Sigma Chemical, U.K.) 0.3% นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°ซ ในตู้บ่ม CO_2 เป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นตรวจนับจำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิต คำนวณ % Survival

การทดสอบการทนต่อสภาวะคล้ายน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร (Simulated gastric juice test)

ทดสอบการทนต่อสารละลายคล้ายน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Kos *et al.* (2000) เลี้ยงเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียในอาหาร MRS broth ปริมาตร 10 มล. บ่มที่อุณหภูมิ 37°ซ เวลา 24 ชม. จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 9,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 5 นาที ล้างตะกอนเซลล์ด้วยสารละลาย 0.85% NaCl แล้วทำให้เป็นสารละลายแขวนลอยคืนด้วยสารละลายตัวเดิม ปริมาตร 0.5 มล. ถ่ายเชื้อปริมาตร 0.2 มล. ในสารละลายคล้ายน้ำย่อย (Pepsin 0.3% และ NaCl 0.5% pH 2.5) ปริมาตร 5 มล. ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มในตู้บ่ม CO_2 ที่อุณหภูมิ 37 °ซ ตรวจนับจำนวนเซลล์หลังระยะเวลาสัมผัส ที่ 90 นาที คำนวณ % Survival

การทดสอบการทนต่อสภาวะคล้ายน้ำย่อยในลำไส้เล็ก (Simulated small intestine juice test)

ทดสอบการทนต่อสภาวะคล้ายน้ำย่อยในลำไส้เล็กโดยดัดแปลงจากวิธีการของ Kos *et al.* (2000) เตรียมเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียเหมือนการทดสอบการทนต่อสารละลายคล้ายน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร ถ่ายเชื้อปริมาตร 0.2 มล. เติมลงในสารละลายคล้ายน้ำย่อยในลำไส้เล็ก (Pancreatin 0.1% Bile salt 0.3% และ NaCl 0.5% pH 8.0) ปริมาตร 5 มล. ผสมให้เข้ากันนำไปบ่มในตู้บ่ม CO_2 ที่อุณหภูมิ 37°ซ เป็นเวลา 24 ชม. เก็บตัวอย่างที่เวลา 2 และ 4 ชม. จากนั้นตรวจนับจำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิต คำนวณค่า Log reduction ที่ 2 และ 4 ชม. (เทียบกับ 0 ชั่วโมง)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการคัดแยกเชื้อแลคติคแอสิดแบคทีเรียและทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อ

จากการแยกเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียจากน้ำนมเหลืองของแม่ที่มีสุขภาพดีทั้งหมด 23 คน จำนวน 46 ตัวอย่าง (จากน้ำนมเหลือง 23 ตัวอย่าง และจากการ swab ผิวหนังบริเวณเต้านม 23 ตัวอย่าง) พบว่าสามารถแยกเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งหมด 210 ไอโซเลท โดย 79 ไอโซเลท ได้จากการ swab และ 131 ไอโซเลท จากน้ำนมเหลือง เมื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น พบว่ามีเพียง 61 ไอโซเลท ที่ให้ผลการย้อมแกรมเป็นบวกและผลการทดสอบการสร้างเอนไซม์คะตาเลสเป็นลบ ทั้งนี้เป็นตัวอย่างจากน้ำนมเหลือง 49 ไอโซเลท และจากการ swab 12 ไอโซเลท (Table 1) เชื้อที่แยกได้ที่มีลักษณะเป็น rod คิดเป็น 13.11% และ cocci คิดเป็น 86.89% (data not shown) เมื่อ ค.ศ. 2003 Martin *et al.* ได้ตรวจหาแลคติคแอซิดแบคทีเรียในน้ำนมคน พบว่า มีทั้งชนิดที่เป็น cocci และ rod เช่น *Lactobacillus gasseri* แต่ไม่มีการตรวจพบแลคติคแอซิดแบคทีเรียในตัวอย่างจากการ swab ผิวหนังบริเวณเต้านม (breast skin) Novak *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของน้ำนมเหลืองคน เพื่อดูความสัมพันธ์และความเป็นไปได้ที่น้ำนมเหลืองจะเป็นแหล่งที่ถ่ายทอดเชื้อโพรไบโอติคจากมารดาสู่ทารกในระหว่างการให้นม พบว่ามีจุลินทรีย์หลายกลุ่มที่พบในน้ำนมเหลือง เช่น กลุ่ม mesophylic (68.6%) thermoduric (38.6%) psychrotrophic (8.6%) proteolytic (15.7%) proteolytic-psychrotrophic (1.4%) lipolytic (4.3%) moulds และ yeasts (11.4%) *Staphylococcus aureus* (44.3%) total coliforms (7.2%) และ lactic acid bacteria (37.2%)

Table 1 Isolates of LAB

Sources	Isolates
Colostrum milk	PRM181 PRM182 PRM185 PRM186 PRM189 DM061 DM065 DM068 DM069 PCM102 AM131 AM132 NMM076 JRM151 JRM152 JRM153 JRM154 JRM155 JRM156 JRM157 VM095 VM096 VM099 UM051 UM052 UM054 UM055 UM056 UM058 UM059 YM121 YM122 YM123 YM124 YM125 YM126 JM085 JM0812 JM0814 JM0815 JM0816 ANM191 ANM192 ANM193 ANM194 ANM195 NCM141 NCM142 NCM143
Skin swab	PRS181 JRS151 JRS152 JRS154 US051 US052 US053 US054 ANS191 ANS192 NCS141 NCS142

ผลการทดสอบการทนกรด เกลือน้ำดี สภาวะคล้ายน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร และสภาวะคล้ายน้ำย่อยในลำไส้เล็ก

คุณสมบัติการทนต่อกรดในกระเพาะอาหารของแบคทีเรียโพรไบโอติคมีความสำคัญ เนื่องจากกระเพาะอาหารจะมีระดับ pH ประมาณ 2-4 ในขณะรับประทานอาหารเข้าไป (Erkkila and Petaja, 2000) จากการทดสอบการทนต่อกรด ที่ pH 2.5 เวลา 90 นาที พบว่าแลคติคแอซิดแบคทีเรียทุกไอโซเลตสามารถรอดชีวิตในสภาวะดังกล่าวได้ดี ซึ่งเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเชื้อโดยทั่วไปค่อนข้างสูง จำนวนเชื้อที่มี %Survival สูงกว่า 70% มีทั้งหมด 28 ไอโซเลท และเชื้อที่มี %Survival สูงสุด 5 ไอโซเลต ซึ่งมีแหล่งมาจากน้ำนมเหลือง ได้แก่ YM126 (99.15%) VM095 (92.61%) JM085 (92.58%) DM068 (90.57%) และ JM0812 (92.02%) ตามลำดับ (Table 2) การที่เชื้อสามารถรอดชีวิตได้มาก อาจเนื่องจากเป็นเชื้อที่แยกได้จากแหล่งที่มีสภาพเป็นกรด โดยปกติน้ำนมเหลืองจะมีค่า pH ประมาณ 4.5 (Otterby *et al*., 1980) ทำให้เชื้อมีคุณสมบัติที่ทนต่อสภาวะที่เป็นกรดได้ดี

Table 2 %Survival of LAB under acid (pH 2.5, within 90 min) bile salt (0.3% bile salt, within 24 h) and simulated gastric juice (within 90 min) conditions and Log reduction of LAB under simulated small intestine juice after 2 and 4 h.

Isolate	% Survival			Log reduction* (CFU/ml)		Isolate	% Survival			Log reduction* (CFU/ml)	
	Acid	Bile salt	Simulated gastric juice	2 h	4 h		Acid	Bile salt	Simulated gastric juice	2 h	4 h
PRM181	73.88	89.00	49.30	9.02	9.02	YM121	66.56	88.61	67.47	8.30	8.30
PRM182	75.17	84.28	52.93	9.02	9.02	YM122	87.11	74.55	63.27	3.03	3.60
PRM185	73.56	88.61	54.10	6.78	9.18	YM123	8.10	89.37	55.43	9.00	9.00
PRM186	72.21	87.71	45.58	9.08	9.08	YM124	67.69	87.18	53.79	6.85	9.15
PRM189	64.45	90.03	64.59	7.16	9.16	YM125	65.54	88.61	41.79	7.28	8.98
DM061	48.55	89.00	44.16	8.30	8.30	YM126	99.15	85.94	66.26	2.00	2.88
DM065	44.05	87.71	41.07	5.37	9.02	JM085	92.58	72.88	58.52	1.28	1.92
DM068	90.57	71.78	60.58	1.24	1.42	JM0812	92.02	68.35	52.37	0.95	1.90
DM069	33.32	88.18	45.24	3.40	9.00	JM0814	83.04	88.61	48.92	4.27	6.64
PCM102	76.11	85.94	49.70	9.27	9.27	JM0815	62.43	93.14	44.30	4.11	6.81
AM131	77.16	87.71	36.06	9.06	9.06	JM0816	80.59	90.03	48.19	3.43	8.60
AM132	76.10	84.28	41.55	9.00	9.00	ANM191	60.26	90.03	30.41	5.00	8.70
NMM076	76.91	86.60	47.68	9.18	9.18	ANM192	69.55	87.71	48.26	7.41	9.11
JRM151	73.41	84.28	42.68	5.24	8.85	ANM193	55.42	90.88	59.20	7.43	9.13
JRM152	66.79	87.71	47.15	8.90	8.90	ANM194	60.04	89.71	47.39	9.11	9.11
JRM153	57.47	87.71	52.62	9.26	9.26	ANM195	63.80	87.71	42.75	5.00	7.04
JRM154	68.01	88.18	35.05	9.24	9.24	NCM141	62.69	88.18	35.47	3.75	6.23
JRM155	69.20	88.61	54.49	5.90	6.60	NCM142	48.88	89.00	54.63	4.60	8.60
JRM156	67.62	85.18	36.09	5.95	6.63	NCM143	53.86	89.37	52.09	4.54	8.85
JRM157	74.06	86.60	33.80	5.33	6.40	PRS181	69.72	88.18	68.08	9.15	9.15
VM095	92.61	70.36	56.51	2.11	3.41	JRS151	38.03	73.79	64.09	7.78	7.78
VM096	88.49	74.55	53.06	1.52	2.06	JRS152	77.00	85.18	56.32	8.48	8.48
VM099	60.13	88.61	45.85	0.78	5.48	JRS154	72.45	89.00	43.76	9.04	9.04
UM051	67.23	85.94	37.98	7.00	8.70	US051	70.41	88.18	47.57	8.60	8.60
UM052	52.81	87.18	47.31	8.40	8.40	US052	73.32	87.18	48.46	9.00	9.00
UM054	89.66	89.00	57.50	1.37	1.49	US053	67.41	85.18	67.51	8.70	8.70
UM055	88.49	90.61	49.70	1.40	1.88	US054	76.10	88.18	49.78	8.78	8.78
UM056	61.92	87.71	56.69	5.47	6.52	ANS191	73.44	89.00	37.95	8.65	8.65
UM058	19.75	87.71	38.43	3.20	4.12	ANS192	70.49	88.18	58.27	4.78	8.78
UM059	65.81	89.37	41.97	5.81	8.81	NCS141	56.61	89.37	44.03	4.60	8.60
						NCS142	66.47	91.14	34.55	9.15	9.51

* ค่า Log reduction (CFU/ml) คือ ค่าการลดลงของเชื้อแลคติคแอสิดแบคทีเรีย เมื่อทดสอบกับสภาวะคล้ายน้ำย่อยในลำไส้เล็ก ซึ่งค่าที่เท่ากันที่ 2 และ 4 ชม. หมายถึง ไม่พบการเหลือรอดของเซลล์ตั้งแต่ 2 ชม. แรกของการทดสอบ (เทียบกับ 0 ชม.)

จากการทดสอบการทนต่อเกลือน้ำดี 0.3% พบว่าทุกไอโซเลตสามารถรอดชีวิตได้ในอาหารที่มีเกลือน้ำดี 0.3% ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Vinderola และ Reinheimer (2003) ที่พบว่า เชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติคและหัวเชื้อแลคติคแอสิดแบคทีเรียในอุตสาหกรรมนมสามารถเจริญเติบโตได้ที่สภาวะที่มีเกลือน้ำดี 0.3% ในการทดสอบนี้ พบว่าเชื้อที่มี % Survival สูงที่สุดคือ มากกว่า 90% มี 7 ไอโซเลท ได้แก่ JM0815 (93.14%) NCS142 (91.14%) ANM193 (90.88%) UM055 (90.61%) PRM189 (90.03%) JM0816 (90.03%) และ ANM191 (90.03%) ดังแสดงใน Table 2

ผลการทดสอบการทนต่อสภาวะคล้ายน้ำย่อยในกระเพาะอาหารที่ pH 2.5 เวลา 90 นาที พบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุดที่ได้ไม่เกิน 70% ซึ่งโดยปกติภายในกระเพาะอาหารจะมี pH ประมาณ 2-4 และมีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ไม่ต่ำกว่า 0.5% และจะเปลี่ยนแปลงไปตามอาหารที่บริโภคเข้าไป (Charteris *et al*., 1998) จากผลการทดลองแสดงว่า สภาวะที่เป็นกรดในกระเพาะอาหารที่มีเอนไซม์เปปซิน สามารถทำลายเซลล์แลคติคแอซิดแบคทีเรียได้ ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตลดลงเมื่อมีการเติมเอนไซม์เปปซิน (Kos *et al*., 2000) ซึ่งเชื้อที่ทนต่อสภาวะคล้ายน้ำย่อยในกระเพาะอาหารได้ดีที่สุดมี 8 ไอโซเลท ได้แก่ PRS181 (68.08%) US053 (67.51%) YM121 (67.47%) YM126 (66.26%) PRM189 (64.59%) JRS151 (64.09%) YM122 (63.27%) และ DM068 (60.58%) ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากกว่า 60% (Table 2)

การทดสอบการทนต่อสภาวะคล้ายน้ำย่อยในลำไส้เล็กที่ pH 8.0 พบว่า หลังเวลาการบ่ม 2 ชม. เชื้อที่มีการรอดชีวิตดีที่สุด 6 ไอโซเลท ได้แก่ DM068 VM096 UM054 UM055 JM085 และ JM0812 ซึ่งมีการลดลงของเชื้อต่ำกว่า 2 log cycle และใน ชม.ที่ 4 มีเชื้อเพียง 5 ไอโซเลท ที่มีการลดลงของเชื้อต่ำกว่า 2 log cycle ได้แก่ DM068 UM054 UM055 JM085 และ JM0812 ดังแสดง ใน Table 2

มีรายงานการศึกษาคุณลักษณะของโพรไบโอติค การทนต่อกรด น้ำย่อย และเกลือน้ำดี ของเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียโพรไบโอติคสายพันธุ์ทางการค้า พบว่า *Lactobacillus acidophilus* เป็นเชื้อกลุ่มโพรไบโอติคที่มีความทนต่อน้ำย่อย และเกลือน้ำดีได้ดี (Prasad *et al*., 1999; Vinderola and Reinheimer, 2003)

สรุปผลการทดลอง

จากการคัดแยกเชื้อแลคติคแอสิดแบคทีเรียจากแม่ที่มีสุขภาพดี ทั้งหมด 23 คน พบเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้ทั้งหมด 210 ไอโซเลท มีเพียง 61 ไอโซเลท ที่มีคุณสมบัติพื้นฐานของการเป็นเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรีย เมื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติการทนต่อสภาวะที่เป็นกรด (pH 2.5) เกลือน้ำดี 0.3 % สภาวะคล้ายน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร (pH 2.5) และสภาวะคล้ายน้ำย่อยในลำไส้เล็ก (pH 8.0) พบว่ามีเชื้อแลคติคแอสิดแบคทีเรีย 28 ไอโซเลท ที่ทนต่อสภาวะต่าง ๆ ดังกล่าว จากคุณสมบัติข้างต้นที่ศึกษา พบว่าเชื้อที่มีศักยภาพในการเป็นเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติคที่ดีที่สุดมีทั้งหมด 9 ไอโซเลท ได้แก่ DM068 VM095 VM096 UM054 UM055 YM122 YM126 JM085 และ JM0812 ซึ่งทั้งหมดเป็นแบคทีเรียที่แยกได้จากน้ำนมเหลือง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยมหาสารคาม และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) สำหรับเงินทุนสนับสนุนการวิจัย (ภายใต้โครงการการสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอก ระหว่าง วว. กับสถาบันการศึกษา) และแผนกคลีนิคนมแม่ โรงพยาบาลมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม สำหรับการอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

Charteris, W.P., P.M. Kelly, L. Morelli and J.K. Collins. 1998. Antibiotic susceptibility of potentially probiotic *Lactobacillus* species. **Journal of Food Protection**. 61: 1636-1643.

Erkkila, S. and Petaja. 2000. Screening of commercial meat starter culture at low pH in the presence of bile salt for potential probiotic use. **Journal of Meat Science.** 55: 297-300.

Fooks, L.J., R. Fuller and G.R. Gibson. 1999. Prebiotics, probiotics and human gut microbiology. **International Dairy Journal.** 9: 53-61.

Holzapfel, W.H. and U. Schillinger. 2002. Introduction to pre- and probiotics. **Food Research International**. 35: 109-116.

Itsaranuwat, P., K.S.H. Al-Haddad and R.K. Robinson. 2003. The Protential therapeutic benefits of consuming 'health-promoting' fermented dairy products: a brief update. **International Journal of Dairy Technology**. 56(4): 203-210.

Kaur, I.P., K. Chopra and A. Saini. 2002. Probiotics: potential pharmaceutical applications. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**. 15: 1-9.

Kos, B., J. Suskovic, J. Goreta and S. Matosic. 2000. Effect of protexters on the viability of *Lactobacillus acidophilus* M92 in simulated gastrointestinal condition. **Food Biotechnology**. 38(2): 121-127.

Martin, R., S. Langa, C. Reviriego, E. Jimenez, M. Marin, J. Xaus, L. Fernandez and J. Rodriguez. 2003. Human milk is a source of lactic acid bacteria for the infant gut. **Journal of Pediatrics.** 754-758.

Mathara, J.M., U. Schillinger, C. Guigas, C. Franz, P.M., Kutima, S.K. Mbugua, H. Shin and W.H. Holzapfel. 2008. Functional characteristics of *Lactobacillus* spp. from traditional Maasai fermented milk products in Kenya. **International Journal of Food Microbiology**. 126: 57–64.

Mourad, K. and K.N. Eddine. 2006. *In vitro* preselection criteria for probiotic *Lactobacillus plantarum* strains of fermented olives origin. **International Journal of Probiotics and Prebiotics.** 1: 27-32.

Novak, F.R., J.A.G. Almeida, G.O. Vieira and L.M. Borba. 2001. Human colostrum: a natural source of probiotic?. **Jornal de Pediatria.** 77(4): 265-270.

Otterby D.E., D.G. Johnson, J.A. Foley, D.S. Tomsche, R.G. Lundquist and P.J. Hanson. 1980. Fermented or chemically-treated colostrum and nonsalable milk in feeding programs for calves. **Journal of Dairy Science**. 63: 951-958.

Prasad, J., H. Gill, J. Smart and P.K. Gopal. 1998. Selection and characterisation of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains for use as probiotics. **International Dairy Journal.** 8: 993-1002.

Rial, D.R. 2000. The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health. **American Society for Nutritional Sciences**. 396-402.

Uruakpa, F.O., M.A.H. Ismond and E.N.T. Akobundu. 2002. Colostrum and its benefits: a review. **Nutrition Research**. 22: 755–767.

Vinderola, C.G. and J.A. Reinheimer. 2003. Lactic acid starter and probiotic bacteria: a comparative *"in vitro"* study of probiotic characteristics and biological barrier resistance. **Food Research International**. 36: 895–904.

Vinderola, G., B. Capellini, F. Villarreal, V. Sua´rez, A. Quiberoni and J. Reinheimer. 2008. Usefulness of a set of simple *in vitro* tests for the screening and identification of probiotic candidate strains for dairy use. **LWT - Food Science and Technology.** 41: 1678-1688.

การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่สามารถกำจัดสีในน้ำเสียที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบ

Isolation of Bacteria Capable of Color Removal in Wastewater Containing Azo Dye

สุภาพร แป้นสุวรรณ์ ศิราภรณ์ ชื่นบาล และฐปน ชื่นบาล*

Supaporn Pansuwan, Siraporn Cheunbarn and Tapana Cheunbarn*

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: tapana@mju.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่สามารถกำจัดสีในน้ำเสียที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบ โดยทำการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียจากน้ำที่ผ่านกระบวนการย้อมผ้า น้ำจากถังพักน้ำเสียรวม และดินบริเวณโรงงานฟอกย้อม ด้วยเทคนิค Spread Plate โดยใช้อาหารแข็งสูตร Nutrient Agar ที่มีสีอะโซความเข้มข้น 0.2 กรัมต่อลิตร เป็นองค์ประกอบ จากผลการทดลองพบว่ามีเชื้อแบคทีเรียจำนวน 15 ไอโซเลทที่ทำให้เกิดบริเวณวงใสรอบโคโลนี เมื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบ พบว่า แบคทีเรียไอโซเลท SP-L1 มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงสุดร้อยละ 85.2 และเมื่อศึกษาการกำจัดสีที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้นต่างกัน 100-500 มิลลิกรัมต่อลิตร แบคทีเรียไอโซเลท SP-L1 มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีที่ความเข้มข้นของสีอะโซ 100-250 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำสำคัญ: สีอะโซ การกำจัดสี แบคทีเรียกำจัดสี

Abstract

The purpose of this study was to isolate of bacteria for removing color in wastewater containing azo dye. The decolorizing bacteria were isolated from dying process water, soil and wastewater storage tank of a dying factory using spread plate technique with nutrient agar containing azo dye 0.2 g/l. The result showed that fifteen isolates showed clear zone around colony. The comparison of all isolates on azo dye synthetic wastewater decolorization efficiency was studied. The finding showed that the SP-L1 isolate had a highest azo dye decolorizing efficiency at 85.2%. The decolorization with different initial azo dye concentration ranging from 100-500 mg/l was studied. The finding showed that the SP-L1 isolate had azo dye decolorizing efficiency at concentration 100-250 mg/l.

Keywords: azo dye, decolorization, decolorizing bacterial

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีอุตสาหกรรมฟอกย้อมเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้น้ำในกระบวนการผลิตแล้วปล่อยน้ำทิ้งออกมา โดยน้ำที่ปล่อยออกมาจะปนเปื้อนสีและสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการฟอกย้อมซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม เช่น สภาพน้ำเน่าเสียก่อให้เกิดความรำคาญหรือเป็นมลภาวะทางสายตาแก่ผู้อยู่อาศัย เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น สีที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมส่วนใหญ่ร้อยละ 60-70 (Carliell *et al*.,1995) จะใช้สีกลุ่มอะโซ สีเหล่านี้หากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่มีการบำบัด อนุภาคของสีย้อมจะไปขัดขวางการกระจายของแสงในน้ำทำให้สาหร่ายสีเขียวในน้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ นอกจากนี้เมื่อสีกลุ่มอะโซถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำรวมถึงเป็นสารก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต (Brown and Devito,1993) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องกำจัดสีจากน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีการค้นพบจุลินทรีย์ที่สามารถกำจัดสีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมได้ ซึ่งมีทั้งแบคทีเรียสายพันธุ์ *Pseudomonas* KF46*, Bacillus cereus*, *Pseudomonas*n sp. (Sani and Benegjee, 1999) เชื้อราชนิด White Rot Fungi, Ligninolytic Fungi, *Pleurotus ostreatus* และ *Phanerochaete chrysosporium* (Guimaraes *et al*., 2002) ยีสต์และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิด (Direk *et al*., 1999) แต่ส่วนใหญ่งานวิจัยทั้งหลายจะศึกษาการกำจัดหรือย่อยสลายสีย้อมสิ่งทอชนิดอะโซจากแบคทีเรียและเชื้อรามากกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ซึ่งโดยส่วนใหญ่สีอะโซจะลดลงภายใต้สภาวะแอนแอโรบิคโดยเอนไซม์ azoreductase ของแบคทีเรีย ส่วนเชื้อราจะใช้เอนไซม์ lignin peroxidase, manganese peroxidase และ laccase ในการลดความเข้มสี แต่การใช้เชื้อราในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะมีข้อจำกัดต่างๆ เช่น ต้องการ pH ต่ำเพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ ใช้เวลาในการกำจัดสีนาน นอกจากนี้อาจยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ชนิดอื่นอีกด้วย (Kua *et al*., 2003) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่สามารถกำจัดสีในน้ำเสียที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบซึ่งเป็นวิธีการบำบัดทางชีวภาพวิธีการหนึ่งมาประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์กลุ่มอะโซ

สีที่ใช้ในการศึกษาจะเป็นสีย้อมกลุ่มไดเร็กท์ประเภทสีอะโซ สีกรมท่า ตราสำเภา ของบริษัท ศิวะสัมพันธ์ จำกัด โดยนำสีอะโซความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ละลายในน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ซึ่งมีค่าซีโอดี 1,450 มิลลิกรัมต่อลิตร

ขั้นการทดลอง

1. การคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์

คัดแยกเชื้อแบคทีเรียจากตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการย้อมผ้า น้ำจากถังพักน้ำเสียรวมและดินบริเวณโรงงานฟอกย้อม โดยนำตัวอย่างมาทำการคัดแยกด้วยเทคนิค Spread Plate โดยใช้อาหารแข็งสูตร Nutrient Agar (NA) ที่มีสีอะโซความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นองค์ประกอบ บ่มที่อุณหภูมิ

37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เลือกโคโลนีที่ปรากฏวงใสรอบโคโลนีและทำให้บริสุทธิ์ จากนั้นเก็บเป็นเชื้อทดสอบในอาหารแข็งวุ้นเอียง

2. ทดสอบความสามารถของเชื้อแบคทีเรียในการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

เลือกโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่ปรากฏวงใสจากข้อ 1 นำมาเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร Nutrient Broth (NB) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นใส่เชื้อแบคทีเรียลงในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบร้อยละ 5 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แยกเซลล์แบคทีเรียออกโดยการปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมาวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดสี โดยนำส่วนใสมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV Spectrophotometer (ยี่ห้อ HACH รุ่น DR/2500) ที่ความยาวคลื่น 563 นาโนเมตร ซึ่งได้จากการสแกนหาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสี แล้วคำนวณร้อยละการกำจัดสีดังนี้

$$\frac{\text{(ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างก่อนกำจัดสี – ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังกำจัดสี) x 100}}{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างก่อนกำจัดสี}}$$

3. ทดสอบความสามารถของเชื้อแบคทีเรียในการกำจัดสีที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้นต่างกัน

การทดสอบจะใช้ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยเติมน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยใช้สีไดเร็กท์ซึ่งเป็นสีอะโซเป็นองค์ประกอบที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้นต่างกันคือ 100, 150, 200 250, 300, 350, 400, 450 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดสีของเชื้อแบคทีเรียโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 563 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV Spectrophotometer

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การคัดแยกเชื้อ

จากการทดลองคัดแยกเชื้อแบคทีเรียจากตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการย้อมผ้า น้ำจากถังพักน้ำเสียรวมและดินบริเวณโรงงานฟอกย้อม พบว่ามีเชื้อแบคทีเรียจำนวน 15 ไอโซเลท ที่สามารถกำจัดสีได้ (Table 1) โดยเกิดบริเวณวงใสรอบโคโลนีบนอาหารแข็งสูตร NA ที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบ ดังนี้

น้ำที่ผ่านกระบวนการย้อมผ้า น้ำจากถังพักน้ำเสียรวม และดินบริเวณโรงงานฟอกย้อมมีเชื้อแบคทีเรียที่สามารถกำจัดสีได้ 7, 5 และ 3 ไอโซเลท ตามลำดับ

จากการคัดแยกพบว่าตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการย้อมผ้าจะพบจำนวนของเชื้อแบคทีเรียที่สามารถกำจัดสีได้มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำจากถังพักน้ำเสียรวมและดินบริเวณโรงงานฟอกย้อม ตามลำดับ

Table 1 Isolation of bacteria capable of color removal from different sources

source	Bacterial isolates
dying process water	SP-L1, SP-L2, SP-L3, SP-L4, SP-L5, SP-L6, SP-L7
wastewater storage tank	SP-M1, SP-M2, SP-M3, SP-M4, SP-M5
soil	SP-D1, SP-D2, SP-D3

การทดสอบความสามารถของเชื้อแบคทีเรียในการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบ

หลังจากคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่สามารถกำจัดสีได้จำนวน 15 ไอโซเลท จากนั้นนำเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้ทั้งหมดมาทดสอบความสามารถในการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยจากผลการทดลอง พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากน้ำที่ผ่านกระบวนการย้อมผ้ามีประสิทธิภาพในการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบสูงกว่าเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากตัวอย่างน้ำจากถังพักน้ำเสียรวมและในตัวอย่างดิน ซึ่งเชื้อแบคทีเรียไอโซเลท SP-L1 เป็นเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากน้ำที่ผ่านกระบวนการย้อมผ้ามีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงสุดร้อยละ 85.2 ที่ระยะเวลา 6 วัน ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 563 นาโนเมตร ลดลงจาก 3.27 เหลือ 0.48 (Figure 1 และ 2) โดยให้ค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ $p \leq 0.05$ กับไอโซเลทอื่นๆ รองลงมาคือ ไอโซเลท SP-L5 และ SP-M1 มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีร้อยละ 64.5 และ 45.2 ตามลำดับ ส่วนไอโซเลทอื่นๆ มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้อยกว่าร้อยละ 40 ที่ระยะเวลา 6 วัน

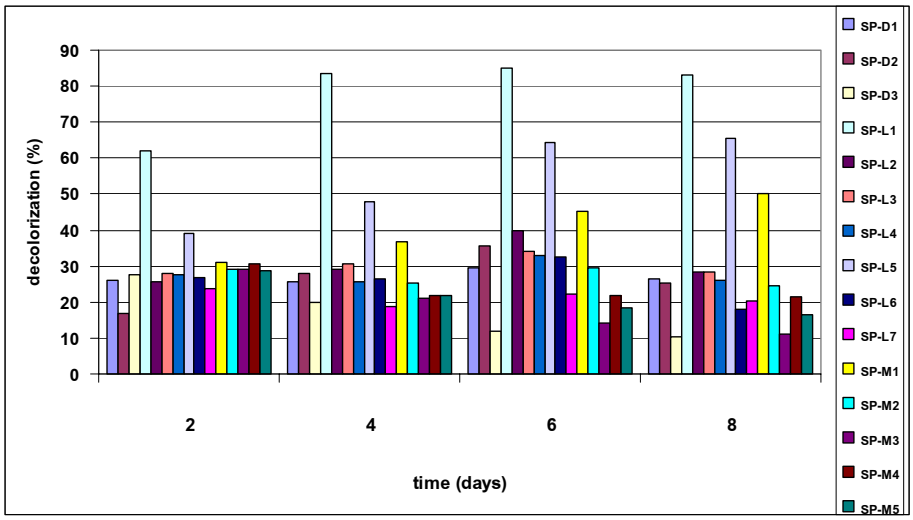


Figure 1 Percentaged decolorization by isolated bacterial strains

A B

Figure 2 Synthetic azo dye wastewater decolorization at 6 day

A : Control

B : SP-L1

การทดสอบความสามารถของเชื้อแบคทีเรียในการกำจัดสีที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้นต่างกัน

นำเชื้อแบคทีเรียไอโซเลท SP-L1 ที่คัดแยกได้จากน้ำที่ผ่านกระบวนการย้อมผ้า ซึ่งจากการทดลองพบว่ามีความสามารถในการกำจัดสีสูงสุดมาทำการทดสอบความสามารถในการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร จากผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นสีเริ่มต้นที่ 100-250 มิลลิกรัมต่อลิตร เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท SP-L1 มีความสามารถในการกำจัดสีโดยในวันสุดท้ายของการทดลองให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 563 นาโนเมตร ลดลงอยู่ในช่วง 0.18-0.68 ส่วนที่ความเข้มข้น 300-500 มิลลิกรัมต่อลิตร เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท SP-L1 มีความสามารถในการกำจัดสีโดยในวันสุดท้ายของการทดลองให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 563 นาโนเมตร ลดลงอยู่ในช่วง 0.90-2.07 (Table 2) จากผลการศึกษาความเข้มข้นของสีเริ่มต้น พบว่า ค่าการดูดกลืนแสงในแต่ละวันที่ทำการทดลองยังมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอยู่ ซึ่งอาจมีการขึ้นลงของค่าการดูดกลืนแสงเป็นผลมาจากการที่แบคทีเรียอาจมีการดูดซับสารสีเข้าสู่ภายในเซลล์บางส่วนจึงทำให้ค่าการดูดกลืนแสงมีค่าลดลงและเมื่อเซลล์แบคทีเรียมีการปล่อยสารสีที่ดูดซับออกมาค่าการดูดกลืนแสงก็มีค่าเพิ่มขึ้น (ธิติณัฏฐ์, 2552) ซึ่งสอดคล้องกับ Pearce *et al.* (2003) ที่กล่าวว่ากลไกในการกำจัดสีอะโซโดยแบคทีเรียอย่างง่าย คือ การที่แบคทีเรียนั้นดูดซับสีเข้าสู่ชีวมวลเซลล์ของตัวแบคทีเรียนั้นเอง ซึ่งการกำจัดสีด้วยกระบวนการนี้มีความคล้ายคลึงกับกระบวนการทางกายภาพ คือ จะไม่มีความคงตัวในการกำจัดสีในระยะยาวเพราะว่าเมื่อเวลาผ่านไปภายในตัวเซลล์แบคทีเรียจะอิ่มตัวไปด้วยสี เช่นเดียวกับ Robinson *et al.* (2001) ที่กล่าวว่าการดูดซับสีจะเกิดขึ้นเมื่อสภาวะไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้มีการดูดซับสีเข้าไปในชีวมวลเซลล์

Table 2 Absorbance at 563 nm of synthetic wastewater after decolorization by isolate SP-L1 in presence of different initial dye concentrations

Dye concentrations	Initial absorbance	Observed absorbance at 563 nm				
		2 day	4 day	6 day	8 day	10 day
100 mg/l	1.92	0.26	0.21	0.20	0.19	0.18
150 mg/l	2.74	0.28	0.19	0.20	0.22	0.20
200 mg/l	3.35	1.13	0.55	0.47	0.48	0.47
250 mg/l	4.80	1.32	0.73	0.69	0.70	0.68
300 mg/l	5.68	1.44	1.10	0.96	0.96	0.90
350 mg/l	7.16	2.19	2.05	1.78	1.64	1.58
400 mg/l	7.22	1.93	1.42	1.35	1.35	1.47
450 mg/l	8.98	2.00	1.04	0.94	1.00	0.98
500 mg/l	9.63	3.11	2.12	2.06	2.13	2.07

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองคัดแยกเชื้อจากตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการย้อมผ้า น้ำจากถังพักน้ำเสียรวม และดินบริเวณโรงงานฟอกย้อม พบว่า มีเชื้อแบคทีเรียที่สามารถกำจัดสีได้จำนวน 15 ไอโซเลท โดยเชื้อแบคทีเรีย ไอโซเลท SP-L1 ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการย้อมผ้ามีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับไอโซเลทอื่นๆ ที่คัดแยกได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$ ส่วนการทดสอบความสามารถในการกำจัดสีที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้นต่างกันคือ 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าเชื้อแบคทีเรียไอโซเลท SP-L1 มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีที่ความเข้มข้นสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบในช่วง 100-250 มิลลิกรัมต่อลิตร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ธิติณัฏฐ์ คำใจ. 2552. **การศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการบำบัดน้ำเสียที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

Carliell, C.M., S.J. Barclay, N. Naidoo, C.A. Buckley, D.A. Mulholland and E. Senior. 1995. Microbial decolorization of reactive azo dye under anaerobic conditions. **Water SA**. 21: 61-69.

Direk, F.B., H.M. Taplamacioglu and E. Tarlan. 1999. Colour and AOX removal from Pluping effluents by algae. **Applied Microbiology and Biotechnology.** 52: 585-591.

Guimaraes, C., C. Matos, J. Azeredo, M. Mota and R.Oliveira. 2002.The importance of the morphology and hydrophobicity of different carriers on the immobilization and sugar refinery effluent degradation activity of *Phanerochaete chrysosporium.* **Biotechnology Letters.** 24: 795-800.

Kuo, C.C., Y.W. Jane, J.L.Dar and J.H. Sz-Chuwun. 2003. Decolorization of the textile dyes by newly isolated bacterial strains. **Journal of Biotechnology.** 101:57-68.

Pearce, C. I., J. R. Lloyd and J .G. Guthrie. 2003. The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: a review. **Dyes and Pigments**. 58:179-196.

Robinson, T., G. McMullan, R. Marchant and P. Nigam. 2001. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with aproposed alternative. **Bioresource Technology**. 77: 247-255.

Sani, R.K. and U.C. Banerjee. 1999. Decolorization of triphenylmetane dyes and dye-stuff effluent by *Kurthia* sp.. **Enzyme Microbiology and Technology.** 24: 433-437.

วิธีการสกัดและสมบัติของน้ำมันมะเยาหิน

Extraction Methods and Properties of Tung Oil

อุกฤต สมัครสมาน[1*] ณัฐวุฒิ ดุษฎี[1] นิกราน หอมดวง[1] กิตติกร สาสุจิตต์[1] และอัจฉรา แกล้วกล้า[2]

Ukrit Samaksaman[1], Nutthawud Dusadee[1], Nikran Homduang[1], Kittikorn Sasujit[1] and Achara Kleawkla[2]

[1]ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2] ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1] Energy Research Center, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2] Department of Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: ukrits_a@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันมะเยาหินที่เหมาะสม และศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพ โดยศึกษาวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน พบว่าได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันสูงสุด 37.24% และการหีบสกัดเชิงกล ได้แก่ การหีบสกัดแบบสกรูและแบบไฮดรอลิค พบว่าได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันอยู่ในช่วง 17.79-25.35% และมีน้ำมันเหลืออยู่ในกากประมาณ 5.99-14.65% น้ำมันมะเยาหินมีค่าความเป็นกรดอยู่ในช่วง 1.09-3.62 mgKOH/g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการส่งออกน้ำมันมะเยาหินของประเทศจีน น้ำมันมะเยาหินมีค่าความร้อนเท่ากับ 40.73 MJ/kg ซึ่งใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล แต่ความหนืดมีค่าสูงกว่า การใช้งานด้านเชื้อเพลิงทดแทนจำเป็นต้องมีการใช้งานในรูปไบโอดีเซลบริสุทธิ์หรือไบโอดีเซลผสม การศึกษาองค์ประกอบกรดไขมันด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีแมสสเปกโทรเมทรี พบว่าองค์ประกอบหลักเป็นกรดไขมันชนิดแอลฟา-อีลิโอสเตียริค 74.97%, กรดไขมันชนิดอื่นรวม 22.95% และสารอินทรีย์ชนิดอื่น 1.17%

คำสำคัญ: มะเยาหิน การสกัดน้ำมัน กรดไขมัน แอลฟา-อีลิโอสเตียริค

Abstract

The aims of this study were to study the physical properties of Tung oil and to determine the most suitable conditions and appropriate methods for its extraction. The mechanical processes including screw press and hydraulic press and solvent extraction using n-hexane were used for oil extraction. The solvent extraction procedure yielded 37.24%, the highest recorded in this experiment. The mechanical processes yielded 17.79-25.35 %. Residual oil in the pressed cake was determined to be 5.99-14.65% and acid value was 1.09-3.62 mgKOH/g. These results are within the China's export standards. A heating value of 40.73 MJ/kg was obtained for Tung oil,

which is close to the heating value of diesel. However, Tung oil has a higher kinematic viscosity than diesel. The stability of Tung oil can be improved by blending Tung oil biodiesel with diesel or B100. The lipid content of Tung oil was deteremined by gas chromatography-mass spectometry. The major fatty acid identified was α-eleostearic acid (74.97%), other fatty acids totaled 22.95% while unknowns composed 1.17%.

Keywords: tung oil, oil extraction, fatty acid, α-eleostearic acid

คำนำ

สภาวการณ์ปัจจุบัน ราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยในฐานะที่ต้องนำเข้าน้ำมันเพื่อการพัฒนาประเทศ ได้รับผลกระทบจากวิกฤตการณ์ด้านพลังงานโดยตรง โดยเฉพาะผลกระทบด้านราคาน้ำมันที่ผันผวน รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมและสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทน เช่น การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานน้ำ เป็นต้น รวมทั้งการสนับสนุนให้มีการเพิ่มพื้นที่ปลูกพืชน้ำมัน เช่น ปาล์มน้ำมัน และสบู่ดำ เพื่อรองรับปัญหาด้านการขาดแคลนวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลในอนาคต

ต้นมะเยาหิน (Tung oil trees) เป็นพืชน้ำมันชนิดใหม่สำหรับประเทศไทย ปัจจุบันมีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย หนองคาย และนครพนม เป็นต้น มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Aleurtes montana* ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อการค้าในตอนบนของประเทศลาวและเวียดนาม (ณัฐวุฒิ และคณะ, 2552) มีต้นกำเนิดอยู่ในประเทศจีน จึงนิยมเรียกว่า China wood oil ลำต้นมีลักษณะคล้ายต้นหูกวาง ใบมี 3-5 แฉก ดอกมีสีขาวปนชมพู ผลอ่อนจะมีลักษณะคล้ายมะนาว แต่เมื่อแก่จะมีเส้นนูนเกิดขึ้นรอบผล ผลแบ่งออกเป็น 3-4 พู ภายในมีเมล็ดที่มีเปลือกแข็ง เนื้อมีสีขาวปนเหลือง และมีปริมาณน้ำมัน 30-40% โดยน้ำหนักเมล็ด ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 มะเยาหินพืชน้ำมันชนิดใหม่

น้ำมันมะเยาหินเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมสี น้ำมันเคลือบเงา และหมึกพิมพ์ โดยมีประวัติการใช้งานมาช้านานตั้งแต่ 400 ปีก่อนคริสตกาล และมีการกล่าวถึงการใช้งานน้ำมันมะเยาหินในงานเขียนของขงจื้อ เมื่อกว่า 2,400 ปี โดยใช้น้ำมันสำหรับการเคลือบอิฐในการก่อสร้างพระราชวัง และในปี ค.ศ. 1905 มะเยาหินเป็นที่รู้จักโดยทั่วไป เมื่อมีการปลูกพืชชนิดนี้ในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศสหรัฐอเมริกาและทวีปอเมริกา (Duke, 1983)

นอกจากการใช้งานด้านอุตสาหกรรมสีและน้ำมันเคลือบเงาแล้ว น้ำมันมะเยาหินมีคุณสมบัติที่ดีในการใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซล (ณัฐวุฒิ และคณะ, 2552) และประเทศจีนได้ส่งเสริมให้ใช้น้ำมันมะเยาหินเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากมีการเพาะปลูกกันมากในพื้นที่ทางตอนใต้ (Shang *et al*., 2009) การศึกษาปริมาณน้ำมันที่มีอยู่ในเมล็ดมะเยาหิน (*Aleurtes fordii*) ด้วยการหีบสกัดเชิงกลแบบไฮดรอลิค พบว่ามะเยาหินมีปริมาณน้ำมันสูงสุด 48.7% (Mckinney *et al*., 1942) และการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันมะเยาหิน พบว่ามีกรดไขมันชนิดกรด α-eleostearic เป็นองค์ประกอบหลักประมาณ 80% ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีสายโซ่คาร์บอน เท่ากับ C18:3 (Park. *et al*., 2008)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมะเยาหินมีรายงานอย่างต่อเนื่อง ในช่วงต้น ค.ศ. 1900 ส่วนในช่วง 30 ปีที่ผ่านมาไม่มีรายงานวิจัยโดยเฉพาะในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาในเรื่องนี้ งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาในเบื้องต้นที่จะได้มาซึ่งน้ำมันมะเยาหิน โดยศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันและสมบัติของน้ำมันมะเยาหิน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาน้ำมันมะเยาหินด้านพลังงานทดแทนและด้านอื่นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ วิธีการสกัดน้ำมัน และการศึกษาสมบัติของน้ำมันมะเยาหิน โดยมีรูปแบบดังนี้

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะเยาหิน

(1) เครื่องหีบสกัดแบบสกรู (2) เครื่องหีบสกัดแบบไฮดรอลิค (3) ชุดสกัดแบบซอคเลต

ภาพที่ 2 อุปกรณ์การสกัดน้ำมันที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาการหีบสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะเยาหินด้วยเครื่องหีบสกัดแบบสกรู (Screw press) จะได้น้ำมันมะเยาหินดิบทิ้งไว้ข้ามคืนให้ตกตะกอน แล้วนำส่วนที่เป็นน้ำมันมากรองและชั่งน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้และนำส่วนที่เป็นกากไปสกัดด้วยตัวทำละลาย เพื่อคำนวณหาปริมาณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตทั้งหมด

และการศึกษาการหีบสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะเยาหินด้วยเครื่องหีบสกัดแบบไฮดรอลิค (Hydraulic press) โดยการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิของการอบก่อนการหีบ ตั้งแต่อุณหภูมิ 28-120°C กำหนดเวลาในการอบ 30 นาที ค่าความดันของกระบอกอัดสูงสุด (3,200 Psi) และเวลาที่ในการกดทับประมาณ 10 นาที

จะได้น้ำมันมะเยาหินดิบทิ้งไว้ข้ามคืนให้ตกตะกอน แล้วนำส่วนที่เป็นน้ำมันไปกรองและชั่งน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ นำส่วนที่เป็นกากไปสกัดด้วยตัวทำละลาย เพื่อหาปริมาณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตทั้งหมด

จากนั้นทำการศึกษาการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย สภาวะที่ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิในการอบก่อนการสกัด ตั้งแต่ 80–100°C เวลาในการสกัด ตั้งแต่ 2-10 ชั่วโมง และอัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลาย ตั้งแต่ 1:6–1:16 (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยกำหนดอุณหภูมิของตัวทำละลายขณะสกัด 65°C ในเบื้องต้น น้ำมันมะเยาหินที่ได้จะต้องวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด ปริมาณกรดไขมันอิสระ สมบัติทางเคมีและกายภาพตามมาตรฐานของการทดสอบต่อไป

การศึกษาสมบัติของน้ำมันมะเยาหิน

การศึกษาสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐาน ได้แก่ ความหนาแน่น, ค่าความเป็นกรด, ค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C, จุดวาบไฟ, ค่าความร้อน, และปริมาณเถ้า เป็นต้น จากนั้นทำการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี และการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรีต่อไป

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ในเบื้องต้นศึกษาการอบเมล็ดมะเยาหินในห้องอบลมร้อนที่อุณหภูมิคงที่ 80°C (Mckinney *et. al.,* 1942) จากการทดลองพบว่าน้ำหนักของเมล็ดมะเยาหินลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงอุณหภูมิเริ่มต้นจนถึง 4 ชั่วโมง แล้วลดลงอย่างช้าๆ ในช่วง 4 ถึง 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นน้ำหนักของเมล็ดมะเยาหินจะลดลงและคงที่ในช่วงหลังจากอบแห้งผ่านไปแล้ว 5 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักสุดท้ายของมะเยาหินในชั่วโมงที่ 5 ถึง 12 อยู่ในช่วง 98.08–93.12 กรัม เมื่อคิดเป็นค่าความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้าย พบว่ามีค่าเท่ากับ 6.45%wb. และ 0.04%wb. ตามลำดับ ดังนั้นระยะเวลาอบแห้งเมล็ดมะเยาหินในช่วง 4-5 ชั่วโมง เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมซึ่งทำให้ค่าความชื้นในเมล็ดมะเยาหินอยู่ในช่วงลดลงจนเริ่มคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดมะเยาหินมีลักษณะของผิวที่มีความหนาและแข็ง ทำให้ความชื้นจากอากาศภายนอกมีผลต่อเมล็ดมะเยาหินน้อยมาก ซึ่งเป็นผลดีต่อการเก็บรักษาเมล็ดมะเยาหินไว้ได้นาน

ผลการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะเยาหิน

ผลการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะเยาหินด้วยเครื่องหีบสกัดแบบสกรู

ผลการหีบสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะเยาหินด้วยเครื่องหีบสกัดแบบสกรู พบว่า น้ำมันที่หีบสกัดได้มีปริมาณสูงสุด 22.16% ของน้ำหนักตัวอย่าง ขณะเดียวกันเมื่อนำกากตะกอน (Press Cake) ที่เหลือจากกระบวนการไปสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน (n-Haxane) พบว่าได้ปริมาณน้ำมัน 14.65% ของน้ำหนักตัวอย่าง และเมื่อนำน้ำมันมะเยาหินที่หีบสกัดได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี พบว่ามีค่าความเป็นกรดเฉลี่ย 3.62 mgKOH/g คิดเป็นกรดไขมันอิสระได้ 1.82%

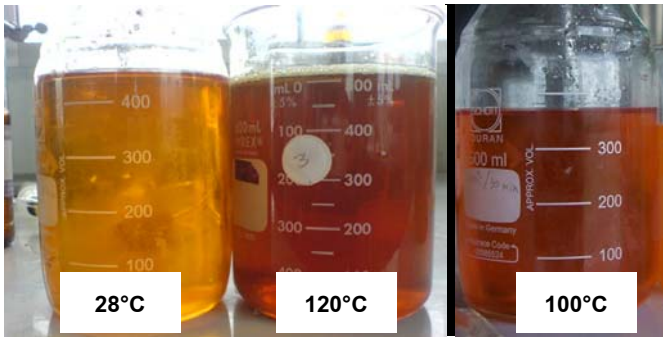
ผลการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะเยาหินด้วยเครื่องหีบสกัดแบบไฮดรอลิค

ผลการหีบสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะเยาหินด้วยเครื่องหีบสกัดแบบไฮดรอลิค พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการอบเมล็ดมะเยาหินมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่หีบสกัดได้ เนื่องจากความร้อนจะทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันลดลง และทำให้น้ำมันไหลออกมาจากเมล็ดได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบการหีบเมล็ดมะเยาหินที่อุณหภูมิอบแห้งเมล็ดในช่วง 28°C ถึง 120°C พบว่า ได้ปริมาณน้ำมันจากการหีบสกัดอยู่ในช่วง 17.79-25.35% โดยที่อุณหภูมิอบแห้ง 120 °C จะได้ปริมาณน้ำมันจากการหีบสกัดได้สูงสุด และเมื่อนำกากที่เหลือจากกระบวนการไปสกัดด้วยตัวทำละลาย พบว่าได้ปริมาณน้ำมันในช่วง 5.99-13.19% ของน้ำหนักตัวอย่าง จากนั้นนำน้ำมันที่หีบสกัดได้เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมี พบว่ามีค่าความเป็นกรดอยู่ในช่วง 1.09-2.83 mgKOH/g คิดเป็นกรดไขมันอิสระอยู่ในช่วง 0.55-1.42% แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การสกัดน้ำมันมะเยาหินด้วยเครื่องหีบสกัดแบบสกรูและแบบไฮดรอลิค

Oil Extraction	Temp. (°C)	Time (min)	Sample (g)	Crude oil (1)		Cake oil (2)		Total oil (1)+(2)	Yield (%)	Acid Value (mgKOH/g)	FFA (%)
				(g)	(%)	(g)	(%)	(g)			
Screw press	28	30	105.66	23.41	22.16	15.48	14.65	38.88	36.8	3.62	1.82
Hydraulic press	28		100.34	17.85	17.79	13.23	13.19	31.08	30.97	2.83	1.42
	60		100.59	18.03	17.92	13.2	13.12	31.31	31.13	1.65	0.83
	80		100.81	19.89	19.73	12.24	12.14	32.23	31.97	1.09	0.55
	90		102.13	21.84	21.38	10.68	10.46	32.71	32.13	2.64	1.33
	100		102.36	23.37	22.83	8.69	8.49	32.27	31.53	1.66	0.83
	120		100.24	25.45	25.39	6.00	5.99	31.46	31.58	1.87	0.94

จากการหีบสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะเยาหินด้วยวิธีทางกลทั้ง 2 วิธี พบว่าอุณหภูมิอบแห้งมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่หีบสกัดได้เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มสูงขึ้นแนวโน้มปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เมื่อนำปริมาณน้ำมันรวมที่ได้จากการหีบสกัดแบบสกรู ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเฉลี่ย 36.80% และจากการหีบสกัดแบบไฮดรอลิค ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันรวมเฉลี่ย 30.97% ที่อุณหภูมิอบแห้ง 28°C เป็นเวลา 30 นาที และการหีบสกัดแบบไฮดรอลิคที่อุณหภูมิ 90°C จะให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันรวมสูงสุด 32.13% ลักษณะน้ำมันมะเยาหิน แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะของน้ำมันที่สกัดได้ที่ช่วงอุณหภูมิอบแห้งต่างๆ

ผลการทดสอบการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย

การสกัดน้ำมันมะเยาหินด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน (n-Haxane) โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิของการอบก่อนการสกัดและระยะเวลาในการสกัด โดยใช้ปริมาณผลผลิตน้ำมันและค่าความเป็นกรดของน้ำมันเป็นตัวชี้วัด โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมด้วยวิธี Response Surface Methodology หรือ RSM ซึ่งในขั้นต้นนั้นได้ทำการทดสอบการสกัดด้วยตัวทำละลาย เพื่อศึกษาระยะเวลาในการสกัดทางเคมีที่ให้ปริมาณผลผลิตสูง ซึ่งพบว่าที่อัตราส่วนผลผลิตต่อตัวทำละลาย 1:6 ที่ระยะเวลาการสกัดน้ำมัน 6-10 ชั่วโมง จะให้ผลผลิตน้ำมันเฉลี่ย 37.24% ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ระยะเวลาการสกัดน้ำมันที่ 6 ชั่วโมง เนื่องจากให้ปริมาณผลผลิตที่ได้เมื่อเทียบกับการสกัด 10 ชั่วโมง มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแตกต่างกัน 1.30% แต่ใช้ระยะเวลาการสกัดน้อยกว่า ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2

จากผลการทดสอบการสกัดเบื้องต้นเมื่อได้ระยะเวลาการสกัดที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการทดสอบการสกัดด้วยตัวทำละลายที่อัตราส่วน ตัวอย่าง : ตัวทำละลาย ที่สัดส่วนต่าง ๆ พบว่า อัตราส่วนน้ำหนักตัวอย่างต่อปริมาตรตัวทำละลาย เท่ากับ 1:12 (w/v) จะให้ปริมาณน้ำมันสูงสุดเฉลี่ย เท่ากับ 37.24% มีค่าความเป็นกรด 2.06 mgKOH/mg และมีปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับ 1.03% แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมของการสกัดน้ำมันมะเยาหินด้วยตัวทำละลาย

Ratio (w/v)	Solvent (ml.)	Times (hr)	Yields (%)	Acid Value	%FFA
1:6	150	2	22.23	1.59	0.80
	150	4	36.00	1.72	0.86
	150	6	37.06	1.47	0.74
	150	8	37.12	1.37	0.69
	150	10	37.54	1.25	0.63

ตารางที่ 3 การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของการสกัดน้ำมันมะเยาหินด้วยตัวทำละลาย

Ratio (w/v)	Solvent (ml.)	Time (hr)	Sample (g)		Crude Oil (g)		Yield (%)		Yield Avg. (%)	Acid Value (mgKOH/g)	%FFA
			1	2	1	2	1	2			
1:6	150	6	25.02	25.00	7.71	6.52	30.82	26.08	28.45	1.96	0.98
1:8	200	6	25.03	25.13	7.19	6.88	28.73	27.38	28.05	2.94	1.48
1:10	250	6	25.00	25.04	8.45	8.76	33.80	34.98	34.39	1.47	0.74
1:12	300	6	25.16	25.13	9.69	9.04	38.51	35.97	37.24	2.06	1.03
1:14	350	6	25.03	25.21	9.74	8.51	38.91	33.76	36.33	3.38	1.70
1:16	400	6	25.00	25.26	7.68	8.35	30.72	33.06	31.89	3.23	1.62

การศึกษาสมบัติของน้ำมันมะเยาหิน

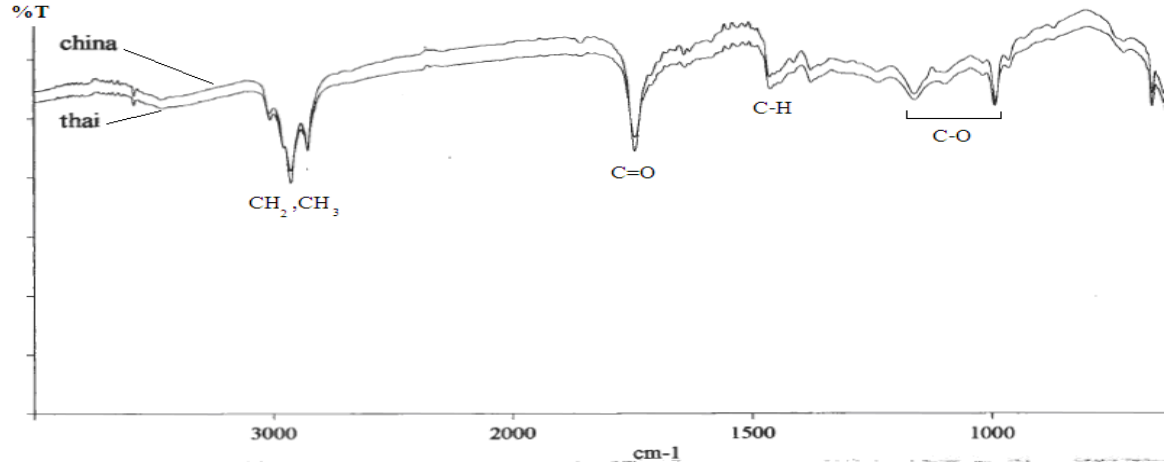
น้ำมันมะเยาหินที่ใช้ในการศึกษาสมบัติเป็นน้ำมันที่ได้จากเครื่องหีบสกัดแบบสกรู จากการทดลองพบว่า น้ำมันมะเยาหินมีค่าความร้อน เท่ากับ 40.73 MJ/kg มีจุดวาบไฟ 252°C มีค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C เท่ากับ 87.06 เซนติสโตกส์ (cSt) ซึ่งน้ำมันมะเยาหินมีค่าความร้อนเหมาะสมกับการใช้งานในเครื่องยนต์ดีเซลแต่มีค่าความหนืดสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่น ดังนั้นการพัฒนาน้ำมัน

มะเยาหินให้เหมาะสมกับการใช้งานด้านพลังงานทดแทน จำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมัน โดยแปรรูปให้เป็นไบโอดีเซลหรือใช้เป็นน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันมะเยาหินกับน้ำมันดีเซล ซึ่งสมบัติของน้ำมันมะเยาหินด้านต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันมะเยาหิน

Properties	Tung oil	Method
Viscosity @ 40°C (cSt)	87.06	ASTM D445
Density @ 15°C (kg/m^3)	938.7	ASTM D4052
Flash point (°C)	252	ASTM D93
Heating Value (MJ/kg)	40.73	ASTM D240
Acid Value (mgKOH/g)	3.82	ASTM D664
Ash (%wt.)	0.03	ASTM D482

การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของน้ำมันมะเยาหินที่ผลิตได้ เปรียบเทียบกับน้ำมันมะเยาหินที่นำเข้าจากประเทศจีน (Tung oil, Gemon) ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี ดังภาพที่ 4 พบว่า น้ำมันมะเยาหินทั้งสองมีหมู่ฟังก์ชันสอดคล้องกัน ซึ่งตอบสนองความถี่ของคลื่นอินฟราเรดในช่วง 2850-2950 cm^{-1} (CH_2, CH_3 stretching), 1735 cm^{-1} (C=O stretching) และ 1160-1195 cm^{-1} (C-O stretching) แสดงว่าเป็นสารประกอบอินทรีย์จำพวกเอสเทอร์ของกรดไขมัน



ภาพที่ 4 สเปกตรัมของน้ำมันมะเยาหินที่ผลิตได้เทียบกับน้ำมันที่นำเข้าจากประเทศจีน

การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันมะเยาหิน ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรี พบว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันมะเยาหิน มีค่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ 98.83% ซึ่งชนิดของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสามารถระบุชนิดของกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันตั้งต้นได้ น้ำมันมะเยาหินที่รวบรวมได้จากพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว จำพวก 9,11,13-Octadecatrienoic acid หรือ α-Eleostearic acid เท่ากับ 74.97% มีกรดไขมันชนิดอื่น เท่ากับ 22.95% และสารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่น เท่ากับ 1.17%

สรุปผลการวิจัย

การหีบสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะเยาหินด้วยเครื่องหีบสกัดแบบสกรูเป็นวิธีการสกัดที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะได้ปริมาณน้ำมันมะเยาหินประมาณ 22% ของน้ำหนักตัวอย่าง และที่สำคัญกระบวนการหีบสกัดสามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง แต่จะมีน้ำมันส่วนหนึ่งตกค้างอยู่ในกาก จำเป็นต้องใช้การสกัดด้วยตัวทำละลาย นอกจากนั้นสมบัติของน้ำมันมะเยาหินด้านค่าความร้อนและจุดวาบไฟเหมาะสมกับการใช้งานในเครื่องยนต์ดีเซล อีกทั้งน้ำมันมะเยาหินสามารถผลิตให้เป็นไบโอดีเซลหรือเมทิลเอสเทอร์ที่มีความบริสุทธิ์ประมาณ 99% ซึ่งเหมาะสำหรับการพัฒนาให้เป็นพืชน้ำมันเพื่อผลิตเป็นไบโอดีเซลและใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (เครือข่ายภาคเหนือ)

เอกสารอ้างอิง

ณัฐวุฒิ ดุษฎี อัจฉรา แกล้วกล้า นิกราน หอมดวง สัมฤทธิ์ อัครปะชะ และณัฐพล อุตเรือน. 2552. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชน้ำมันชนิดใหม่ (มะเยาหิน) สำหรับภาคเหนือของประเทศไทย**. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เครือข่ายภาคเหนือ. หน้า 34.

James, A.D. 1983. *Aleurites fordii* Hemsl., Euphorbiaceae, tung oil tree. **Handbook of energy crops.** Unpublished.

Park, J.Y., D.K. Kim, Z.M. Wang, P. Lu, S.C. Park, and J.S. Lee. 2008. Production and characterization of biodiesel from tung oil. **Applied biochemistry and biotechnology**.148: 109-117.

Qiong S., W. Jiang, H. Lu, and B. Liang. 2010. Properties of tung oil biodiesel and its blends with $0^{\#}$ diesel. **Bioresource technology.**101(2): 826-828.

Mckinney R.S. and N.J. Halbrook. 1942. The processing of tung fruit for oil. **Oil & soap:** 182-185.

การหาสภาวะที่เหมาะสมโดยวิธีพื้นผิวตอบสนอง สำหรับการย่อยสลายสีย้อมด้วยปฏิกิริยาการเร่งด้วยแสงบน TiO_2/GAC ภายใต้การฉายแสงยูวี

The Optimization by Response Surface Methodology for Photocatalytic Degradation of Dyes over TiO_2/GAC under UV Irradiation

สุฌานี หวันตาหลา[1*] นุรักษ์ กฤษดานุรักษ์[2] และปีติ พูนไชยศรี[1]

Suchanee Wantala[1], Nurak Grisdanurak[2] and Peeti Poonchaisri[1]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์; ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย เครือข่าย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12121

[1]School of Health Science (Intrustial Environment Management) Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, Thailand 11120

[2]Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering; National center of Excelence for Environmental and Hazardous Waste Management: Thammasat University, Pathumthani, Thailand 12121

*Coressponding authur: bammbu089@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสลายเมทิลีนบลู (MB) โดยปฏิกิริยาการเร่งด้วยแสงโดยมีไททาเนียมไดออกไซด์/ถ่านกัมมันต์ (TiO_2/GAC) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ภายใต้การฉายแสงยูวีที่เตรียมโดยวิธีเอิบชุ่ม ได้ออกแบบการทดลองด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนองได้ถูกนำมาใช้ในการออกแบบการทดลองในปัจจัยต่างดังนี้ ผลของความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมเริ่มต้น ปริมาณของ TiO_2/GAC และค่า pH ของสารละลายเริ่มต้น ผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพการสลายสีย้อมขึ้นอยู่กับปริมาณของ TiO_2/GAC และความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม โดยพบว่าประสิทธิภาพการสลายสีย้อม MB เพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณของ TiO_2/GAC มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น และประสิทธิภาพการสลายสีย้อมลดลงเมื่อปริมาณความเข้มข้นของสีย้อมมากขึ้น พบว่าค่า pH ของสารละลายไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของปฏิกิริยาการสลายสีย้อม โดยปฏิกิริยาการเร่งด้วยแสง

คำสำคัญ: ปฏิกิริยาการเร่งด้วยแสง ไททาเนียมไดออกไซด์/ถ่านกัมมันต์ สีย้อม

Abstract

In this work, the degradation of methylene blue (MB) by photocatalytic process over TiO_2/GAC catalyst under ultraviolet irradiation was studied. The TiO_2 loaded on GAC was prepared by impregnation method. The Response Surface Methodology was used to design experiment on the effect of initial MB concentration, catalytyst loading and initial pH solution. The results were found that the removal efficiency depended on initial MB concentration, and catalytyst loading. Removal efficiency increased with increasing of catalyst loading and decreased with increasing

initial MB concentrations. The pH of solution did not effect on removal efficiency of MB by photocatalytic reaction.

Keywords: photocatalytic, TiO_2/GAC, dyes

คำนำ

อุตสาหกรรมสิ่งทอหรืออุตสาหกรรมฟอกย้อมเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทย โดยมีมูลค่าการส่งออกเป็นอันดับต้นๆ ของการส่งออกทั้งหมด แต่เนื่องจากอุตสาหกรรมดังกล่าวปล่อยน้ำเสียที่ประกอบด้วยสารประกอบที่ยากต่อการบำบัด คือ สีสังเคราะห์ที่ใช้ในกระบวนการย้อมผ้า ทำให้เกิดผลกระทบต่างๆ ต่อสิ่งแวดล้อมมากมาย ดังนั้นการบำบัดสีย้อมดังกล่าว จำเป็นจะต้องใช้ระบบการบำบัดขั้นสูง เช่น การตกตะกอนด้วยสารเคมี การดูดซับด้วยถ่านกำมันต์ (กิติโรจน์ และคณะ, 2550; ปรางศิริ, 2551) ซึ่งระบบบำบัดการดูดซับด้วยถ่านกำมันต์ หรือ Activated Carbon สามารถใช้กำจัดสีย้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่มีข้อจำกัดของระบบคือ การกำจัดสีย้อมด้วยกระบวนการดูดซับบนถ่านกัมมันต์ เป็นกระบวนการที่ทำให้โมเลกุลของสีย้อมดูดติดบนผิวของถ่านกัมมันต์ ดังนั้นประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณรูพรุนของถ่านกัมมันต์เพราะพื้นที่ผิวมีความจำเพาะมากขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีกระบวนการกำจัดถ่านกัมมันต์ที่ใช้แล้วอีกต่อหนึ่ง ส่วนการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงในระบบบำบัดนั้น (วิไลวรรณ, 2548; สวนีย์, 2551) ผลที่ได้จากผลิตภัณฑ์ คือ คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ แต่มีข้อจำกัดคือ การแยกตัวเร่งออกหลังจากทำปฏิกิริยาเสร็จ โดยในปัจจุบันได้มีการศึกษาโดยการนำ ตัวเร่ง TiO_2 อัดลงบนถ่านกัมมันต์เพื่อใช้ในการย่อยสารมลพิษต่างๆ (Tsukasa *et al.*, 1997; Rusheng *et al.*, 2005a,b; Merabet *et al.*, 2008) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจจะนำตัวเร่งทางการค้า (TiO_2 P25) ไปอัดลงบนเม็ดถ่านกัมมันต์ ซึ่งสามารถเพิ่มการดูดซับและสามารถแยกออกได้ง่าย หลังจากเสร็จสิ้นการย่อยสลาย รวมถึงการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของการทำปฏิกิริยา และผลของปัจจัยต่างๆ ต่อประสิทธิภาพของปฏิกิริยาโดยใช้ Response Surface Methodology (RSM) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถลดจำนวนการทดลองลงได้

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพและลดข้อจำกัดของระบบการบำบัดสีย้อมโดยใช้การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ทำการศึกษาการกำจัดสีย้อมออกจากจากถ่านกัมมันต์ โดยใช้ไททาเนียมออกไซด์ ในปฏิกิริยาการเร่งด้วยแสง (Photocatalytic) เพื่อเปลี่ยนสารมลพิษไปเป็น คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รวมถึงการยืดอายุการใช้งานของถ่านกัมมันต์อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

สารเคมี

Tinanium dioxide P25 ของบริษัท Degussa ประเทศญี่ปุ่น Methylene Blue (MB) ของบริษัท Merck ประเทศเยอรมันนี นำไปละลายในน้ำกลั่น ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด

วิธีวิจัย

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา และวิเคราะห์คุณลักษณะของตัวเร่งปฏิกิยา

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา TiO_2/GAC ใช้วิธีจุ่มชุบ (Impregnation Technique) ซึ่งได้ทำการพัฒนาจากงานของ Rusheng *et al.* (2005a,b) โดยการนำไทเทเนียม (TiO_2 P25) (TiO_2/GAC mass ratio = 0.1) ใส่ในอะซีโตน (Acetone) และเติม Epoxy resin ซึ่งเป็นสารเชื่อมประสาน คนให้เข้ากันใช้เวลาประมาณ 15 นาที เติมถ่านกัมมันต์ คนต่ออีก 2 ชั่วโมง นำไปอบแห้งในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปเผาที่อุณหภูมิ 460 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในบรรยากาศไนโตรเจน

นำไปวิเคราะห์คุณลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีย้อมเอ็กซ์ โดยใช้เครื่อง X-ray diffraction (XRD, Bruker D8) และเครื่อง UV-visible diffuse reflectance spectrophotometer (UV-DRs, Hitachi 3501) วิเคราะห์หาปริมาณการดูดซับแสงเพื่อคำนวณหาแถบพลังงาน (band gap energy)

การทดสอบประสิทธิภาพการสลายสีย้อม ภายใต้แสงยูวี (แบลคไลท์ 18 วัตต์)

การทดสอบการย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาการเร่งด้วยแสง ชุดทดลองประกอบด้วย หลอดไฟแบลคไลท์ 18 วัตต์ เป็นแหล่งกำเนิดแสง ให้ 0.12 มว./ซ^3 ดังแสดงใน Figure 1 ตรวจสอบประสิทธิภาพของปฏิกิริยาการสลายสีย้อมโดยใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีย้อม 20 มก./ล. ปริมาณ TiO_2/GAC เท่ากับ 8 มก./ล. pH 8 ภายใต้แสงยูวี (Black light 18 W) ปริมาตรสารละลายสีย้อม 200 มล. คนสารละลายให้เข้ากันในที่มืด เป็นเวลา 60 นาที เพื่อให้เกิดการดูดซับก่อน จากนั้นเปิดแสงเพื่อให้เกิดการย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาการเร่งด้วยแสง เป็นเวลา

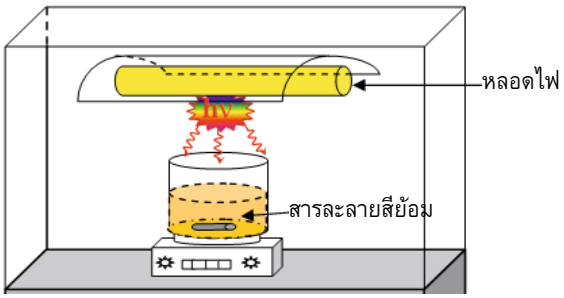


Figure 1 The schematic of photoreactor (Merabet *et al.*, 2008)

ในการทดลอง 60 นาที สารละลายสีย้อมที่เหลือจากการทำปฏิกิยา ทำการแยกตัวเร่งออกด้วยการหมุนเหวี่ยง วัดความเข้มข้นสีย้อม ด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer (UV/vis, Jusco 608) ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 460 นาโนเมตร

การศึกษาโดยเปรียบเทียบความสามารถการสลายสีย้อม MB ด้วยวิธีการดูดซับ กับวิธีการดูดซับร่วมกับปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติค โดยออกแบบการทดลองด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM) แบบ Central composite และสามารถคำนวณ %ย่อยสลาย MB ด้วยสมการที่ 1

$$\%\text{ย่อยสลาย MB} = \frac{(\text{ความเข้มข้นเวลาเริ่มต้น} - \text{ความเข้มข้นเวลาสุดท้าย})\ (\text{มก./ล.})}{\text{ความเข้มข้นเริ่มต้น (มก./ล.)}} \times 100 \qquad (1)$$

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา

สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการย่อยสลายสีย้อม คือ ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 P25) ที่เคลือบอยู่บนถ่านกัมมันต์ ผลวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยวิธี XRD พบว่า ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 P25) เฟสของรูไทล์ (Rutile) ได้หายไป พบเพียงเฟสอนาเทสเพียงอย่างเดียว หลังจากที่ทำการอัดลงบนถ่านกัมมันต์แล้ว ดังแสดงใน Figure 2 และเมื่อวิเคราะห์หาปริมาณการดูดซับแสงโดยวิธี UV-DRs ดังแสดงใน Figure 3

Table 1 Band edge wavelength and band gap energy of photocatalysts

ชื่อ	Band egde wavelength (nm)	Band gap energy (eV)
GAC	ND	ND
TiO_2 P25	385	3.18
TiO_2/GAC	380	3.2

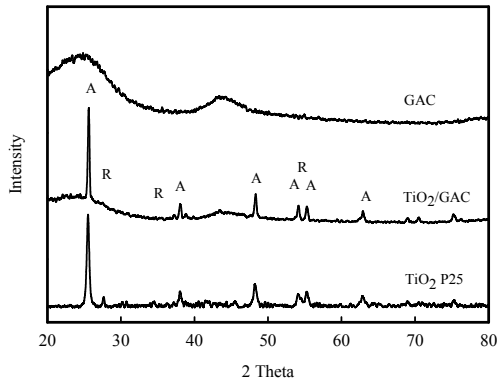


Figure 2 XRD patterns of GAC, TiO_2 P25 and TiO_2/GAC

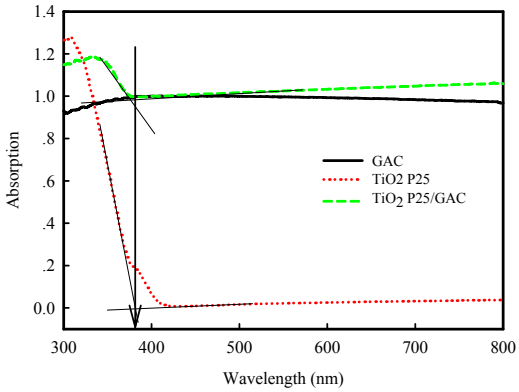


Figure 3 UV-DR spectra of GAC, TiO_2 P25 and TiO_2/GAC

พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่อัด TiO_2/GAC มีการกระตุ้นของอิเล็กตรอน จากแถบชั้นวาเลนไปสู่แถบชั้นคอนดักชัน ซึ่งมีค่า Band Egde Wavelength ที่ 380 นาโนเมตร สามารถคำนวณหาช่องของพลังงาน (band gap energy) ได้เท่ากับ 3.2 *eV* ซึ่งมีค่าเท่ากับ เฟสอนาเทสของไททาเนียมไดออกไซด์ ซึ่งมีค่ามากกว่า TiO_2 P25 (Anatase:Rutile = 0.75:0.25) คำนวณได้จากสมการที่ 2 และแสดงผลใน Table 1

$$bandgap(EG) = \frac{hc}{\lambda \times 10^{-9}} \qquad (2)$$

เมื่อ *EG:* the band gap energy (อิเล็กตรอน โวลต์), *h*: ค่าคงที่ของ Planck (4.13566733×10^{-15} อิเล็กตรอน โวลต์/ วินาที), *c:* ความเร็วแสง (3×10^{8} เมตร/วินาที) และ λ*:* the band edge wavelength (นาโนเมตร)

ผลการทดสอบความสามารถในการสลายสีย้อม

เมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมในขั้นตอนที่ 1 มาเปรียบเทียบความสามารถในการสลายสีย้อม MB ที่ความเข้มข้น 20 มก./ล. pH 8 โดยเปรียบเทียบระหว่าง TiO_2/GAC แบบใช้แสง ไม่ใช้แสง และการสลายสีย้อมโดยใช้แสงเพียงอย่างเดียว พบว่า TiO_2/GAC ภายในแสงมีประสิทธิภาพในการสลายสีย้อม MB ได้ดีกว่า TiO_2/GAC ที่ไม่ใช้แสง ส่วนแสงแบลคไลท์ไม่มีประสิทธิภาพในการสลายสีย้อมได้ ค่า %การย่อยสลายสีย้อมที่ 120 นาที เท่ากับ 77, 61, และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดง Figure 4

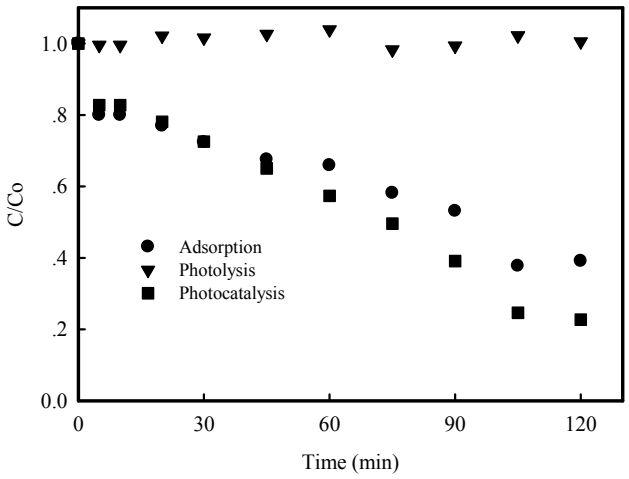


Figure 4 Degradation of MB by adsorption, photolysis and photocatalysis

ดังนั้นการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงสามารถย่อยสลาย MB ได้เร็วกว่าและสูงกว่าอีกด้วย เป็นผลของการดูดซับเข้ามาที่ผิวของถ่านกัมมันต์ จากนั้นตัวเร่งปฏิกิริยาย่อยสลายทำให้สามารถที่จะดูดซับเข้ามาได้อีก เหตุผลดังกล่าวนั้นสามารถยืนยันได้ว่าการใช้ TiO_2/GAC ในปฏิกิริยาการย่อยสลายด้วยแสงสามารถใช้ได้นานกว่าการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์เพียงอย่างเดียว

ผลการศึกษาสภาวะการย่อยสลายสีย้อม

การออกแบบการศึกษาสภาวะการย่อยสลายสีย้อม MB ของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยออกแบบการทดลองด้วยวิธี Response Surface Methodology (RSM) แบบ Central composite สามารถคำนวณด้วยสมการที่ 1 ผลดังแสดงใน Table 2 ศึกษาโดยทำการศึกษาตัวแปร 3 ปัจจัย คือ ปริมาณของ TiO_2/GAC ความเข้มข้นของสีย้อม และค่า pH โดยควบคุมความเร็วในการกวน (stirring speed) และแหล่งกำเนิดแสง คือ แบลคไลน์ 18 วัตต์ ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการสลายสีย้อมมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของ TiO_2/GAC และความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม ($P_{value} < 0.05$) โดยพบว่าประสิทธิภาพการสลายสีย้อมจะมากขึ้นเมื่อปริมาณของ TiO_2/GAC มากขึ้น และประสิทธิภาพการสลายสีย้อมจะลดลงเมื่อปริมาณความเข้มข้นของสีย้อมมากขึ้น ส่วนค่า pH พบว่าไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการสลายสีย้อม แสดงข้อมูลดัง Table 3

Table 2 Respond surface design for combinatorial optimization for the photocatalytic degradation of MB using TiO_2/GAC photocatalysts

Obs No.	TiO_2/GAC loading (ก./ล.)	initial MB concentrations (มก./ล.)	pH	%Removal
1	9.36	30	6	98.890
2	6	13.18	6	98.330
3	6	30	6	76.440
4	6	30	9.36	93.320
5	8	20	4	96.860
6	6	30	6	76.000
7	4	40	8	34.420
8	6	30	6	72.910
9	4	20	4	80.990
10	8	20	8	97.310
11	8	40	4	97.700
12	8	40	8	74.750
13	6	30	2.6	89.130
14	4	20	8	77.030
15	4	40	4	18.420
16	2.64	30	6	94.760
17	6	30	6	82.350
18	6	46.8	6	69.500
19	6	30	6	66.840
20	6	30	6	75.200

การศึกษาประสิทธิภาพของปัจจัยในการสลายสีย้อม ศึกษาได้โดยการใช้ P_{value} พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสลายสีย้อม คือ ปริมาณของ TiO_2/GAC (P_{value} = 0.027) และความเข้มข้นของสีย้อม (P_{value} = 0.019) ส่วนค่า pH ที่แตกต่างไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการสลายสีย้อม MB (P_{value} = 0.958) แสดงผลดัง Table 3

Table 3 Screening the factors by statistical significance test

Factore	Facter effecs	Standard error	T_{value}	P_{value}
Constant	75.5838	6.907	10.942	0.000
Amount TiO_2/GAC	11.9139	4.583	2.600	0.027
Conc MB	-12.8423	4.583	-2.802	0.019
pH	-0.2499	4.583	-0.055	0.958
Amount TiO_2/AC *amount TiO_2/GAC	3.6331	4.461	0.814	0.434
Conc MB*Conc MB	-0.9313	4.461	-0.209	0.839
pH*pH	1.6532	4.461	0.371	0.719
Amount TiO_2/GAC *Conc MB	10.4325	5.988	1.742	0.112
Amount TiO_2/GAC *pH	-4.3175	5.988	-0.721	0.487
Conc MB*pH	-0.4300	5.988	-0.072	0.944

S = 16.9362 PRESS = 21310.9 R-Sq = 65.55%, R-Sq(adj) = 34.54%

ค่า R-sq (adj) (0.35) มีค่าต่ำกว่าค่า R-sq (0.66) เนื่องจากเทอมของ pH, ปริมาณ TiO_2/GAC กับ ปริมาณ TiO_2/GAC, ความเข้มข้น MB กับ ความเข้มข้น MB, pH×pH, ปริมาณ TiO_2/GAC กับ ความเข้มข้น MB, ปริมาณ TiO_2/GAC กับ pH, และ ความเข้มข้น MB กับ pH ซึ่งมีค่า P_{value} > 0.05 เป็นผลให้สมการที่ได้ส่งผลต่อค่า R-sq (adj) ให้มีค่าต่ำลง เมื่อดูรูปพื้นผิวแสดงร้อยละของการสลายสีย้อมโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติค แสดงดังFigure 5a-5f โดย Figure 5a และ 5b แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ TiO_2/GAC กับความเข้มข้นของสีย้อม MB ที่มีผลต่อร้อยละการสลายสีย้อม MB โดยกำหนดค่า pH 6 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ TiO_2/GAC การย่อยสลาย MB เพิ่มขึ้นและสามารถย่อยสลายได้หมดร้อยเปอร์เซ็นต์ และพบว่าความเข้มข้นของสีย้อม MB ที่ < 18 มก./ล. ปริมาณ TiO_2/GAC 4 ก./ล. สามารถย่อสลาย MB ได้ 100% เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อม MB > 20 มก./ล. การจะสลายสีย้อมให้ได้ 100% จะต้องเพิ่มปริมาณ TiO_2/GAC เป็น 9 ก./ล. และเมื่อกำหนดค่าความเข้มข้นของสีย้อม MB ที่ 30 มก./ล. ดัง Figure 5c และ 5d แสดงถึงประสิทธิภาพการสลายสีย้อมขึ้นอยู่กับปริมาณของ TiO_2/GAC เพียงอย่างเดียว pH ของสารละลายสีย้อม ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการย่อยสลาย Figure 5e และ 5f แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสีย้อม MB กับ pH เมื่อกำหนดปริมาณของ TiO_2/GAC ที่ 6 ก./ล. พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยสลาย MB จะขึ้นกับความเข้มข้นเริ่มต้น คือ เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพ การย่อยสลายลดลง และยืนยันได้ว่าค่า pH ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการสลายสีย้อม MB

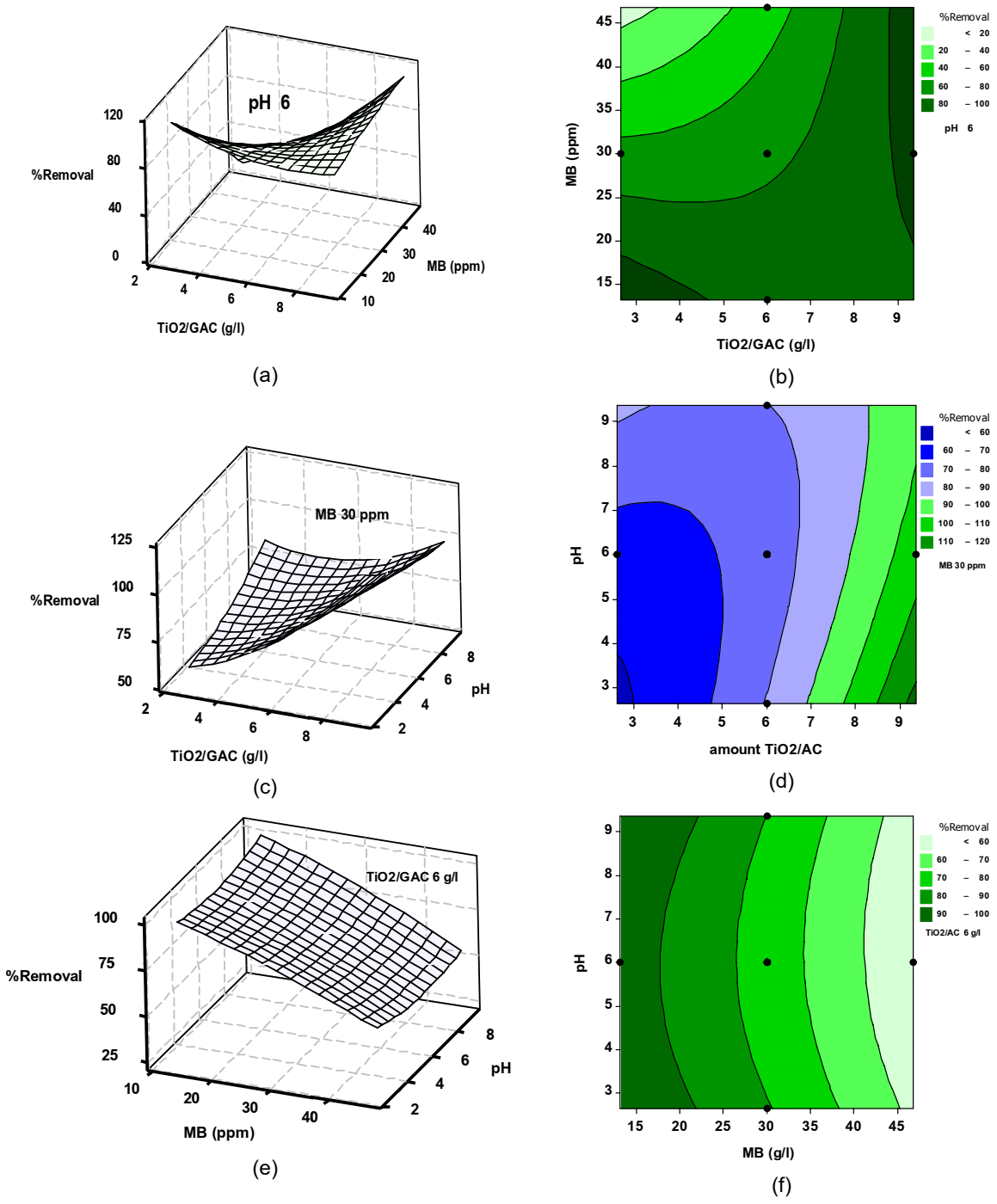


Figure 5 Photocatalytic degradation over TiO_2/GAC surface and contour plots grapth

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การย่อยสลาย MB ด้วยขบวนการตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงบน TiO_2/GAC มีความสามารถในการย่อยสลายได้สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปฏิกิริยาการดูดซับเพียงอย่างเดียว ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสลาย MB คือ ปริมาณของ TiO_2/GAC และความเข้มข้นของ MB เริ่มต้นส่วนค่า pH พบว่าไม่มีผลต่อการย่อยสลาย ซึ่งเป็นข้อดีของการนำไปใช้จริงในโรงงานเนื่องจากทำให้ลดขั้นตอนของการปรับค่า pH ของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษาแบบกะ และใช้น้ำเสียสังเคราะห์ ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มในส่วนของระบบต่อเนื่อง และควรศึกษาโดยใช้น้ำเสียจริงจากโรงงานฟอกย้อม รวมถึงวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของค่าใช้จ่ายของระบบ

กิตติกรรมประกาศ

ห้องปฏิบัติการตัวเร่งปฏิกิริยา ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ คลองหลวง ปทุมธานี ได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสารเคมี ในการจัดทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กิติโรจน์ หวันตาหลา ชยาภาส ทับทอง และสินศุภา จุ้ยจุลเจิม. 2550. การดูดซับสีย้อมผ้าด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินและกะลามะพร้าว. **ว. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี**. 10(2): 104-112.

วิไลวรรณ จันทร์มณี. 2548. การบำบัดสีย้อมและโลหะหนักจากน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อมโดยใช้ผงไททาเนียม-ไดออกไซด์ในกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

สวนีย์ บรรพจน์พิทักษ์. 2551. การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำอัดลมโดยกระบวนโฟโตคะตะลิติก-ออกซิเดชั่นด้วยแสงอาทิตย์ที่มีไททาเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

ปรางศิริ ศรีศุภพัชร. 2551. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมโดยถ่านกัมมันต์ และสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่ย่อยสลายแล้ว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

Merabet, S., D. Robert, M. Bouhelassa and S. Benkhanouch. 2009. Photocatalytic degradation of indole in UV/TiO_2: optimization and modeling using the respone surface methodology (RSM). **Environ Chem Lett.** 7: 45-49.

Rusheng Y., Z. Jingtang, G. Rongbo and Z. Yucui. 2005. Surfact characteristics and photocatalytic activity of TiO2 loaded on activated carbon fiber. **Journal of Colloids Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects.** 254: 131-136.

Rusheng Y., Z. Jingtang and G. Rongbo. 2005. Effect of the pore size of TiO_2-loaded activated carbon fiber on photocatalytic activity. **Journal of Scripta Materialia**. 52: 1325-1334.

Tsukasa T., O. Yasuhiro, T. Norihiko and Y. Hiroshi. 1997. Effect of activated carbon in TiO_2 – loaded activated carbon on photodegradation of dichloromethane. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**. 103: 153-157.

การตรวจวิเคราะห์โคตินินในปัสสาวะ ด้วยเครื่องไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิด โครมาโตกราฟฟี ไดโอดแอเรย์ดีเทคเตอร์

The Determination of Cotinine in Urine by High-Performance Liquid Chromatography – Diode Array Detector

ธนวรรณ บัวเจริญ[1*] พรพิมล กองทิพย์[1] ประพิน ธารภูผายาม[3] สุทธินันท์ ฉันท์ธนกุล[1] และดุสิต สุจิรารัตน์[2]

Thanawan Buacharoen[1*], Pornpimol Kongtip[1], Prapin Tharnpoophasiam[3], Suttinun Chantanakul[1] and Dusit Sujirarat[2]

[1]ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400

[2]ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400

[3]ภาควิชาเวชศาสตร์สังคมและสิ่งแวดล้อม คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400

[1]Department of Occupation Safety and Health, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok, Thailand 10400

[2]Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok, Thailand 10400

[3]Department of Social and Environmental Medicine, Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University, Bangkok, Thailand 10400

*Corresponding author: thanawan_123@hotmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาวิธีการตรวจวัดสารโคตินินในปัสสาวะของผู้ที่ได้รับสัมผัสควันบุหรี่ โดยการปรับปัสสาวะให้เป็นด่างด้วยโปแตสเซี่ยมไฮดรอกไซด์แล้วสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน ฉีดสารตัวอย่างเข้าสู่เครื่องไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ ลิควิดโครมาโตกราฟฟี ไดโอดแอเรย์ดีเทคเตอร์ โดยใช้คอลัมน์ Platinum C18, 5 µm, 150 mm x 4.6 mm ID จากการทดลองพบว่า กราฟมาตรฐานมีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น ระหว่าง 0.05-3 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9998 ค่าความถูกต้องและความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์อยู่ในช่วง 91-101% และ 2.06-7.43% ตามลำดับ ระดับความเข้มข้นของโคตินินในปัสสาวะต่ำสุดที่ตรวจวัดได้คือ 0.02 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สามารถนำวิธีนี้มาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโคตินินในปัสสาวะของผู้ที่ได้รับสัมผัสควันบุหรี่พบว่ามีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.19-2.14 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

คำสำคัญ: โคตินิน ไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิด โครมาโตกราฟฟี ไดโอดแอเรย์ดีเทคเตอร์

Abstract

The development of analysis method for urinary cotinine to measure exposure of tobacco smoke by adjusting pH of urine to 9 with potassium hydroxide and extracting cotinine with dichloromethane and injecting the sample into High-Performance Liquid Chromatography- Diode Array Detector with Platinum C18, 5 µm, 150 mm x 4.6 mm ID column. Results of this study indicated that the coefficient of correlation obtained for urinary standard cotinine concentration ranging from 0.05 to 3 µg/mL was 0.9998. The percentage recoveries and coefficients of variations of urinary cotinine analysis method were 91-101% and 2.06-7.43%, respectively. The detection limit was found to be 0.02 µg/mL cotinine in urine. Urinary cotinine concentrations detected by this method among the tobacco smokers were 0.19-2.14 µg/mL.

Keywords: cotinine, High performance liquid chromatography-diode array detector

คำนำ

สารโคตินิน (สูตรโครงสร้างดัง Figure 1) เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biomarker) ของการสัมผัสควันบุหรี่ในสิ่งแวดล้อม (Environmental Tobacco Smoke Exposure) ที่แสดงถึงการได้รับสัมผัสสารนิโคตินในบุหรี่ เนื่องจากนิโคตินกว่า 80% จะถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นโคตินินที่บริเวณตับ สารโคตินินมีค่าครึ่งชีวิต 17 ชั่วโมง ซึ่งยาวนานกว่าสารนิโคตินที่มีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 2 ชั่วโมง (Benowitz,1996) สารโคตินินสามารถตรวจพบได้ทั้งในเลือด (Perkins *et al*., 1991) และปัสสาวะ (Ceppa *et al*., 2000) เป็นต้น จากรายงานการศึกษาของ Vine *et al*., (1993) ได้ทำการศึกษาระดับโคตินินในของเหลวในร่างกาย (Body fluid) เช่น อสุจิ เลือด และปัสสาวะ ในกลุ่มประชากรเพศชายอายุระหว่าง 18-35 ปี ทั้งกลุ่มที่สูบบุหรี่และกลุ่มที่ไม่ได้สูบบุหรี่พบว่าระดับโคตินินในปัสสาวะที่ตรวจพบมีค่าสูงกว่าในเลือดและในอสุจิ ดังนั้นการตรวจวัดระดับสารโคตินินในปัสสาวะ จึงเป็นการบ่งชี้การสัมผัสควันบุหรี่ได้เป็นอย่างดี

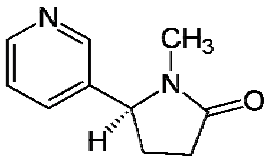


Figure 1 Cotinine Structure

การตรวจโคตินินในปัสสาวะสามารถทำได้หลายวิธี เช่น RIA (Vine *et al*., 1993), HPLC-UV (Ceppa *et al*., 2000), HPLC-tandam mass spectrometry (Meger *et al*., 2002) หรือ GC-MS (อมรชัย และคณะ, 2552) เครื่องมือดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง และวิธีการเตรียมตัวอย่างซับซ้อน ผู้วิจัยจึงพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมในการตรวจวัดสารโคตินินในปัสสาวะด้วยเครื่อง HPLC-DAD วิธีที่ศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์สารโคตินินในปัสสาวะได้

อุปกรณ์และวิธีการ

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ สารมาตรฐาน Cotinine และ 2-phenylimidazole (Internal Standard) **(**Sigma**,** St. Louis, MO, USA**)** สารเคมีที่ใช้สำหรับเตรียมตัวอย่างปัสสาวะ Dichloromethane, Potassium hydroxide (Merck, Darmstadt, Germany) สารเคมีที่ใช้สำหรับเตรียม Mobile Phase ได้แก่ Acetronitrile และ Methanol (Merck, Darmstadt, Germany), 1- Octanesulfonic acid sodium salt 98% **(**Sigma**,** St. Louis, MO, USA**)** Potassium dihydrogen phosphate, Citric acid (Merck, Darmstadt, Germany), Triethylamine (Merck, Schuchrdt, Germany) และน้ำที่ไม่มีประจุไฟฟ้า (Deionized water)

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวที่มีสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography, HPLC-DAD) ชนิดระบบฉีดอัตโนมัติ รุ่น Agilent 1100 series ประกอบด้วย HP G1315A DAD-detector, HP G1312A Quaternary pump, HP G1313A Autosampler, HP G1322A Vacuum Degasser, HP Chemstation Software คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้เป็นแบบคอลัมน์ Platinum C18, 5 µm, 150 mm x 4.6 mm ID (Altech) และ Guard Column C18 (Part NO.WAT044380, Waters)

การเตรียมสารละลาย Mobile phase

นำ Citric acid จำนวน 7.92 กรัม มาผสมกับ triethylamine 5 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำเล็กน้อย จากนั้นเติม 1- Octanesulfonic acid sodium salt จำนวน 0.372 กรัม และเติม KH_2PO_4 จำนวน 5.15 กรัม ลงในสารละลายข้างต้น ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ได้ 810 มิลลิลิตร นำสารละลายดังกล่าวไปวัดระดับ pH (ปรับ pH ให้ได้เท่ากับ 3.4 ด้วย Citric acid) จากนั้นเติม Methanol 100 มิลลิลิตร และ Acetronitrile 90 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน กรองสารละลาย Mobile phase ผ่านกระดาษกรองชนิด Cellulose acetate ขนาด 0.45 µm ด้วยระบบสุญญากาศ จากนั้นไล่ฟองอากาศในสารละลาย Mobile phase ด้วยเครื่อง Ultrasonic bath เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที ก่อนนำไปใช้งาน

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

เตรียมสารมาตรฐาน Cotinine โดยนำสารมาตรฐาน Cotinine เข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรไปเจือจางด้วย Methanol ให้ได้ความเข้มข้น 50 และ 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ เตรียมสารมาตรฐาน 2-phenylimidazole (Internal Standard) โดยนำสารมาตรฐาน 2-phenylimidazole เข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร นำไปเจือจางด้วย Methanol ให้ได้ความเข้มข้น 200 และ 20 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

วิธีการทดลอง

การทดสอบความเชื่อถือได้ของวิธีวิเคราะห์

การทดสอบ Linearity and Range

เตรียมสารละลายโคตินินมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น 0.05, 0.25, 0.75, 1.5, 2.0 และ 3 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยทำการเตรียมและวิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างปัสสาวะ 3 ซ้ำ เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน หาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของโคตินินมาตรฐานกับอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้กราฟของสารโคตินินและพื้นที่ใต้กราฟของสาร 2-ฟีนิลอิมมิดาโซล (Internal Standard) คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2)

การทดสอบความถูกต้อง (Accuracy) และความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์ (Precision)

เตรียมสารละลายโคตินินมาตรฐานให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.15, 0.75 และ 2 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ในปัสสาวะ เตรียมความเข้มข้นละ 5 ซ้ำ ภายในวันเดียวกัน นำไปวิเคราะห์หาโคตินินตามวิธีการวิเคราะห์โคตินินในตัวอย่างปัสสาวะ คำนวณหาค่าความถูกต้อง (%Recovery) และ ความแม่นยำ (%CV) ของวิธีวิเคราะห์ภายในวันเดียวกัน (Within-day) และคำนวณค่าดังกล่าวระหว่างวัน (Between-day) ที่ได้จากการเตรียมสารละลายโคตินินมาตรฐานจำนวน 2 วัน วันละ 5 ซ้ำ ค่าความถูกต้องและแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์สามารถคำนวณได้จากค่า %Recovery และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) ตามลำดับ

การทดสอบ Limit of Detection ของวิธีวิเคราะห์

เตรียมสารละลายตัวอย่างให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 และ 0.05 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยเตรียมแต่ละความเข้มข้นซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อทำกราฟมาตรฐานและหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของสารโคตินินและอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของสารโคตินินและพื้นที่ใต้กราฟของสาร 2-phenylimidazole (Internal Standard) ได้สมการ Y = mX + b คำนวณค่า Standard error of estimate ดังสูตรต่อไปนี้คือ

$S = \sqrt{\frac{\sum (Y_{obs} - Y_{est})^2}{n-2}}$; n = จำนวนข้อมูลที่ใช้สร้างกราฟ เพื่อหาความสัมพันธ์ Y = mX + b

ค่า LOD = 3 x Standard error of the regression / slope

วิธีการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

เก็บตัวอย่างปัสสาวะในตอนเช้า (Morning urine) จำนวน 15 มิลลิลิตร จากอาสาสมัครเพศชายที่มีสุขภาพดี จำนวน 8 ราย และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการสูบบุหรี่โดยการสอบถามข้อมูลโดยตรงจากอาสาสมัครตามแบบสัมภาษณ์

วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างปัสสาวะ

การเตรียมตัวอย่างปัสสาวะตามวิธีของ Ceppa *et al*. (2000) ประกอบด้วย การเติม 20 µg/mL ของ 2-phenylimidazole (Internal Standard) จำนวน 125 ไมโครลิตร ลงในตัวอย่างปัสสาวะ 5 มิลลิลิตร จากนั้นปรับ pH ของปัสสาวะโดยเติม 5M KOH จำนวน 1 มิลลิลิตร และเติม Dichloromethane จำนวน 5 มิลลิลิตร ลงในปัสสาวะดังกล่าว แล้วนำไปเขย่าด้วย vortex เป็นเวลา 2 นาที นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ระดับ 2500 รอบต่อนาที นาน 15 นาที ดูดสารละลายชั้นปัสสาวะทิ้ง และดูดสารละลาย Dichloromethan ประมาณ 3 มิลลิลิตร เพื่อนำไประเหยแห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน นำมาละลายกลับด้วย Mobile Phase 300 ไมโครลิตร และผสมด้วย Vortex mixer ประมาณ 15 วินาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปกรองด้วย syringe filter nylon ขนาด 0.45 µm, 13 mm ลงใน vial ขนาด 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-DAD

สภาวะการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-DAD

การวิเคราะห์ปริมาณสารโคตินินในปัสสาวะโดยเครื่อง HPLC-DAD ประกอบด้วยคอลัมน์ชนิด Reversed Phase Column Platinum C18 5 µm, 150 mm x 4.6 mm ID ส่วนสารละลาย Mobile phase ประกอบด้วยสารละลาย Potassium Dihydrogen Phosphate Buffer: Methanol: Acetronitrile ในอัตราส่วน 81:10:9 โดยใช้อัตราการไหลของ Mobile phase 1 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิคอลัมน์ 25 องศาเซลเซียส ฉีดสารละลายโคตินิน 30 ไมโครลิตร เข้าเครื่อง HPLC โดยใช้เครื่องฉีดแบบอัตโนมัติ ใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ประมาณ 10 นาที และทำการตรวจวัดด้วยเครื่องไดโอดอาเรย์ดีเทคเตอร์ที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร

ผลการวิจัย

โครมาโตแกรมของโคตินินในปัสสาวะ

จากการวิเคราะห์สารละลายโคตินินมาตรฐาน ใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ 10 นาที พบว่า พีค Cotinine จะถูกชะออกมาก่อนพีค 2-phenylimidazole (Internal Standard) ซึ่งมีค่า Retaintion time เท่ากับ 3.369 และ 5.531 นาที ตามลำดับ พีคของ Cotinine และพีคของ 2-phenylimidazole (Internal Standard) มีลักษณะสมมาตร และปราศจากสารอื่นรบกวน ดัง Figure 2

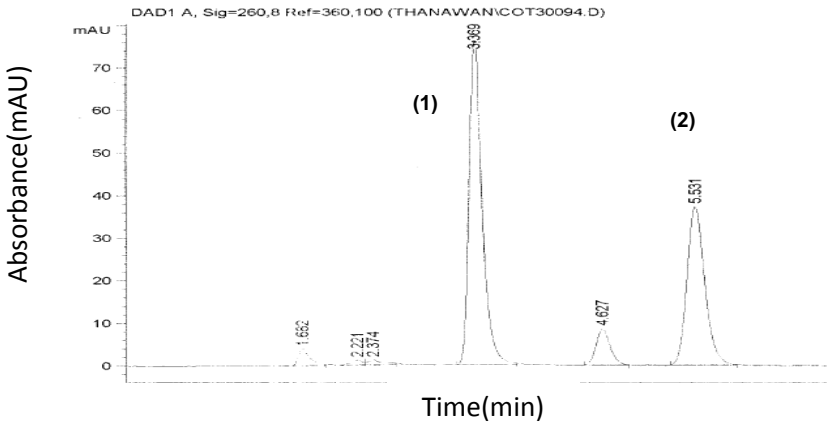


Figure 2 Chromatogram showing cotinine (1) and 2-phenylimidazoline (2)

กราฟมาตรฐานของโคตินินในปัสสาวะความเข้มข้น 0.05-3 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ได้สมการเส้นตรง y = 0.7002X + 0.0099 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9998

ความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์โคตินินในปัสสาวะความเข้มข้นเท่ากับ 0.15, 0.75 และ 2 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร มีค่าความถูกต้องคิดเป็น %Recovery อยู่ระหว่าง 91.98-101.33% และมีค่า %CV อยู่ระหว่าง 2.06-7.43% เมื่อทำการวิเคราะห์เป็นเวลา 2 วัน ได้ค่า %Recovery อยู่ระหว่าง 95.03-99.02% และมีค่า %CV อยู่ในช่วง 2.30-8.99%

จากการวิเคราะห์สารละลายโคตินินมาตรฐานที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 และ 0.05 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร พบว่า มีความสัมพันธ์ดังสมการ y = 0.844x - 0.04 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.993 คำนวณค่า Standard Error แล้วนำไปคำนวณค่า LOD ค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ของโคตินิน มีค่าเท่ากับ 0.02 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

จากการศึกษาอาสาสมัครเพศชายที่สูบบุหรี่จำนวน 8 ราย พบว่า มีอายุเฉลี่ยประมาณ 33 ปี ระยะเวลาที่สูบบุหรี่โดยเฉลี่ยเท่ากับ 18.4 ปี มีผู้สูบบุหรี่เป็นประจำทุกวันประมาณ 87.5% ของอาสาสมัครที่สูบบุหรี่ทั้งหมด โดยสูบบุหรี่ประมาณ 14.5 มวนต่อวัน ระดับความเข้มข้นของโคตินินในปัสสาวะเฉลี่ย 1.055 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (ระหว่าง 0.19-2.14 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารโคตินินในปัสสาวะโดยใช้คอลัมน์ Reversed Phase Column Platinum C18 5 µm, 150 mm x 4.6 mm ID และใช้สารละลาย Potassium Dihydrogen Phosphate Buffer: Methanol:Acetronitrile ในอัตราส่วน 81:10:9 เป็น Mobile phase โดยใช้อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร สารโคตินินมีค่า Retention time เท่ากับ 3.369 นาที การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารโคตินินกับพื้นที่ใต้พีคเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 0.05-3 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9998 ค่า %Recovery อยู่ในช่วง 91.98-101.33% การทดสอบความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์ในวันเดียวกัน (Within-Day) มีค่าร้อยละสัมประสิทธ์ความแปรปรวนอยู่ในช่วง 2.06-7.43% และความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์ระหว่างวัน (Between-Day) มีค่าร้อยละสัมประสิทธ์ความแปรปรวนอยู่ในช่วง 2.30-8.99% ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้คือ 0.02 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Ceppa *et al*. (2000) ซึ่งมีการทดลองคล้ายคลึงกันแต่มีการใช้คอลัมน์ที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาวิเคราะห์หาสารโคตินินในปัสสาวะของอาสาสมัครที่สูบบุหรี่เป็นประจำมาเป็นระยะเวลานานโดยสูบบุหรี่ประมาณ 14 มวนต่อวัน พบว่าระดับความเข้มข้นของโคตินินในปัสสาวะค่อนข้างสูง โดยเฉลี่ย 1.06 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (ระหว่าง 0.19-2.14 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ดังนั้น วิธีการดังกล่าวจึงเป็นอีกทางเลือกที่เหมาะต่อการนำมาใช้วิเคราะห์หาปริมาณโคตินินในปัสสาวะได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเวชศาสตร์เขตร้อนที่สนับสนุนเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

อมรชัย ไตรคุณากรวงศ์. 2009. **การประเมินการสัมผัสนิโคติน และโคตินินในปัสสาวะของคนงานที่รับสัมผัสฝุ่นยาสูบ.**วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย. มหาวิทยาลัยมหิดล: กรุงเทพฯ.

Ceppa, F*., Y. E. Jahiri, H. Mayaudonb, O. Dupuyb and P. Burnata. 2000. High-performance liquid chromatographic determination of cotinine in urine in isocratic mode. **J. Chromatogr. B**. 746(2):115–122.

Benowitz, N. L. 1996. Cotinine as a biomarker of environmental tobacco smoke exposure. **Epidemiol Rev**.18(2):188-204.

Perkins, S.L., J.F. Livesey, E.A. Escares, J.M. Belcher and D.K. Dudley.1991. High-performance liquid-chromatographic method compared with a modified radio immunoassay of cotinine in plasma. **ClinChem**. 37(11): 1989-1993.

Vine, M.F., B.S. Hulka, B.H. Margolin, Y.K. Toung, Ping-chuan Hu, M.M. Schramm, J.D. Griffith, M.McCann and R.B. Everson. 1993. Cotinine concentrations in semen, urine, and blood of smokers and nonsmokers. **Am. J. Public Health.** 83(9): 1335-1338.

Meger, M., I. Meger-Kossien, A. Schuler-Metz, D. Janket and G. Scherer. 2002. Simultaneous determination of nicotine and eight nicotine metabolites in urine of smokers using liquid chromatography tandem mass spectrometry. **J. Chromatogr. B**. 778: 251-261.

1-hydroxypyrene ในปัสสาวะเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพของการสัมผัสสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ในพนักงานเก็บค่าผ่านทางพิเศษ

Urinary 1-hydroxypyrene as a Biomarker of Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) among Toll Booth Workers

กรรณิกา ลมูลพักตร์[1*] พรพิมล กองทิพย์[1] วิทยา อยู่สุข[1] สุทธินันท์ ฉันท์ธนกุล[1] และดุสิต สุจิรารัตน์[2]

Kannika Lamoonphak[1*] Pornpimol Kongtip[1] Witaya Yoosook[1] Suttinun Chantanakul[1] and Dusit Sujirarat[2]

[1]ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400

[2]ภาควิชาระบาดวิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400

[1]Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok, Thailand 10400

[2]Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok, Thailand 10400

*Corresponding author: prangpoko@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาระดับสาร 1-hydroxypyrene ในปัสสาวะ เพื่อเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพของการสัมผัสสาร PAHs โดยเก็บปัสสาวะหลังทำงานของพนักงานเก็บค่าผ่านทางพิเศษจำนวน 30 คน และพนักงานที่ทำงานอยู่ในสำนักงานภายในด่านเก็บค่าผ่านทางจำนวน 15 คน ในสายศรีรัช ทำการวิเคราะห์สาร 1-hydroxypyrene ด้วยเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนลิควิดโครมาโตกราฟี โดยใช้ฟลูออเรสเซนต์เป็นเครื่องตรวจวัด ผลการศึกษาพบว่าระดับสาร 1-hydroxypyrene ในปัสสาวะพนักงานเก็บค่าผ่านทางพิเศษและพนักงานสำนักงานมีค่าเฉลี่ย 50.05 และ 18.54 นาโนกรัม/กรัมครีเอตินิน ตามลำดับ ซึ่งระดับสาร 1-hydroxypyrene ในปัสสาวะพนักงานเก็บค่าผ่านทางพิเศษมีค่าสูงกว่าพนักงานสำนักงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

คำสำคัญ: 1-ไฮดรอกซีไพรีน ตัวชี้วัดทางชีวภาพ

Abstract

A study of urinary 1-hydroxypyrene as a biomarker of exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) was performed by collecting post-shift urine of 30 toll booth workers and 15 office workers at Sri Rat Expressway. The 1-hydroxypyrene in urine was determined by using High Performance Liquid Chromatography (HPLC) with fluorescence detector. The average of urinary 1-hydroxypyrene of toll booth workers and office workers were 50.05 and 18.54 ng/g creatinine, respectively. The concentrations of urinary 1-hydroxypyrene of toll booth workers were significantly higher than those of office workers ($p<0.01$).

Keywords: 1-hydroxypyrene, biological monitoring

คำนำ

สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs)เป็นกลุ่มสารเคมีที่มีโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยวงอะโรมาติก ตั้งแต่ 2 วงเชื่อมต่อกัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) สารในกลุ่มนี้มีความสำคัญต่อสุขภาพ เนื่องจากมีสารบางชนิดจัดเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ คือ Benzo(a)pyrene โดย International Agency for Research on Cancer (International Agency for Research on Cancer, 2009) สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทางการหายใจ ทางผิวหนัง และทางการรับประทานอาหาร สาร PAHs ที่แพร่กระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อมมีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงจากยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรม จากการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า ปริมาณสาร PAHs ที่มาจากยานพาหนะคิดเป็น 36% ของปริมาณสาร PAHs จากทุกแหล่งกำเนิด (Benner *et al*.,1989) สอดคล้องกับหลายประเทศในแถบเอเชียที่แหล่งกำเนิดหลักของสาร PAHs มาจากไอเสียของยานพาหนะเช่นเดียวกัน (Chang *et al*., 2006) การศึกษาในประเทศไทยพบว่าปริมาณสาร PAHs ในฝุ่นจากบรรยากาศเขตกรุงเทพมหานคร 24 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย 53.39 ng/ml และพบว่ามี BghiP และ BeP เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นสารประกอบที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงรถยนต์ (วนิดา, 2547) โดยระดับความเข้มข้นของสาร PAHs จะมีปริมาณสูงสุดในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นในเขตเมือง และต่ำสุดในชนบท (Chang *et al*., 2006) ปริมาณสาร PAHs ที่ปล่อยออกมาจากรถยนต์นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดและขนาดเครื่องยนต์ อายุเครื่องยนต์ รูปแบบการขับขี่ (Drive cycle) สภาพอากาศ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยไอเสียมากที่สุด คือ รูปแบบการขับขี่และอายุของเครื่องยนต์ (Bayarsurena *et al*., 2008; สุทธิชาน์, 2548)

ปัญหาการจราจรที่ติดขัดในกรุงเทพมหานคร ทางรัฐบาลจึงได้สนับสนุนให้มีการก่อสร้างทางพิเศษเพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการเดินทาง จากรายงานประจำปี 2551 ของการทางพิเศษแห่งประเทศไทยแสดงให้เห็นว่าทางพิเศษศรีรัชเป็นทางพิเศษที่มีผู้ใช้บริการมากที่สุด และมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นจากปี 2547 มีจำนวนรถยนต์ใช้บริการ 177 ล้านคัน เพิ่มเป็น 208 ล้านคันในปี 2550 (การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, 2551) พนักงานเก็บค่าผ่านทางพิเศษจึงเป็นกลุ่มคนที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายจากสารกลุ่มนี้ เพราะต้องสัมผัสกับไอเสียตลอดเวลาการทำงาน ประกอบกับรูปแบบการขับขี่ของรถยนต์ผ่านที่ช่องจ่ายค่าผ่านทางที่มีการผ่อนและเร่งเครื่องสูงขึ้นลงเร็ว ทำให้เครื่องยนต์เผาไหม้ไม่สมบูรณ์

สาร 1-hydroxypyrene เป็นสารเมตาบอไลซ์ของ Pyrene ซึ่งสาร Pyrene เป็นองค์ประกอบของสารกลุ่ม PAHs หลายๆ ชนิด จากงานวิจัยหลายงานพบว่า ระดับการสัมผัสสาร PAHs มีความสัมพันธ์กับระดับสาร 1-hydroxypyrene ในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญ จึงแนะนำให้ใช้สาร1-hydroxypyrene เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพของสาร PAHs (Levin *et al*., 1995; Tsai *et al*., 2004; Chuang and Chang, 2007) เพื่อเป็นการเฝ้าระวังทางชีวภาพ งานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาระดับสาร 1-hydroxypyrene ในปัสสาวะ เพื่อเป็นตัวแทนการรับสัมผัสสาร PAHs ของพนักงาน

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบระดับสาร 1- hydroxypyrene ในปัสสาวะของพนักงานเก็บค่าผ่านทางพิเศษ และพนักงานสำนักงาน-สายศรีรัช งานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม

1. กลุ่มศึกษา คือ พนักงานเก็บค่าผ่านทางพิเศษ จำนวน 30 คน
2. กลุ่มเปรียบเทียบ คือ พนักงานสำนักงานที่ทำงาน ณ ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ จำนวน 15 คน

การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างปัสสาวะทำในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 โดยจะเก็บตัวอย่างปัสสาวะเพียงครั้งเดียวหลังจากที่พนักงานเลิกปฏิบัติงาน ซึ่งพนักงานเก็บค่าผ่านทางพิเศษกะเช้าจะเริ่มปฏิบัติงานเวลา 5.30-14.30 น. ส่วนพนักงานสำนักงานจะเริ่มปฏิบัติงานเวลา 7.00-15.00 น. หลังเก็บตัวอย่างปัสสาวะจะทำการสัมภาษณ์พนักงานด้วยแบบสัมภาษณ์ที่ประกอบด้วยข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลประวัติการทำงาน และข้อมูลการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

ตัวอย่างปัสสาวะปริมาณ 30 มล.บรรจุลงในกล่องพลาสติกหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอล์ย เก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ระหว่างรอการวิเคราะห์

สารมาตรฐานและสารเคมี

1-hydroxypyrene ผลิตภัณฑ์ของ Aldrich โซเดียมคลอไรด์ กรดไฮโดรคลอริก โซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดอะซิติก ไดคลอโรมีเทนและเมทานอล ผลิตภัณฑ์ของ Merck ประเทศเยอรมนี

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐาน 1-hydroxypyrene ความเข้มข้น 0.01 มิลลิกรัม/มล. โดยชั่งสาร 1-hydroxypyrene 1 มก. ละลายด้วยเมทานอล 100 มล. จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐาน 25, 75, 125, 175 และ 250 µl เจือจางด้วยปัสสาวะในขวดปรับปริมาตรขนาด 500 มล.ได้ความเข้มข้น 0.5,1.5 ,2.5 ,3.5 และ 5.0 นาโนกรัม/มล.

การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์

ทำโดยการเติมสารละลายมาตรฐาน 1-hydroxypyrene ลงในปัสสาวะให้ได้ความเข้มข้นของ 1-hydroxypyrene 2.5 และ 4.0 นาโนกรัม/มล. นำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง จำนวน 3 ซ้ำ เป็นเวลา 3 วันติดต่อกัน จากนั้นคำนวณหาค่า %recovery และ %CV

การวิเคราะห์ตัวอย่างปัสสาวะ

นำตัวอย่างปัสสาวะ 10 มล. ใส่ลงในหลอดทดลองจากนั้นเติมโซเดียมคลอไรด์ 2 มก. และกรดไฮโดรคลอริก 2 มล. นำไปต้มที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 1 ชม. จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วปรับค่า pH เป็น 5 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 โมล/ลิตร และกรดอะซิติก 1 โมล/ลิตร จากนั้นเติมไดคลอโรมีเทน 20 มล. นำไปเขย่าด้วยเครื่อง Vortex เป็นเวลา 1 นาที แล้วดูดชั้นไดคลอโรมีเทนออก 18 มล. นำไประเหยแห้งด้วยก๊าซไนโตรเจนต่อจากนั้นปรับปริมาตรด้วย 75% เมทานอล 0.5 มล. แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

สภาวะเครื่อง HPLC Agilent 1100 series ใช้คอลัมน์ ชนิด Inertsil ODS-3 C_{18} ขนาด 4.6 x 250 มม. ขนาดอนุภาค 5 ไมครอน สารละลายตัวพา (mobile phase) อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำเป็น 80:20 อัตราการไหล 0.9 มล./นาที เครื่องตรวจวัดชนิด fluorescence ตั้งค่าความยาวคลื่น excitation 344 นาโนเมตร และ emission 400 นาโนเมตร ฉีดสารละลายตัวอย่าง 30 ไมโครลิตร เข้าเครื่อง HPLC

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์

ผลการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ ความเข้มข้น 1-hydroxypyrene 2.5 และ 4.0 นาโนกรัม/มล. ได้ค่า %recovery เท่ากับ 112.02 และ 100.7 และค่า %CV เท่ากับ 3.99 และ 5.66 ตามลำดับ

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

1. กลุ่มศึกษา คือ พนักงานเก็บค่าผ่านทางพิเศษ จำนวน 30คน เป็นเพศชายร้อยละ 70 และหญิงร้อยละ 30 อายุอยู่ในช่วง 21-43 ปี ค่าเฉลี่ยอายุ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่า 33.3 ± 6.66 ปี
2. กลุ่มเปรียบเทียบ คือ พนักงานสำนักงาน จำนวน 15 คน เป็นเพศชายร้อยละ 40 และเพศหญิงร้อยละ 60 อายุอยู่ในช่วง 34-53 ปี ค่าเฉลี่ยอายุ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่า 44.3 ± 6.63 ปี

Table 1 Subject characteristics of exposure group and reference group

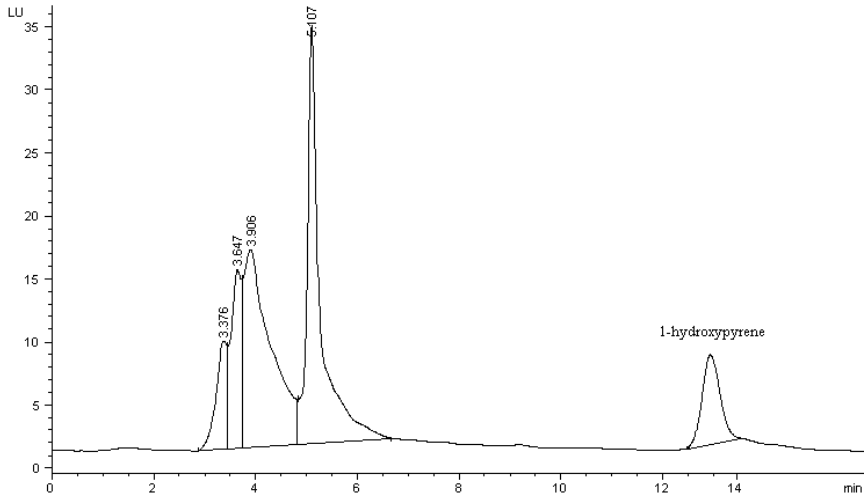
Characteristics	Exposure group		Reference group	
	N	%	N	%
Age (years)				
21-30	9	30	-	-
31-40	17	56.67	6	40
>41	4	13.33	9	60
Education				
High school	8	26.67	-	-
College or above	22	73.33	15	100
Work experience (years)				
< 1	8	26.67	-	-
1-10	14	46.66	1	6.66
>10	8	26.67	14	93.34

ข้อมูลการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของกลุ่มศึกษา

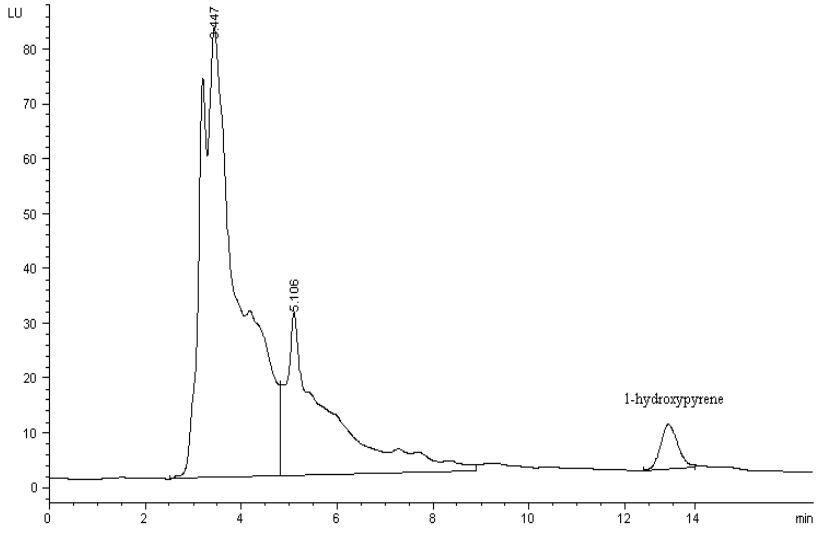
ผลการศึกษาพบว่ามีพนักงานที่ไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล คือ หน้ากากป้องกันฝุ่น มีจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ส่วนพนักงานที่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในบางช่วงเวลาที่ปฏิบัติงานจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 และพนักงานที่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตลอดเวลาที่ปฏิบัติงานมีจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50

ผลการศึกษาระดับสาร 1-hydroxypyrene ในปัสสาวะของพนักงานกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

โครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน 1-hydroxypyrene และตัวอย่างปัสสาวะที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC แสดงในภาพที่ 1 ตามลำดับ



a) standard 1-hydroxypyrene in urine



b) urine sample

Figure 1 Chromatogram of 1-hydroxypyrene a) standard 1-hydroxypyrene in urine and b) urine sample

ระดับสาร 1-hydroxypyrene ในปัสสาวะของพนักงานกลุ่มศึกษา จำนวน 30 คน มีค่าอยู่ในช่วง 16.75-106.02 นาโนกรัม/กรัมครีเอตินิน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.05 ± 23.45 กรัม/กรัมครีเอตินิน (เปอร์เซนไทล์ที่ 25 มีค่า 32.08 และเปอร์เซนไทล์ที่ 75 มีค่า 64.57) ส่วนระดับสาร 1-hydroxypyrene ในปัสสาวะของพนักงานกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าอยู่ในช่วง 10.4-27.36 นาโนกรัม/กรัมครีเอตินิน ค่าเฉลี่ย 18.54±4.74 นาโนกรัม/กรัมครีเอตินิน (เปอร์เซนไทล์ที่ 25 มีค่า 14.83 และเปอร์เซนไทล์ที่ 75 มีค่า 21.29) ดังแสดงใน Table 2 และ Figure 2 เมื่อนำค่าเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน พบว่าระดับสาร 1-hydroxypyrene ในปัสสาวะของพนักงานทั้งสองกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$, t-test)

Table 2 The urinary 1-hydroxypyrene concentrations of study and comparative groups

	Urinary 1-hydroxypyrene concentration (ng/g creatinine)			
	N	Mean	SD	Range
Study group	30	50.05	23.45	16.75-106.02
Comparative group	15	18.54	4.74	10.4-27.36

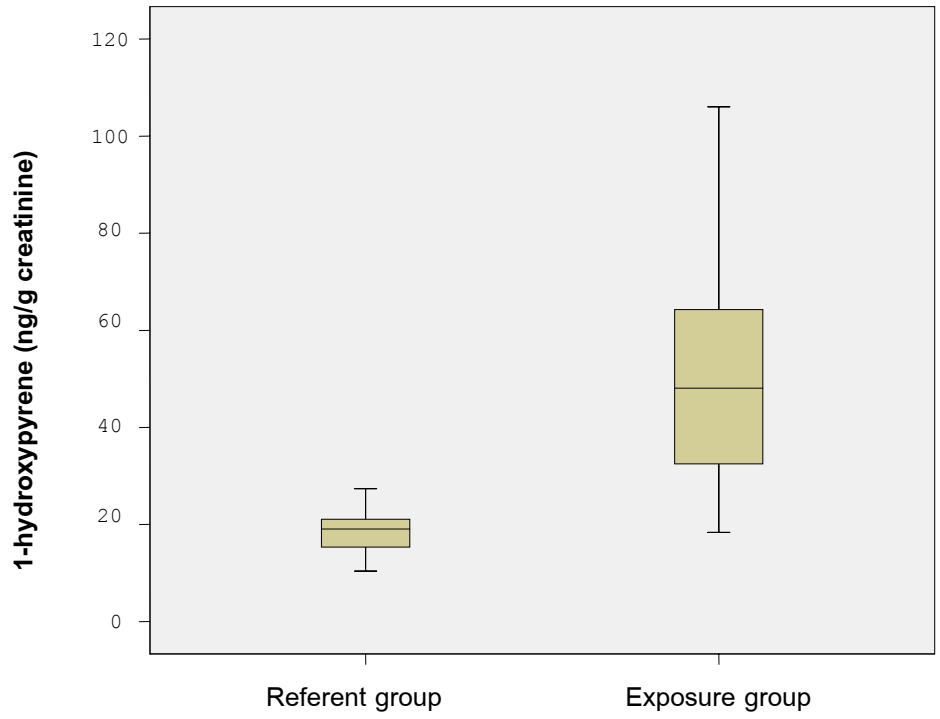


Figure 2 Urinary 1-hydroxypyrene after work shift of referent group and exposure group. For each box, the middle lines represents median; the box encompasses the 25th through 75th percentile

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยระดับสาร 1-hydroxypyrene ในปัสสาวะพนักงานเก็บค่าผ่านทางพิเศษสูงกว่าพนักงานสำนักงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.01$, t-test) ด้วยมีค่าสูงเป็น 2.7 เท่า พนักงานเก็บค่าผ่านทางพิเศษมีความเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายทางสุขภาพจากการสัมผัสสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่มาจากไอเสียของยานพาหนะในระหว่างปฏิบัติงาน จึงควรเฝ้าระวังทางชีวภาพและสนับสนุนให้พนักงานสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนวิทยานิพนธ์บางส่วนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2547. **พีเอเอช (โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน).** ไอเดียสแควร์: กรุงเทพฯ. 92 น.

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. 2551. รายงานประจำปี 2551.จาก https://www.exat.co.th/news/4/5/167/ [13 มกราคม 2552].

วนิดา จีนศาสตร์. 2547. สารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ในเขตกรุงเทพมหานคร. จาก *http://www.trf.or.th/research/abstract.asp?PROJECTID=BGJ4380002* [7 มีนาคม 2553].

สุทธิชาน์ นิลฤทธิ์. 2548. **ตัวดูณการปลดปล่อยของสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจากรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กและขนาดใหญ่.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม(สหสาขาวิชา). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

Bayarsuren B., N. Odbileg and B. Bayarsaihan. 2008. Factors affecting automotive exhaust PM emissions. **Mechatronics and Automation**. 391-397

Benner, B.A., G.E. Gordon and S.A. Wise. 1989. Mobile sources of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: a roadway tunnel study. **Environmental Science & Technology**. 23(10): 1269-1278.

Chang, K.F., G.C. Fang, J.C. Chen and Y.S. Wu. 2006. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Asia: A review from 1999 to 2004. **Environmental Pollution.** 142(3): 388-396.

Chuang, C.Y. and C.C. Chang. 2007. Urinary 1-hydroxypyrene level relative to vehicle exhaust exposure mediated by metabolic enzyme polymorphisms. **Journal of Occupational Health**. 49(2): 140-151.

International Agency for Research on Cancer. **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans.** Available from: *http://monographs.iarc.fr/ ENG/Classification/ crthgr01.php* [2009 January 16].

Levin, J.O., M. Rhén and E. Sikström. 1995. Occupational PAH exposure: urinary 1-hydroxypyrene levels of coke oven workers, aluminium smelter pot-room workers, road pavers and occupationally non-exposed persons in Sweden. **The Science of the Total Environment.** 163(1-3): 169-77.

Tsai, P.J, T.S. Shih, H.L. Chen, W.J. Lee, C.H. Lai and S.H. Liou. 2003. Urinary 1-hydroxypyrene as an indicator for assessing the exposures of booth attendants of a highway toll station to polycyclic aromatic hydrocarbons. **Environmental Science & Technology**. 38(1): 56-61.

การวิเคราะห์สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในอากาศ โดยแก๊สโครมาโทกราฟี แมสสเปกโทรเมตรี

The Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Air by Gas Chromatography-Mass Spectrometry

นภัธ เยาวะบุตร[1*] พรพิมล กองทิพย์[1] วิทยา อยู่สุข[1] สุทธินันท์ ฉันท์ธนกุล[1] และดุสิต สุจิรารัตน์[2]

Napat Yaowabut[1*] Pornpimol Kongtip[1] Witaya Yoosook[1] Suttinun Chantanakul[1] and Dusit Sujirarat[2]

[1]ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400

[2]ภาควิชาระบาดวิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400

[1]Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok, Thailand 10400

[2]Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok, Thailand 10400

*Corresponding author: napatnaja@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีวิเคราะห์สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทรกราฟฟี แมสสเปกโทรเมตรี ใช้คอลัมน์ชนิดแคปิลลารี่ โดยมีเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย สกัดสารพีเอเอชด้วยเครื่องอัลตร้าโซนิคเป็นเวลา 30 นาที จากการตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ พบว่ากราฟมาตรฐานมีความเป็นเส้นตรงในช่วง 12–240 นาโนกรัม/มล. (r^2=0.986-0.999) ค่าร้อยละการวิเคราะห์กลับคืนและความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์ อยู่ในช่วง 76.6–103% และ 1.6-10% ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นของสารพีเอเอชต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้คือ 1.2–4.8 นาโนกรัม/มล. วิธีนี้ใช้หาความเข้มข้นของสารพีเอเอชในตัวอย่างอากาศที่เก็บจากแม่ค้าทอดปาท่องโก๋ พบสารพีเอเอช 8 ชนิดในสถานะก๊าซในช่วง 103-1166 นาโนกรัม/ลบ.ม.

คำสำคัญ: โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) แก๊สโครมาโตกราฟฟี แมสสเปกโตรเมตรี

Abstract

Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) by using Gas Chromatography-Mass spectrometry with HP5-MS capillary column was studied. The air samples were extracted by hexane using ultrasonic bath for 30 min. The validated method found linearity range of calibration curve from 12 to 240 ng/ml (r^2=0.986-0.999). The percentage recovery and precision of each PAH were from 76.6-103% and 1.6-10%, respectively. The limits of detection for each PAH ranged from 1.2 to 4.8 ng/ml. This method was applied for determining PAH concentrations in air collected from deep fried doughstick venders and found 8 average PAHs in gaseous phase concentrations ranging from 103 to 1166 ng/m^3.

Keywords: polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), gas Chromatography-mass spectrometry

คำนำ

สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน หรือเรียกย่อๆ ว่า พีเอเอช เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ หรือกระบวนการไพโรไลซิสของสารอินทรีย์ เช่น ไขมันในเนื้อสัตว์ ถ่านไม้ เชื้อเพลิง เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) สามารถพบสารพีเอเอชได้ทั่วไปทุกหนทุกแห่ง เช่น ในอาหารประเภทปิ้ง ย่างหรือทอด ควันหรือเขม่าจากการเผาสารอินทรีย์ต่างๆ ควันบุหรี่ ในท้องถนนซึ่งมาจากไอเสียของยานพาหนะ และในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ สารพีเอเอชมีมากกว่า 100 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะออกฤทธิ์แตกต่างกัน มีทั้งที่เป็นและไม่เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (IARC, 2009) มีผลการวิจัยรายงานว่า ในกลุ่มผู้หญิงจีน และไต้หวัน มีการสัมผัสสารกลุ่มพีเอเอชจากการประกอบอาหาร ซึ่งมาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง และน้ำมันที่ใช้ประกอบอาหาร มีผลทำให้เกิดโรคมะเร็งปอดในผู้ประกอบอาหารเพิ่มมากขึ้นจากการหายใจเอาละอองน้ำมันเข้าไป ทั้งที่ไม่ได้สูบบุหรี่ (Ko *et al*., 2000; Metayer *et al*., 2002)

ในประเทศไทยมีผู้ประกอบอาชีพขายอาหารทอดจำนวนมาก สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ทำการสำรวจคุณภาพของน้ำมันทอดซ้ำ พบว่าน้ำมันทอดปาท่องโก๋ มีการเสื่อมสภาพมากกว่าน้ำมันทอดอาหารชนิดอื่นๆ (พรศิริ, 2549) ในน้ำมันที่ผ่านการทอดมาแล้วจะมีสารโพลีเมอร์ สารโพลาร์ สารกลุ่มอะโรมาติกเอมีน และสารพีเอเอช เป็นต้น ซึ่งเกิดจากการเสื่อมสภาพของน้ำมัน โดยสารที่มีโมเลกุลใหญ่จะอยู่ในน้ำมันทอด หรือดูดซับเข้าไปในอาหาร ส่วนสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจะระเหยเป็นไอขณะทอดหรือผัดที่อุณหภูมิสูง ในการศึกษานี้เลือกศึกษาสารพีเอเอช 16 ชนิด ตาม USEPA เนื่องจากเป็นชนิดที่พบบ่อยและความเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ซึ่งมีทั้งในสถานะก๊าซ และอนุภาค ฉะนั้นในการเก็บตัวอย่างจึงต้องใช้ทั้งกระดาษกรองชนิดเทฟลอน (PTFE) เพื่อเก็บสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลขนาดใหญ่ มีวงอะโรมาติกตั้งแต่ 4 วงขึ้นไป และใช้หลอดดูดซับชนิดโพลี่สไตรีนโคพอลิเมอร์ (XAD-2) เพื่อเก็บสารพีเอเอชที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก มีวงอะโรมาติก 2-4 วง จากงานวิจัยพบว่า พีเอเอชที่เกิดจากการทำอาหารโดยเฉพาะการทอดเป็นพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติก 2-4 วง (Liu *et al*., 2006) ในการวิเคราะห์ตัวอย่างจึงสนใจศึกษาเฉพาะพีเอเอชในหลอดดูดซับชนิด XAD-2

การวิเคราะห์สารพีเอเอช สามารถวิเคราะห์ได้หลายเทคนิค เช่น ไฮเพอร์ฟอร์มแมนซ์ลิควิดโครมาโทรกราฟฟี ชนิดยูวีและฟลูออเรสเซนส์ดีเทคเตอร์ แก๊สโครมาโทรกราฟฟี ดีเทคเตอร์ชนิดเฟรมไอออไนซ์ (GC-FID) และแมสสเปกโทรมิเตอร์ (GC-MS) ปัจจุบันมีการใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟฟี แมสสเปกโทรเมตรีกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีความไว (sensitivity) ความเฉพาะเจาะจง (selectivity) ความสามารถในการวัดสารได้อย่างถูกต้อง (Chiu *et al*., 1997; Jira, 2004) อีกทั้ง GC-MS เป็นเทคนิคที่วิเคราะห์ได้ง่ายและสะดวก ส่วนวิธีการสกัดตัวอย่าง สกัดโดยใช้เครื่องอัลตร้าโซนิค ซึ่งจะสะดวกและรวดเร็วกว่าการสกัดวิธีอื่นที่ใช้ Soxhlet (Fang *et al*., 2004; Bhargava *et al*., 2004) หรือ Microwave irradiation (See *et al*., 2006)

งานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาวิธีการหาปริมาณสารพีเอเอช ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี แมสสเปกโทรเมตรี และตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้หาปริมาณสารพีเอเอชในตัวอย่างอากาศได้จริง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ดำเนินการวิจัย

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ยี่ห้อ Agilent รุ่น 6890N (USA) ใช้ดีเทคเตอร์ชนิดแมสสเปกโตรมิเตอร์ ยี่ห้อ Agilent รุ่น 5975 (USA) ติดตั้งคอลัมน์ชนิดแคปิลลารี่ รุ่นเอชพีไฟว์เอ็มเอส (HP-5MS) ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร ความหนาของฟิล์มเหลว 0.25 ไมโครเมตร

สารละลายมาตรฐานพีเอเอช 16 ชนิด ละลายในเมทิลลีน คลอไรด์ ความเข้มข้น 2000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Restek, USA) ประกอบด้วย อะซีแนฟทีน (Acenaphthene), อะซีแนฟไทลีน (Acenaphthylene), แอนทราซีน (Anthracene), เบนโซ(เอ)แอนทราซีน (Benzo(a)anthracene), เบนโซ(เอ)ไพรีน (Benzo(a)pyrene), เบนโซ(บี)ฟลูออแรนทีน (Benzo(b)fluoranthene), เบนโซ(จี,เอช,ไอ)ไพรีน (Benzo(g,h,i)pyrene), เบนโซ(เค)ฟลูออแรนทีน (Benzo(k)fluoranthene), ไครซีน (Chrysene), ไดเบนซ์ (เอ,เอช)แอนทราซีน (Dibenz(a,h) Anthracene), ฟลูออแรนทีน (Fluoranthene), ฟลูออรีน (Fluorene), อินดีโน (1,2,3-ซีดี) ไพรีน (Indeno (1,2,3–cd)pyrene), แนฟทาลีน (Naphthalene), ฟีแนนทรีน (Phenanthrene), และไพรีน (Pyrene) ตัวทำละลายเฮกเซน (Merck, Germany)

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ: ปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล (Model 224-PCXR8, SKC Inc., USA) ต่อกับกระดาษกรองชนิดเทฟลอน (37 mm PTFE filters, Cat. No. 225-17-09, SKC Inc., USA) และหลอดดูดซับชนิดพอลิสไตรีนโคพอลิเมอร์ (XAD-2: front 100mg; back 50mg, Supelco ORBO-43, USA)

การเตรียมสารละลายมาตรฐานและกราฟมาตรฐาน (Standard curve)

เตรียมสารละลายมาตรฐานพีเอเอชความเข้มข้น 12, 24, 60, 96 และ 240 นาโนกรัม/มิลลิลิตร โดยเตรียมจากสารละลายมาตรฐานพีเอเอชความเข้มข้น 12 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน แล้วสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ใต้กราฟ และความเข้มข้นของสารละลายพีเอเอช

แก๊สโครมาโตกราฟฟี แมสสเปกโตรเมตรี

ตั้งสภาวะเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ แมสสเปกโตรมิเตอร์ดังนี้

แก๊สตัวพา (Carrier gas): ฮีเลียม ที่อัตราการไหลคงที่ 0.8 มิลลิลิตร/นาที

ปริมาตรที่ฉีด (Injection volume): 2 ไมโครลิตร โหมดสปริตเลต (splitless mode)

อุณหภูมิอินเจคเตอร์ (Injection temperature): 280 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิเตาอบ (Oven temperature): เริ่มต้นที่ 80 องศาเซลเซียส เพิ่มเป็น 185 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเพิ่ม 15 องศาเซลเซียส/นาที เป็นเวลานาน 5 นาที จากนั้นเพิ่มเป็น 240 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเพิ่ม 10 องศาเซลเซียส/นาที เป็นเวลานาน 10 นาที แล้วเพิ่มเป็น 276 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเพิ่ม 3 องศาเซลเซียส/นาที เป็นเวลานาน 5.5 นาที

พลังงานของอิเล็กตรอนเพื่อทำให้มวลสารแตกตัว: 70 eV

การสแกนมวลแบบเลือกมวลสาร (SIM Mode)

ประสิทธิภาพการสกัดสารจากตัวดูดซับ (Desorption efficiency)

เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 6 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ฉีดเข้าไปใน XAD-2 5 ไมโครลิตร ปิดฝาทันทีแล้วห่อด้วยกระดาษฟอยด์ นำไปแช่ที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ข้ามคืน โดยเตรียม 3 ซ้ำ นำ XAD-2 มาสกัดด้วยเฮกเซนด้วยวิธีเดียวกับการเตรียมตัวอย่าง แล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทร-กราฟฟี แมสสเปกโทรมิเตอร์ นำค่าความเข้มข้นที่คำนวณได้จากกราฟมาตรฐานมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการสกัด สำหรับแบลงค์ เตรียมเหมือนตัวอย่างแต่ไม่ต้องฉีดสารละลายมาตรฐาน

การหาค่าร้อยละการวิเคราะห์กลับคืน และความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ (%Recovery and Precision)

เตรียมเช่นเดียวกับในขั้นตอนการหาประสิทธิภาพการสกัดสารออกจากตัวดูดซับ แต่ใช้สารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 6 และ 12 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยเตรียมความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ภายในวันเดียวกัน เพื่อใช้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) ภายในวันเดียวกัน (Intraday) และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนระหว่างวัน (Interday) ได้จากการวิเคราะห์ 3 วัน วันละ 3 ซ้ำ ค่าความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์สามารถคำนวณได้จากค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV)

ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ (Limit of Detection)

เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นในช่วง 1.2-12 นาโนกรัม/มิลลิลิตร จำนวน 3 ซ้ำ แล้วนำมาวิเคราะห์และสร้างกราฟระหว่างพื้นที่ใต้กราฟ และความเข้มข้นของสารละลายพีเอเอช จะได้สมการความสัมพันธ์ Y=mX + b โดยที่ค่าความเข้มข้นต่ำสุด (LOD) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$LOD = 3S_y/slope$$

$$\text{โดยที่ } S_y = [\sum(\hat{Y}_i - Y_i)^2/(n-2)]^{1/2}$$

$\hat{Y}_i$ = ค่าความเข้มข้นที่คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ $Y = mX + b$

n = จำนวนข้อมูลที่ใช้สร้างกราฟ

วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ

เก็บตัวอย่างอากาศในบริเวณหายใจของแม่ค้าทอดปาท่องโก๋ โดยใช้ปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคลที่ต่อกับกระดาษกรองชนิดเทฟลอน (PTFE) และหลอดดูดซับ (XAD-2) ตาม NIOSH method no.5515 (NIOSH, 1994) โดยปรับอัตราการไหลที่ 2 ลิตร/นาที ทำการเก็บตัวอย่างตลอดระยะเวลาการทำงานของแม่ค้า และเก็บข้อมูลทั่วไป โดยการสอบถามข้อมูลโดยตรงจากแม่ค้าตามแบบสัมภาษณ์

วิธีการเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ตัวอย่างจะวิเคราะห์ในส่วนของหลอดเก็บตัวอย่าง XAD-2 โดยนำหลอดเก็บตัวอย่าง XAD-2 มาแยกส่วนหน้าและหลังออกใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิด เติมตัวทำละลายเฮกเซน 500 ไมโครลิตร นำไปสกัดด้วยเครื่องอัลตร้าโซนิค เป็นเวลานาน 30 นาที ดูดสารละลายใส่ใน insert vial ซึ่งบรรจุในขวดสีชา ขนาด 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี แมสสเปกโทรมิเตอร์

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ แมสสเปกโตร-มิเตอร์ ได้โครมาโตแกรมที่พีคสามารถแยกออกจากกันได้ ดัง Figure 1 โดยสารพีเอเอชแต่ละชนิดมีค่า retention time ดังแสดงใน Table 1

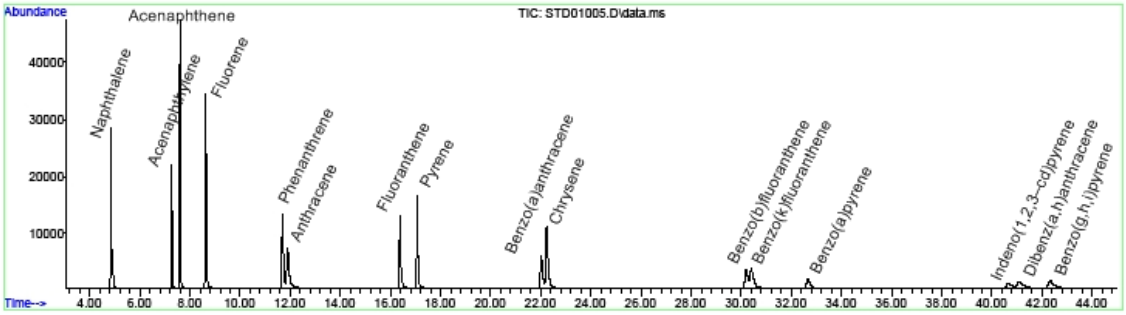


Figure 1 The chromatograms of 16 priority Standard PAHs of 240 ng/ml

ความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานระหว่างเข้มข้นของสารพีเอเอชแต่ละชนิดกับพื้นที่ใต้กราฟ พบว่ามีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 12-240 นาโนกรัม/มิลลิลิตร โดยมีสมการความสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 1.2-4.8 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Calibration for the analysis of PAHs, Retention time and Limit of detection

PAHs (conc. 12 – 240 ng/ml)	Retention time (min)	Liner regression equation	Correlation coefficient, R^2	Limit of detection (ng/ml)
1. Naphthalene	4.849	y = 161230x + 964	0.999	2.4
2. Acenaphthylene	7.275	y = 105961x - 725	0.999	2.4
3. Acenaphthene	7.600	y = 212616x - 1034	0.999	2.4
4. Fluorene	8.635	y = 176209x - 1459	0.999	2.4
5. Phenanthrene	11.773	y = 114326x - 2700	0.998	1.2
6. Anthracene	11.989	y = 72292x - 2824	0.990	1.5
7. Fluoranthene	16.441	y = 101460x - 1445	0.999	2.4
8. Pyrene	17.121	y = 116009x - 1912	0.998	2.4
9. Benzo(a)anthracene	22.147	y = 56206x - 1879	0.990	2.4
10. Chrysene	22.340	y = 102192x - 3447	0.992	2.4
11. Benzo(b)fluoranthene	30.397	y = 26769x - 852	0.994	4.8
12. Benzo(k)fluoranthene	30.549	y = 32239x - 1285	0.986	4.8
13. Benzo(a)pyrene	32.904	y = 34530x - 796	0.997	4.8
14. Indeno(1,2,3–cd)pyrene	41.016	y = 15246x - 357	0.997	4.8
15. Dibenz(a,h)anthracene	41.457	y = 20490x - 598	0.994	4.8
16. Benzo(g,h,i)pyrene	42.572	y = 32234x - 941	0.995	4.8

ค่าประสิทธิภาพการสกัดสารจากตัวดูดซับ (Desorption efficiency) อยู่ในช่วง 66.0-102.7% ค่าร้อยละการวิเคราะห์กลับคืน และความแม่นยำของของวิธีการวิเคราะห์มีค่าอยู่ในช่วง 76.7-103.2% และ 1.6-10.1% ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดใน Table 2

Table 2 Desorption efficiency, Intraday and Interday precision (%Coefficient of variation, %CV) and %recovery for the analysis of PAHs

PAHs	Desorption efficiency, %	Concentration (ng/ml)	%CV		Average Recovery, %
			Intraday	Interday	
1. Naphthalene	102.7	60	0.8	9.8	98.1
		120	0.9	5.4	86.0
2. Acenaphthylene	88.5	60	0.9	10.1	95.4
		120	0.6	1.6	84.5
3. Acenaphthene	95.3	60	0.5	8.1	99.2
		120	1.1	5.3	85.7
4. Fluorene	88.7	60	1.3	7.8	100.4
		120	0.8	5.9	84.0
5. Phenanthrene	72.3	60	2.7	7.0	101.0
		120	1.8	6.7	81.4
6. Anthracene	71.8	60	4.6	6.6	98.4
		120	0.2	3.4	76.7
7. Fluoranthene	66.6	60	4.6	5.4	103.2
		120	0.7	5.3	81.0
8. Pyrene	66.0	60	2.0	6.3	100.4
		120	0.7	5.9	79.3

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของพีเอเอชใน XAD-2 จำนวน 10 ตัวอย่าง จากแม่ค้าทอดปาท่องโก๋ พบสารพีเอเอช 8 ชนิด คือ Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene ดังแสดงใน Figure 2 ซึ่งเป็นสารพีเอเอชขนาดเล็กที่มีวงอะโรมาติก 2-4 วง มีความเข้มข้นเฉลี่ย 103-1166 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดัง Table 3

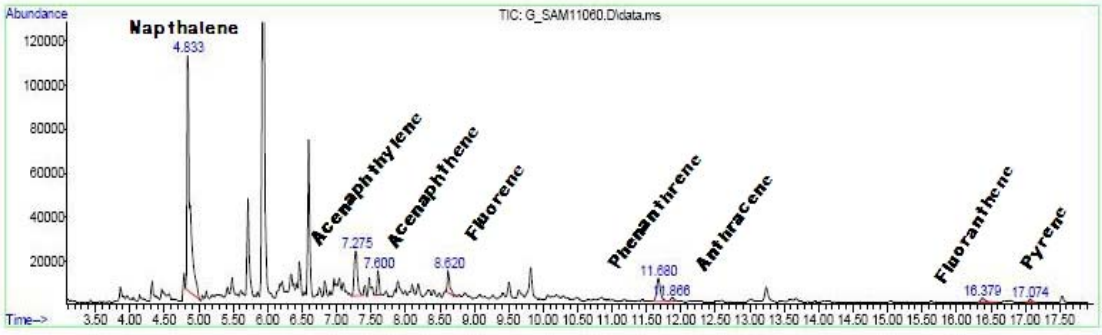


Figure 2 The chromatograms of air sample collecting from deep fried doughstick vender

ข้อมูลทั่วไปของแม่ค้ามีดังนี้ อายุเฉลี่ย 35.7±11.9 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 60.2±6.2 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 162.2±6.9 เซนติเมตร คิดเป็นเพศชาย 70% และเพศหญิง 30% โดยมีระยะเวลาในการทำงานเฉลี่ย 4 ชั่วโมง/วัน และ 6.5 วัน/สัปดาห์

Table 3 Concentration of 8 PAHs in breathing zone of deep fried doughstick vendors

PAHs	Concentration (ng/m^3) X ± SD (n=10)
1. Naphthalene	376 ± 675
2. Acenaphthylene	1166 ± 1383
3. Acenaphthene	201 ± 106
4. Fluorene	115 ± 65
5. Phenanthrene	320 ± 301
6. Anthracene	103 ± 52
7. Fluoranthene	132 ± 142
8. Pyrene	116 ± 168

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์สารพีเอเอชด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี แมสสเปกโทรเมตรี โดยใช้คอลัมน์ชนิดแคปิลลารี่ รุ่นเอชพีไฟว์เอ็มเอส (HP-5MS) จากการตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์พบว่ามีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 12-240 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ค่าร้อยละการวิเคราะห์กลับคืน (%Recovery) อยู่ในช่วง 76.7-103.2% และค่าความแม่นยำ (%CV) ภายในวันเดียวกัน (Intraday) และระหว่างวัน (Interdayday) อยู่ในช่วง 0.2-4.6% และ 1.6-10.1% ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ มีค่า 1.2-4.8 นาโนกรัม/มิลลิลิตร การศึกษานี้มีค่าร้อยละการวิเคราะห์กลับคืนใกล้เคียงกับวิธีการวิเคราะห์ของ Mei-RU Chen (Chen *et al*., 2008) นอกจากนั้นยังสามารถวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นต่ำสุดได้ต่ำกว่าและใช้วิธีการสกัดที่สะดวกรวดเร็วกว่า ซึ่ง Mei-RU Chen ใช้เวลาสกัด 24 ชั่วโมง แต่การศึกษานี้สกัดในเครื่องอัลตร้าโซนิค 30 นาที และสามารถนำไปใช้เป็นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณพีเอเอชในบรรยากาศได้

วิธีการวิเคราะห์นี้สามารถนำมาใช้ในการหาความเข้มข้นของสารพีเอเอชในตัวอย่างอากาศที่เก็บในบริเวณหายใจของแม่ค้าทอดปาท่องโก๋ พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลขนาดเล็กในช่วง 103-1166 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์พีเอเอชในสถานะก๊าซในร้านอาหารในฮ่องกงของ Yi Chen (Chen *et al*., 2006)

เอกสารอ้างอิง

พรศิริ พันธสี. 2549. โภชนการดี..ชีวีมีสุข. จาก *http://www.hcunurse.com/moodle/file.php/1/food.pdf*. [ตุลาคม 2549]

กรมควบคุมมลพิษ. 2547. **พีเอเอช PAH**. ไอเดียสแควร์: กรุงเทพฯ. 92 น.

Bhargava, A., R.N. Khanna, S.K.Bhargava, and S. Kumar. 2004. Exposure risk to carcinogenic PAHs in indoor-air during biomass combustion whilst cooking in rural India. **Atmospheric Environment**. 38: 4761–4767.

Chen, M.R., P.J. Tsai and Y.F. Wang. 2008. Assessing inhalatory and dermal exposures and their resultant health-risks for workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contained in oil mists in a fastener manufacturing industry. **Environment International**. 34: 971–975.

Chen, Y., K.F. Ho, A.S.H. Ho, W.K. Ho, S.C. Lee, J.Z. Yu and E.H.L. Sit. 2007. Gaseous and particulate polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) emissions from commercial restaurants in Hong Kong. **Journal of Environmental Monitoring**. 9(12): 1402-9.

Chiu, C.P., Y.S. Lin and B.H. Chen. 1997. Comparison of GC-MS and HPLC for overcoming matrix interferences in the analysis of PAHs in smoked food. **Chromatographia**. 44(9): 497-504.

Fang, G.C., Y.S. Wu, M.H. Chen, T.T. Ho, S.H. Huang and J.Y. Rau. 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons study in Taichung, Taiwan, during 2002–2003. **Atmospheric Environment**. 38: 3385–3391.

IARC. 2009. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Available from: *http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php*.

Jira, W. 2004. A GC/MS method for the determination of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in smoked meat products and liquid smokes. **European Food Research and Technology**. 218: 208-212.

Ko, Y.C., L.S.C. Cheng, C.H. Lee, J.J. Huang, M.S. Huang, E.L. Kao, H.Z. Wang and H.J. Lin. 2000. Chinese food cooking and lung cancer in women nonsmokers. **American Journal of Epidemiology**. 151: 140-147.

Liu, Y., L. Liu, J.M. Lin, N. Tang and K. Hayakawa. 2006. Distribution and Characterization of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Compounds in Airborne Particulates of East Asia. **China Particuology**. 4(6): 283-292.

Metayer, C., Z. Wang, R.A. Kleinerman, L. Wang, A.V. Brenner, H. Cui, J. Cao and J.H. Lubin. 2002. Cooking oil fumes and risk of lung cancer in women in rural Gansu, China. **Lung Cancer**. 35: 111–117.

Niosh. 1994. Polynuclear Aromatic Hydrocarbons by GC: Method 5515. Available from: *http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/5515.pdf*.

See S.W., S. Karthikeyan and R. Balasubramanian. 2006. Health risk assessment of occupational exposure to particulate-phase polycyclic aromatic hydrocarbons associated with Chinese, Malay and Indian cooking. **Journal of Environmental Monitoring**. 8: 369–376.

สาขาวิศวกรรม
และอุตสาหกรรมเกษตร

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลเสริมใบเตย

Development of Non-cholesterol Pandan Herbal Salad Dressing Product

ศิริพร พจนการุณ[1*] สมชาย จอมดวง[2] และสุกัญญา วงค์พรชัย[3]

Siriporn Pojanagaroon[1*] Somchai Jomduang[2] and Sukanya Wongpornchai[3]

[1]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 เชียงใหม่ 50200

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[3]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[1]Office of Agricultural Research and Development Region 1, Chiang Mai, Thailand 50200

[2]Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

[3]Department of Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: siriporndoa@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของสมุนไพรที่ใช้เติมลงในน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล ซึ่งสูตรพื้นฐานของน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลที่ใช้ศึกษาประกอบด้วย น้ำมันพืช 38.0% ซูคราโลส 0.051% เต้าหู้ถั่วเหลือง 16.1% น้ำส้มสายชู 9.8% สารละลายสตาร์ชดัดแปร (เข้มข้น 28.6%) 28.6% นมสดพร่องมันเนย 4.0% มัสตาร์ด 1.6% เกลือ 0.9% และพริกไทย 0.9% ใช้สารสกัดสมุนไพรทดแทนส่วนที่เป็นน้ำ 20.4% ของสารละลายสตาร์ชดัดแปร (28.6%) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสมุนไพรชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลที่เหมาะสมที่สุด ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของสมุนไพรที่เหมาะสมสำหรับเติมลงในน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล จำนวน 20 ชนิด วางแผนการทดลองแบบ Ranking test เลือกสมุนไพรที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุด 3 ชนิด และศึกษาหาปริมาณของน้ำสกัดสมุนไพรแต่ละชนิดที่เหมาะสมในการเติมลงในน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ทดสอบคุณภาพการยอมรับด้านประสาทสัมผัส วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ผลการศึกษา พบว่า สมุนไพรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผสมกับน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล คือ ใบเตย รองลงมา คือ มะตูม และใบบัวบก ตามลำดับ สำหรับการหาสัดส่วนของน้ำสกัดสมุนไพรแต่ละชนิดที่เหมาะสมในการเติมลงในน้ำสลัด พบว่า เมื่อพิจารณาจากการยอมรับผลการประเมินทางประสาทสัมผัสแล้ว น้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลที่เสริมสมุนไพรใบเตยได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระปานกลาง ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ คือ น้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลที่ประกอบด้วยน้ำ 140.12 กรัม น้ำใบเตย 88.48 กรัม (ต่อน้ำหนักน้ำสลัด 1,118 กรัม)

คำสำคัญ: น้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล การพัฒนา คุณภาพทางเคมี การยอมรับผลการประเมินทางประสาทสัมผัส

Abstract

This research aimed to investigate an appropriate type and quantity of herbs mixing with non-cholesterol salad dressing for processing non-cholesterol herbal salad dressing product. Basic salad dressing formula used in this study consisted of 38.0% vegetable oil, 0.051% sucralose, 16.1% soybean tofu, 9.8% vinegar, 28.6% modified starch solution (28.6% concentration), 4.0% low-fat fresh milk, 1.6% mustard, 0.9% salt and 0.9% pepper. Finding the most 3 appropriate herbs from 20 herbs used in the mixing with non-cholesterol salad dressing product were studied by ranking test with alternate water part (20.4%) of 28.6% modified starch solution. The appropriate ratio of each alternative herbal extract was added into basic formula using mixture design. Each formula was tested and analyzed by sensory evaluation, physical and chemical qualities. The results revealed that the first rank of three herbs receiving the highest preference scores included pandan, bael fruits and pennywort leaves, respectively. Non-cholesterol salad dressing added with pandan gave the highest acceptance from sensory evaluation with the moderate level of total phenolic content and free radical scavenging value. In conclusion, non-cholesterol pandan herbal salad dressing product developed in this study consisted of 140.12 g of water and 88.48 g of pandan extract (from 1,118 g of salad dressing).

Keywords: non-cholesterol pandan herbal salad dressing, development, chemical quality sensory evaluation

คำนำ

สลัดเป็นอาหารที่มีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ ผักและผลไม้ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลัก อุดมไปด้วยสารอาหาร น้ำสลัดซึ่งมีส่วนผสมหลัก คือ น้ำมัน ไข่แดง นมข้นหวาน และน้ำตาลทราย จึงเป็นอาหารที่ให้พลังงาน และคอเลสเตอรอลสูง ไม่เหมาะกับผู้บริโภคที่มีปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพ เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง และไขมันในเลือดสูง เป็นต้น น้ำสลัดมีต้นกำเนิดมาจากฝรั่งเศสและแพร่กระจายไปทั่วโลก ปัจจุบันมีหลายรูปแบบ จุดประสงค์หลักของการบริโภคสลัดซึ่งเป็นอาหารที่ประกอบด้วยผักสดหลายชนิดที่มีเส้นใยสูงอุดมไปด้วยวิตามิน และเกลือแร่ ทำให้ผู้บริโภคมีสุขภาพแข็งแรง (อภิญญา, 2550) ปัจจุบันคนไทยนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพซึ่งกำลังได้รับความนิยมสูง เพราะผู้บริโภคหันมาสนใจในสุขภาพมากขึ้น โดยเฉพาะผู้ที่มีปัญหาเรื่องน้ำหนักตัวได้มีความระมัดระวังเพิ่มมากขึ้นในการบริโภค เนื่องจากโรคอ้วนเป็นสาเหตุของโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจอันเกิดมาจากการเกาะตัวของคอเลสเตอรอล (เกษมศรี, 2540) ประกอบกับมีงานวิจัยหลัก 2 งานที่เป็นพื้นฐานสำหรับงานวิจัยนี้ในการต่อยอด กล่าวคือ งานวิจัยแรกเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นคอเลสเตอรอลต่ำ (วัลลภ, 2550) ที่ใช้น้ำเต้าหู้ถั่วเหลืองทดแทนไข่ในการผลิตน้ำสลัด เพื่อลดปริมาณคอเลสเตอรอลที่ผู้บริโภคได้รับเกินความต้องการจากไข่แดง และลดความเสี่ยงจากการได้รับเชื้อไข้หวัดนก

เนื่องจากน้ำสลัดส่วนใหญ่ทำจากไข่ดิบ งานวิจัยที่สองเป็นการพัฒนาสารละลายสตาร์ชดัดแปรจากข้าวทดแทนน้ำมันพืช (นิรมล, 2548) ซึ่งไม่พบความแตกต่างกันจากการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมน้ำสลัดที่ใช้สารละลายสตาร์ชดัดแปรทดแทนน้ำมันพืชแต่อย่างใด คณะผู้วิจัยได้พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลสูตรใหม่ที่เน้นลดปริมาณพลังงานที่ได้รับจากการบริโภคและได้การยอมรับสูง โดยปรับสูตรด้วยการใช้โดยใช้สารละลายสตาร์ชดัดแปร 28.6% ผสมน้ำมันถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันถั่วเหลือง และนมสดพร่องมันเนยทดแทนนมข้นหวานในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด (ศิริพร และคณะ, 2552) และใช้ซูคราโลส 0.051% เป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย ให้ค่าพลังงานที่ได้รับจากการบริโภคของน้ำสลัดเพียง 4,005.28 cal/g (อรพิน และคณะ, 2552) ซึ่งคณะผู้วิจัยได้หาค่าพลังงานที่ได้รับจากการบริโภคของน้ำสลัดสูตรดั้งเดิมของวัลลภ (2550) ซึ่งเป็นสูตรพื้นฐานที่ใช้ในการพัฒนา (ศิริพร และคณะ, 2552) พบว่า ให้ค่าพลังงานสูงถึง 5,837.48 cal/g จึงถือว่าสามารถลดพลังงานลงได้ประมาณ 31% (ศิริพร และคณะ, 2552) เมื่อได้ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลสูตรใหม่แล้ว จึงนำมาสู่งานวิจัยนี้ที่เน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสมุนไพรเพื่อสุขภาพชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลขึ้น โดยศึกษาความเป็นไปได้ของสมุนไพรที่เหมาะสมกับน้ำสลัดชนิดข้น และศึกษาหาปริมาณของน้ำสกัดสมุนไพรแต่ละชนิดที่เหมาะสมในการเติมลงในน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสมุนไพรเพื่อสุขภาพชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล ที่มีส่วนประกอบทางเคมีด้านปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูง และได้รับการยอมรับด้านประสาทสัมผัสสูงด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการเตรียมน้ำสลัด

ใช้สูตรน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลที่ได้การยอมรับสูงและมีพลังงานที่ได้จากการบริโภคต่ำที่สุดที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นจากสูตรน้ำสลัดชนิดข้นคอเลสเตอรอลต่ำของวัลลภ (2550) ซึ่งประกอบด้วย น้ำส้มสายชูกลั่น 10% น้ำตาลทรายขาว 18% นมข้นหวาน 8% พริกไทยป่น 1% เกลือ 1% มัสตาร์ด 2% เต้าหู้ถั่วเหลือง 16% และน้ำมันพืช (น้ำมันถั่วเหลือง) 44% โดยน้ำหนักโดยใช้สารละลายสตาร์ชดัดแปร 28.6% ผสมน้ำมันถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันถั่วเหลือง และนมสดพร่องมันเนยทดแทนนมข้นหวาน (ศิริพร และคณะ, 2552) และใช้ซูคราโลส 0.051% เป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย (อรพิน และคณะ, 2552) วิธีการทำน้ำสลัดชนิดข้นเริ่มจากนำส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นน้ำมันถั่วเหลืองมาปั่นด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Buono 450 W) ค่อยๆ เติมน้ำมันถั่วเหลืองจนหมด ปั่นจนให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน นำน้ำสลัดที่เตรียมได้มาศึกษา ดังนี้

1. ศึกษาความเป็นไปได้ของสมุนไพรที่เหมาะสมกับน้ำสลัดชนิดข้น

ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสมุนไพรเพื่อสุขภาพชนิดข้นคอเลสเตอรอลต่ำ โดยเตรียมน้ำสกัดสมุนไพร จำนวน 20 ชนิด ดังนี้ สมุนไพรสด ได้แก่ ผักเซียงดา ใบชะพลู ใบหม่อน สะระแหน่ญี่ปุ่น เหง้าไพล โหรพาช้าง (ยี่หร่า) ผักชีล้อม กระถิน บัวบก คื่นฉ่าย ผักแว่น ใบเตย ใบสะเดา ยอดมะระ ผักหนามปู่ย่า ผักชีฝรั่ง และสะระแหน่ โดยนำสมุนไพรแต่ละชนิดมาล้าง หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และบดผสมกับน้ำสัดส่วน 1 ต่อ 2 โดยน้ำหนัก แล้วไปบดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ บีบคั้นกรองแยกด้วยผ้าขาวบาง บรรจุขวดแก้ว เก็บไว้ในอุณหภูมิตู้เย็น 4$\pm$2°ซ ส่วนสมุนไพรแห้ง ได้แก่ หญ้าหวาน รางจืด และมะตูม นำไปต้มกับน้ำเดือดสัดส่วน 1 ต่อ 100 โดยน้ำหนัก

กรองด้วยผ้าขาวบาง บรรจุขวดพร้อมกับพาสเจอร์ไรส์สมุนไพรทั้ง 20 ชนิดที่อุณหภูมิ 95°ซ เป็นเวลา 5 นาที เก็บไว้ในอุณหภูมิตู้เย็น 4±2°ซ จากนั้นนำไปทดสอบความเป็นไปได้ในการผสมกับน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลที่ได้พัฒนาขึ้น (อรพิน และคณะ, 2552) ใช้ผู้ทดสอบชิมซึ่งเป็นบุคคลที่เคยรับประทานสลัดเป็นประจำ และได้รับการฝึกฝนเป็นอย่างดี จำนวน 35 คน ให้ผู้ทดสอบชิมทดลองผสมน้ำสกัดสมุนไพรกับน้ำสลัดชนิดข้นสูตรพื้นฐาน ผู้ทดสอบชิมสามารถใช้สมุนไพรเดี่ยวหรือผสมก็ได้ในการผสมกับน้ำสลัดชนิดข้น ผู้ทดสอบชิมแต่ละรายต้องเลือกชนิดสมุนไพรเพียง 3 อันดับแรก ที่มีความเป็นไปได้สูงในการผสมกับน้ำสลัดชนิดข้น ทำการรวบรวมผล นำผลรวมของลำดับของสมุนไพรที่ได้รับการยอมรับ 3 อันดับแรก เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

2. ศึกษาปริมาณของน้ำสกัดสมุนไพรแต่ละชนิดที่เหมาะสมในการเติมลงในน้ำสลัดชนิดข้น

ทำการเตรียมน้ำสมุนไพร แต่ละชนิด ดังนี้

2.1 มะตูมแห้ง นำมะตูมแช่น้ำด้วยสัดส่วนมะตูมแห้งต่อน้ำ 1:3 ส่วนโดยน้ำหนัก แช่น้ำ 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อแล้ว บีบคั้นน้ำด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก ได้เป็นน้ำมะตูม เก็บไว้ตู้แช่แข็ง

2.2 ใบเตยและใบบัวบก เตรียมโดยการมาล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อ บีบคั้นน้ำด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกได้เป็นน้ำใบเตย เก็บไว้ตู้แช่แข็งจนกว่าจะนำมาใช้

วางแผนการทดลองแบบ Mixture design เพื่อแปรระดับน้ำสกัดสมุนไพรทดแทนส่วนน้ำ (20.4% หรือ 228.6 กรัม) ของสารละลายสตาร์ชดัดแปร 28.6% โดยแป้งเป็นปัจจัยคงที่ คือ 8.2% หรือ 91.4 กรัม กำหนดให้ *ปัจจัย A* คือ น้ำสะอาดที่ใช้เตรียมสารละลายแป้งดัดแปร 28.6% ให้ค่าต่ำสุดเป็น 0 กรัม และค่าสูงสุดเป็น 228.6 กรัม หรือ 20.4% *ปัจจัย B* คือ น้ำสกัดสมุนไพร โดยให้ค่าต่ำสุดเป็น 0 กรัม และค่าสูงสุดเป็น 228.6 กรัม หรือ 20.4% (Table 1) ทำการเตรียม และทดสอบผลิตภัณฑ์ ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีทั้งแปดไปศึกษา ดังนี้ 1) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมซึ่งเป็นบุคคลที่เคยรับประทานสลัดเป็นประจำ จำนวน 50 คน ให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale กำหนดให้ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด

วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) นำคะแนนที่ได้จากผู้ทดสอบชิมไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% 2) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านสี โดยวัดค่า L* a* และ b* ด้วยเครื่อง Minolta chroma meter วัดค่าความข้นหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield-programmable viscometer รุ่น LVDV-II+ และค่าความคงตัวของอิมัลชัน โดยนำน้ำสลัดไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สังเกตลักษณะการแยกชั้นที่เกิดขึ้น (Chun *et al*., 1997) 3) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ด้านความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay (Aruoma *et al*., 1997) และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดโดยวิธี Folin-ciocalteu (รัตติยา, 2544; Zoecklein *et al*., 1995) ทั้งนี้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design ที่วางไว้ สามารถทำนายค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของสัดส่วนระหว่างน้ำและน้ำสกัดสมุนไพรแต่ละชนิดที่เหมาะสมที่สุด (optimization) จากสมการการทำนาย ณ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ และภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง พฤศจิกายน 2552

Table 1 Mixture ratio treatments between water (factor A) and herbal extract (factor B) instead water part (20.4%) of 28.6% Modified starch solution

Treatment	Pseudo		Weight ratio (g)		Percentage ratio	
	Water (factor A)	Herbal extract (factor B)	Water (factor A)	Herbal extract (factor B)	Water (factor A)	Herbal extract (factor B)
1 (control)	**1**	**0**	**228.6**	**0.0**	**20.4**	**0.0**
2	0.5	0.5	114.3	114.3	10.2	10.2
3	0	1	0.0	228.6	0.0	20.4
4	0.75	0.25	171.5	57.2	15.3	5.1
5	0.25	0.75	57.2	171.5	5.1	15.3
6	0	1	0.0	228.6	0.0	20.4
7	1	0	228.6	0.0	20.4	0.0
8	0.5	0.5	114.3	114.3	10.2	10.2

ผลการทดลองและวิจารณ์

ศึกษาความเป็นไปได้ของสมุนไพรที่เหมาะสมกับน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล

เมื่อเรียงลำดับสมุนไพรที่มีคะแนนความชอบโดยรวมที่จะนำไปผสมกับน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล จำนวน 20 ชนิด พบว่า สมุนไพรที่มีลำดับความชอบสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ใบเตยได้รับคะแนนความชอบความชอบสูงสุด เป็นลำดับที่ 1 รองลงมา คือ มะตูม และใบบัวบก ตามลำดับ (Table 2) ดังนั้น สมุนไพรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผสมกับน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล คือ ใบเตย รองลงมา คือ มะตูม และใบบัวบกตามลำดับ จึงนำมาศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำและน้ำสกัดสมุนไพรทั้งสามชนิด เพื่อเป็นส่วนผสมในน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลต่อไป

Table 2 Total preference scores of 20 herbs that used to mix with non-cholesterol salad dressing and their ranking

Types of herbs	Scientific name	Total preference scores	Preference ranking
1. Stevia	*Stevia rebaudiana* Bertoni.	8.36 ± 1.39	4
2. Siang-Da leaves	*Gymnema inodorum* Decne.	2.54 ± 1.27	11
3. Cha-plu leaves	*Piper sarmentosum* Roxb. ex.Hunter.	1.13 ± 1.13	14
4. Mulberry leaves	*Morus alba* Linn.	4.13 ± 1.38	8
5. Japanese mint leaves	*Mentha cordifolia* Opiz.	5.82 ± 1.46	6
6. Plai rhizomes	*Zingiber cassumunar* Roxb.	3.67 ± 1.22	9
7. Perilla leaves	*Ocimum gratissimum* Linn.	1.13 ± 1.13	14
8. Chinese celery leaves	*Oenonthe stolonifera* Wall.	0	17
9. Lead tree leaves	*Leucaena leucocephala* de Wit.	0	17
10. Asiatic pennywort leaves	***Centella asiatica* (L.) Urban.**	**12.21 ± 1.36**	**3**
11. Celery leaves	*Apium graveolens* Linn.	5.54 ± 1.39	7
12. Water clover leaves	*Marsilea crenata* Presl.	1.13 ± 1.13	14
13. Pandan leaves	***Pandanus odorus* Ridl.**	**43.54 ± 1.67**	**1**
14. Neem leaves	*Azadirachta indica* A. Juss.	0	17
15. Carilla tips	*Momordica charantia* Linn.	2.54 ± 1.27	11
16. Nham Pu Ya leaves	*Caesalpinia mimosoides* Lamk.	1.41 ± 1.41	13
17. Fitweed Leaves	*Eryngium foetidum* Linn.	0	17
18. Laurel clock vine leaves	*Thunbergia laurifolia* Linn.	6.67 ± 1.41	5
19. Kitchen mint leaves	*Mentha cordifolia* Opiz.	3.28 ± 1.64	10
20. Bael fruits	***Aegle marmelos* (L.) Corr.**	**24.79 ± 1.46**	**2**

ศึกษาปริมาณของน้ำสกัดสมุนไพรแต่ละชนิดที่เหมาะสมในการเติมลงในน้ำสลัดชนิดข้น

จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำและน้ำสกัดสมุนไพรทั้งสามชนิด เพื่อเป็นส่วนผสมในน้ำสลัดชนิดข้น ผลการศึกษา พบว่า สมุนไพรแต่ละชนิดมีค่าตอบสนองดังนี้

1. น้ำใบบัวบก

สารประกอบฟีนอล = 4.54A + 10.75B + 11.68AB + 9.56AB(A-B) R^2 = 0.9973

การกำจัดอนุมูลอิสระ = 19.95A + 36.20B + 17.75AB R^2 = 0.9688

ลักษณะปรากฏ = 7.03A + 5.00B – 0.58AB + 3.34AB(A-B) R^2 = 0.9068

สี = 7.08A + 4.92B R^2 = 0.9540

กลิ่น	=	6.61A + 5.97B – 0.40AB + 0.85AB(A-B)	R^2 = 0.9467
รสชาติ	=	6.90A + 5.86B – 1.54AB	R^2 = 0.6416
เนื้อสัมผัส	=	6.61A + 6.01B	R^2 = 0.5526
ความชอบโดยรวม	=	6.81A + 5.56B	R^2 = 0.7399

พิจารณาด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสร่วมกับปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (Figure 1 and 2) พบว่า สูตรที่เหมาะสมของน้ำสลัดชนิดข้นเสริมน้ำบัวบก จำนวน 1,118 กรัม ประกอบด้วย **น้ำ 179.24 กรัม น้ำบัวบก 49.36 กรัม** สามารถทำนายค่าตอบสนองได้ดังนี้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด	=	8.87 mg GAE/ml
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ	=	26.46%

2. น้ำมะตูม

สารประกอบฟีนอล	=	2.69A + 59.87B + 115.60AB	R^2 = 0.9668
การกำจัดอนุมูลอิสระ	=	24.41A + 91.11B + 132.62AB	R^2 = 0.8966
ลักษณะปรากฏ	=	6.41A + 5.45B – 0.19AB + 1.28AB(A-B)	R2 = 0.8772
สี	=	6.59A + 5.21B – 0.58AB	R^2 = 0.9207
กลิ่น	=	6.58A + 6.37B + 0.17AB + 2.43AB(A-B)	R^2 = 0.5074
รสชาติ	=	6.11A + 5.73B + 2.16AB + 3.89AB(A-B)	R^2 = 0.8369
เนื้อสัมผัส	=	6.14A + 6.10B + 0.17AB + 2.03AB(A-B)	R^2 = 0.0163
ความชอบโดยรวม	=	6.58A + 5.97B	R^2 = 0.6345

พิจารณาด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสร่วมกับปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (Figure 1 and 2) พบว่า สูตรที่เหมาะสมของน้ำสลัดชนิดข้นเสริมน้ำมะตูม จำนวน 1,118 กรัม ประกอบด้วย **น้ำ 136.92 กรัม น้ำมะตูม 91.68 กรัม** สามารถทำนายค่าตอบสนองได้ดังนี้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด	=	53.39 mg GAE/ml
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ	=	83.02%

3. น้ำใบเตย

สารประกอบฟีนอล	=	4.28A + 18.79B + 32.61AB	R^2 = 0.8165
การกำจัดอนุมูลอิสระ	=	20.27A + 69.43B + 49.34AB	R^2 = 0.9945
ลักษณะปรากฏ	=	6.21A + 5.72B – 1.53AB	R^2 = 0.7888
สี	=	6.55A + 6.06B	R^2 = 0.4425
กลิ่น	=	6.23A + 6.95B – 0.97AB	R^2 = 0.1726
รสชาติ	=	6.51A + 5.95B	R^2 = 0.7647
เนื้อสัมผัส	=	5.97A + 6.47B – 1.70AB + 3.24AB(A-B)	R^2 = 0.4575
ความชอบโดยรวม	=	6.57A + 6.20B – 0.54AB + 1.63AB(A-B)	R^2 = 0.8763

พิจารณาด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสร่วมกับปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (Figure 1 and 2) พบว่า สูตรที่เหมาะสมของน้ำสลัดชนิดข้นเสริมน้ำใบเตย จำนวน 1,118 กรัม ประกอบด้วย **น้ำ 140.12 กรัม น้ำใบเตย 88.48 กรัม** สามารถทำนายค่าตอบสนองได้ดังนี้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด = 17.63 mg GAE/ml

ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ = 51.01%

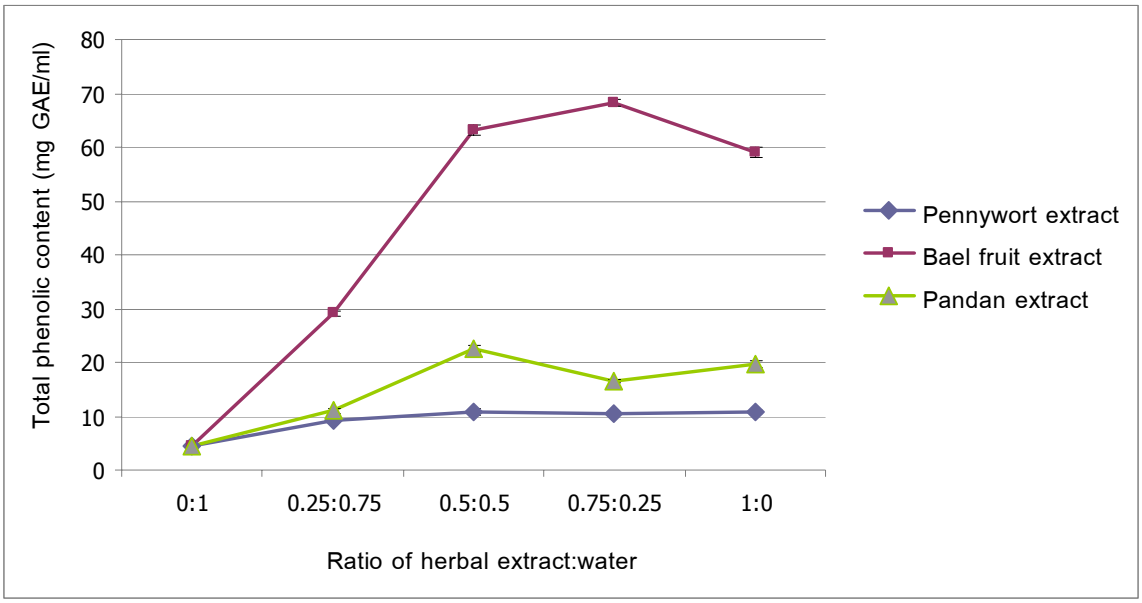


Figure 1 Total phenolic content (mg GAE/ml) of each ratio of herbal extract : water of the three non-cholesterol herbal salad dressing

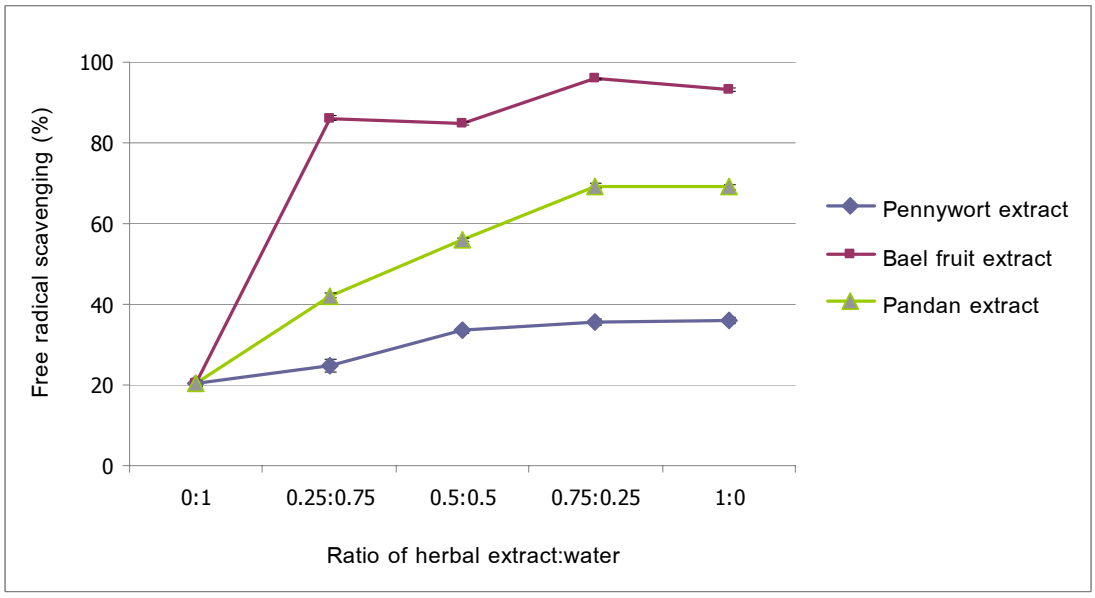


Figure 2 Free radical scavenging (%) of each ratio of herbal extract : water of the three non-cholesterol herbal salad dressing

เมื่อนำน้ำสลัดสูตรที่เหมาะสมที่สุดของสมุนไพรแต่ละชนิดมาทดสอบเปรียบเทียบกัน (Table 3) โดยพบว่าน้ำสลัดใบเตยมีค่า L* สูงที่สุด จึงมีสีอ่อนที่สุด รองลงมา คือ น้ำสลัดบัวบกและน้ำสลัดมะตูม ที่มีค่า L* ต่ำลง จึงมีสีคล้ำลง ตามลำดับ นอกจากนี้ น้ำสลัดใบเตยและน้ำสลัดบัวบกมีค่า a* ติดลบ แสดงว่ามีแนวโน้มสีค่อนไปทางสีเขียว ในขณะที่น้ำสลัดมะตูมมีค่าสี a* เป็นบวก แสดงว่า มีแนวโน้มสีค่อนไปทางสีแดง ค่าความหนืดของน้ำสลัดไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4,675-5,140 เซนติพอยส์ ความคงตัวของอิมัลชันของน้ำสลัดมะตูมและบัวบกไม่แตกต่างกัน (ร้อยละ 94.19 และ 93.71 ตามลำดับ) โดยสูงกว่าของน้ำสลัดใบเตย (ร้อยละ 88.94) ($p \leq 0.05$)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า น้ำสลัดใบเตยได้คะแนนความชอบรวมสูงที่สุด อยู่ในระดับ “ชอบปานกลาง” สูงกว่าน้ำสลัดอีกสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งได้รับคะแนนในระดับ “ชอบเล็กน้อย” เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับในด้านต่างๆ พบว่า การยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของน้ำสลัดทั้งสาม (ตามสูตรที่คำนวณได้) ไม่แตกต่างกัน แต่คะแนนในด้านอื่น คือ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติของน้ำสลัดใบเตยได้รับคะแนนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้น จึงได้คัดเลือกน้ำสลัดใบเตยเป็นน้ำสลัดเสริมสมุนไพร

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำสลัดทั้งสาม เมื่อทำนายค่าจากสมการ พบว่า น้ำสลัดมะตูมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมา คือ น้ำสลัดใบเตย และน้ำสลัดใบบัวบก ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด กล่าวคือ น้ำสลัดมะตูมมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมา คือ น้ำสลัดใบเตย และน้ำสลัดบัวบก ตามลำดับ เช่นเดียวกัน

Table 3 Effect of herbal extract mixed in Salad dressing on the physical, chemical and microbiological qualities of non-cholesterol herbal salad dressing products

Types of non-cholesterol herbal salad dressing	Physical attributes					Sensory evaluation attributes (acceptable scores)					
	Color values			Viscosity (cPs)	Emulsion stabilization (%)	Appearance	Color	Odor	Taste	Texture	Total preference
	L*	a*	b*								
Bael fruit extract	70.45 c	24.81 a	24.16 a	5,051	94.19 a	6.04 b	6.10 b	6.02 b	6.12 b	6.60	6.42 a
Pennywort extract	72.41 b	18.96 b	-18.95 b	5,003	93.71 a	6.52 a	6.56 a	6.12 b	6.10 b	6.62	6.56 b
Pandan extract	74.70 a	18.95 b	-18.93 a	4,675	88.94 b	6.84 a	6.82 a	7.18 a	6.90 a	6.78	7.20 a
Mean	**72.52**	**1.37**	**-4.41**	**4929**	**93.71**	**6.47**	**6.49**	**6.44**	**6.37**	**6.67**	**6.73**
CV (%)	**0.20**	**6.53**	**5.55**	**3.91**	**0.25**	**18.24**	**17.66**	**16.10**	**21.27**	**13.69**	**14.51**

Means within the same column with different common letters differ significantly by DMRT ($p<0.05$); ns= non-significant

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมโดยเฉพาะคะแนนการยอมรับผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า น้ำสลัดที่เสริมสมุนไพรใบเตยได้คะแนนความชอบสูงที่สุด และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระปานกลาง คือ มีค่าต่ำกว่าน้ำสลัดที่เสริมสมุนไพรน้ำมะตูม แต่สูงกว่าน้ำสลัดที่เสริมสมุนไพรใบบัวบก ดังนั้น ชนิดของน้ำสลัดสมุนไพรเพื่อสุขภาพชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลที่เหมาะสม คือ น้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล

ทั้งนี้ สามารถนำสูตรชนิดน้ำสลัดสมุนไพรเพื่อสุขภาพชนิดข้นคอเลสเตอรอลต่ำ (ปราศจากคอเลสเตอรอล) ที่พัฒนาได้ไปศึกษาข้อมูลโภชนาการ และอายุการเก็บรักษาเพื่อนำผลงานวิจัยไปส่งเสริมให้แก่วิสาหกิจชุมชน ชมรม กลุ่มแม่บ้าน กลุ่มเกษตรกรแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร หรือผู้สนใจทั่วไปต่อไป

สรุปผลการทดลอง

สมุนไพรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผสมกับน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล คือ ใบเตย รองลงมา คือ มะตูม และใบบัวบก ตามลำดับ ผลการประเมินการยอมรับด้านประสาทสัมผัสของน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลที่เสริมสมุนไพรใบเตยได้คะแนนความชอบสูงที่สุด และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระปานกลาง น้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล ประกอบด้วยน้ำ 140.12 กรัม น้ำใบเตย 88.48 กรัม (น้ำหนักน้ำสลัด 1,118 กรัม)

เอกสารอ้างอิง

เกษมศรี วงศ์เลิศวิทย์. 2540. **เลซิทิน สารมหัศจรรย์ละลายไขมัน.** เจริญวิทย์การพิมพ์: กรุงเทพฯ.

นิรมล ศักดิ์สกุลชาญ. 2548. **การดัดแปรแป้งข้าวที่มีปริมาณแอมีโลสต่างกันด้วยกรดเพื่อทดแทนไขมันในน้ำสลัด.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ. 86 น.

รัตติยา สำราญสกุล. 2544. **ปริมาณสารโพลีฟีนอลและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวมของใบหม่อนและชาใบหม่อนจากบางแหล่งในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์เภสัชศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาหารเคมีและโภชนศาสตร์ทางการแพทย์ บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ. 115 น.

วรรณคล เชื้อมงคล. 2551. สารให้ความหวาน: การใช้และความปลอดภัย. **ไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ**. 3(1): 161-168 น.

วัลลภ บรรจง. 2550. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นคอเลสเตอรอลต่ำ.** วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 132 น.

ศิริพร พจนการุณ อรพิน คนเที่ยง และสมชาย จอมดวง. 2552. อิทธิพลของชนิดน้ำมันพืชและนมที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นคอเลสเตอรอลต่ำ. **การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 8 (ภาคบรรยาย)** ระหว่างวันที่ 6-9 พฤษภาคม 2552 ณ โรงแรมดิ เอ็มเพรส: เชียงใหม่. น 148.

สุพัฒน์ ใต้เวชศาสตร์. 2546. **ผลของอิมัลซิไฟเออร์และสารให้ความคงตัวที่มีต่อคุณภาพของไอศกรีมถั่วเหลือง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

อรพิน คนเที่ยง ศิริพร พจนการุณ และสมชาย จอมดวง. 2552. ชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตน้ำสลัดชนิดข้นลดแคลอรี่. **วารสารเกษตรนเรศวร.** 12 (พิเศษ): 282-286.

อภิญญา มานะโรจน์. 2550. **สลัด เมนูเพื่อสุขภาพ.** สำนักพิมพ์แม่บ้าน: กรุงเทพฯ. 50 น.

AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC.** 17th ed. Verginia, USA, Association of Official Analytical Chemists.

Aruoma, O.I., B. Halliwel and G. Williamson. 1997. In vitro methods for characterizing potential prooxidant and antioxidant actions of nonnutritive substance in plant foods. *In*: Aruoma, O.I. and S.L. Cuppett, (eds) **Antioxidant Methodolody**. AOCS press. pp. 173-204.

BAM. 2001. Aerobic plate count (Chapter 3). *In*: Maturin, L.S. and J.T. Peeler (eds). **Center for Food and Applied Nutrition.** U.S. Food and Drug Administration.

BAM. 2001. Yeasts, Molds and Mycotoxins (Chapter 18). *In*: Tourna, V., M.E. Stach, P.B. Mislivec, H.A. Kock and R. Bandler (eds) **Center for Food and Applied Nutrition.** U.S. Food and Drug Administration.

BAM. 2002. Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria (Chapter 4). *In*: Peter, F., D.W. Stephen and A.G. Michael (eds) **Center for Food and Applied Nutrition.** U.S. Food and Drug Administration.

Chun, J., S. Y. Lim and M. Shoki. 1997. Properties of high-crystalline rice amylodextrins prepared in acid-alcohol media as fat replacers. **Cereal Foods World.** 42: 813-819.

Pegg, R.B. 2001. Spectrophotometric Measurement of Secondary Lipid Oxidation Products. *In*: Wroistad, R.E. (ed.) **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. John Willey & Sons, Inc. New York.

Ranganna, S. 1977. Plant pigments. *In*: Ranganna, S. (ed.) **Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products.** Tata McGraw-Hill Publishing Co., Ltd. New Delhi. pp. 72-93.

Zoecklein, B.W., K.C. Fugelsang, B.H. Gump and F.S. Nury. 1995. **Wine Analysis and Production**. Chapman & Hall. New York. 621 p.

ผลของอายุการเก็บรักษาต่อคุณภาพน้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล

Effect of Storage Time on Qualities of Non-cholesterol Pandan Herbal Salad Dressing Product

ศิริพร พจนการุณ[1*] สมชาย จอมดวง[2] และสุกัญญา วงค์พรชัย[3]

Siriporn Pojanagaroon[1*] Somchai Jomduang[2] and Sukanya Wongpornchai[3]

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ เชียงใหม่ 50200

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[3]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[1]Office of Agricultural Research and Development Region 1, Chiang Mai, Thailand 50200

[2]Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

[3]Department of Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: siriporndoa@gmail.com

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาน้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วัน วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำฉลากโภชนาการ ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาจังหวัดเชียงใหม่ ดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงธันวาคม 2552 ผลการศึกษา พบว่า คุณภาพส่วนใหญ่ทั้งทางกายภาพ และทางเคมีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่ออายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ยกเว้นเพียงค่าร้อยละความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความหนืด ค่าความคงตัวของอิมัลชัน ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และร้อยละความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับคุณภาพทางจุลินทรีย์ ทั้งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม ทั้ง 4 อายุการเก็บรักษา มีค่าไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ของน้ำสลัดแต่อย่างใด สำหรับองค์ประกอบโภชนาการของน้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล พบว่า มีค่าพลังงานที่ได้รับจากการบริโภคทั้งหมด 405.31 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นค่าพลังงานจากไขมันสูงถึง 371.43 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม มีปริมาณไขมันทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว โคเลสเตอรอล เท่ากับ 41.27, 7.35 กรัม และ 1.68 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ สามารถทำเป็นข้อมูลโภชนาการสำหรับผนึกข้างภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า สามารถเก็บรักษาน้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 45 วันได้ โดยยังคงคุณภาพส่วนใหญ่เช่นเดิมและปลอดภัยในการบริโภค แต่มีคุณค่าทางเภสัชลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: น้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล อายุการเก็บรักษา คุณภาพข้อมูลโภชนาการ

Abstract

The research was conducted to study the effect of storage time on the qualities of Non-Cholesterol Pandan Herbal Salad Dressing product. The products were stored at 4±2°C for 45 days, then the physically, chemically, microbiologically qualities and nutrition information were analyzed at the Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-industry, Chiang Mai University and Central Laboratory (Thailand) Co. Ltd., Chiang Mai branch, during August to December 2009. The results revealed that after storage for 45 days, most physical and chemical qualities were as the same, except only, total acid was increased whereas viscosity, emulsion stabilization, pH, total phenolic content and free radical scavenging were significantly decreased ($p \leq 0.05$). As for microbiological testing, aerobic plate count, yeast and mould, *E.coli* and coliform of the 4 storage time studied were lower than the community product standard for salad dressing product. Moreover, the nutrition analysis was shown that the total calories of non-cholesterol pandan herbal salad dressing product. was 405.31 kcal/100 g that mostly calories from fat (371.43 kcal/100 g). There were saturated fats, trans fats and cholesterol of 41.27, 7.35 g and 1.68 mg/100 g, respectively. This study can create nutrition label or nutrition information for salad dressing packages. Therefore, non-cholesterol pandan herbal salad dressing product can keep at 4±2°C for 45 days with mostly the same qualities and safe for consumers, except only Pharmaceutical qualities that significantly decrease.

Keywords: non-cholesterol herbal salad dressing, storage time, quality, nutrition information

คำนำ

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลสูตรใหม่ที่เน้นลดปริมาณพลังงานที่ได้รับจากการบริโภคและได้การยอมรับสูง โดยปรับสูตรด้วยการใช้โดยใช้สารละลายแป้งดัดแปร 40% ผสมน้ำมันถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันถั่วเหลือง และนมสดพร่องมันเนยทดแทนนมข้นหวานในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด (ศิริพร และคณะ, 2552) และใช้ซูคราโลส 0.051% เป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย (อรพิน และคณะ, 2552) ซึ่งคณะผู้วิจัยได้หาค่าพลังงานของน้ำสลัดสูตรดั้งเดิมของวัลลภ (2550) ซึ่งเป็นที่ใช้ในการพัฒนา (ศิริพร และคณะ, 2552) พบว่า ให้ค่าพลังงานสูงถึง 5,837.48 cal/g จึงถือว่าสามารถลดพลังงานลงได้ประมาณ 31% (ศิริพร และคณะ, 2552) เมื่อได้ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลสูตรใหม่ ได้พัฒนาขึ้นโดยศึกษาความเป็นไปได้ของสมุนไพรที่เหมาะสมกับน้ำสลัดชนิดข้น และศึกษาหาปริมาณของน้ำสกัดสมุนไพรแต่ละชนิดที่เหมาะสมในการเติมลงในน้ำสลัดชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล โดยงานวิจัยที่ได้ คือ น้ำสลัดสมุนไพรใบเตยเพื่อสุขภาพชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล (ศิริพร และคณะ, 2553) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้เน้นศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาน้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพทางเคมี และทางจุลินทรีย์ รวมถึงข้อมูลทางโภชนาการและฉลากโภชนาการของผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้สูตรน้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลที่ได้การยอมรับสูงและมีพลังงานที่ได้จากการบริโภคต่ำที่สุดที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นจากสูตรน้ำสลัดชนิดข้นคอเลสเตอรอลต่ำของวัลลภ (2550) ซึ่งประกอบด้วย น้ำส้มสายชู 10% น้ำตาลทราย 18% นมข้นหวาน 8% พริกไทยป่น 1% เกลือ1% มัสตาร์ด 2% เต้าหู้ถั่วเหลือง 16% และน้ำมันพืช (น้ำมันถั่วเหลือง) 44% โดยน้ำหนักโดยใช้สารละลายแป้งดัดแปร 40% ผสมน้ำมันถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันถั่วเหลือง และนมสดพร่องมันเนยทดแทนนมข้นหวาน (ศิริพร และคณะ, 2552) และใช้ซูคราโลส 0.051% เป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย (อรพิน และคณะ, 2552)

วิธีการทำน้ำสลัดชนิดข้นเริ่มจากนำส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นน้ำมันถั่วเหลืองมาปั่นด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ ค่อยๆ เติมน้ำมันถั่วเหลืองจนหมด ปั่นจนให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน และเติมน้ำสกัดสมุนไพรใบเตย ทั้งนี้ สูตรที่เหมาะสมของน้ำสลัดใบเตยชนิดข้น จำนวน 1,118 กรัม ประกอบด้วย น้ำ 140.12 กรัม น้ำใบเตย 88.48 กรัม (ศิริพร และสมชาย, 2553) ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษา และองค์ประกอบโภชนาการ โดยนำน้ำสลัดชนิดข้นที่ได้มาผ่านการทำพาสเจอร์ไรส์ที่ 75 องศาเซียลเซส นาน 5 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำฉลากโภชนาการ (nutrition facts) และนำน้ำสลัดไปเก็บรักษาไว้อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วัน วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ ณ เวลาเริ่มต้น และหลังการเก็บรักษาทุก 15 วัน อีก 3 ครั้ง

ค่าคุณภาพที่วิเคราะห์มีดังนี้ 1) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านสี โดยวัดค่า L*, a* และ b* ด้วยเครื่อง Minolta chroma meter ความข้นหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield-programmable Viscometer รุ่น LVDV-II+ ความคงตัวของอิมัลชัน วิเคราะห์โดยนำน้ำสลัดไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สังเกตลักษณะการแยกชั้นที่เกิดขึ้น (Chun *et al*., 1997) ค่าพลังงาน วัดโดยใช้เครื่อง (Bomb calorimeter: Model 1356, USA) และปริมาณน้ำอิสระ (aw) โดยใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (AquaLab Model TE3, Decagon Devices, USA) 2) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ด้านความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดโดยใช้เครื่อง pH meter (AOAC, 2000) ปริมาณกรดทั้งหมด วิเคราะห์โดยการไตเตรท (AOAC, 2000) และค่า Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) (Pegg, 2001) ทำการผลิต และทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay (Aruoma *et al*., 1997) และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu (รัตติยา, 2544; Zoecklein *et al*., 1995) ณ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 3) คุณภาพด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) (BAM, 2001) เอสเชอริเชียโคไล โดยวิธี MPN (BAM, 2002) และยีสต์และรา (BAM, 2001) ทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้านจุลินทรีย์ ณ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่ ดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงธันวาคม 2552

ผลการทดลองและวิจารณ์

ศึกษาอายุการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำสลัดชนิดข้นเสริมสมุนไพรใบเตยปราศจากคอเลสเตอรอล

เมื่อพิจารณาน้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอลที่มีอายุการเก็บรักษา 0, 15, 30 และ 45 วัน พบว่า คุณภาพส่วนใหญ่ทั้งทางกายภาพ และทางเคมีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นเพียงค่าร้อยละความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความหนืด ค่าความคงตัวของอิมัลชัน ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และร้อยละความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Table 1) โดยเฉพาะปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดไม่แตกต่างกันระหว่างเริ่มเก็บรักษา (6.34 มก GAE/มล.) กับ อายุเก็บรักษา 15 วัน (5.62 มกGAE/มล.) แต่จะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออายุเก็บรักษา 30 และ 45 วัน ตามลำดับ (4.77 และ 3.99 มกGAE/มล.) ขณะที่ร้อยละความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระมีค่าลดลงอย่างรวดร็วจาก 66.55% เมื่อเริ่มเก็บรักษา เหลือเพียง 37.89% เมื่ออายุเก็บรักษา 45 วัน สำหรับคุณภาพทางจุลินทรีย์ ทั้งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม ทั้ง 4 อายุการเก็บรักษา มีค่าไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2547) ที่กำหนดสำหรับน้ำสลัดแต่อย่างใด ดังนั้น สามารถเก็บรักษาน้ำสลัดชนิดข้นเสริมสมุนไพรใบเตยคอเลสเตอรอลต่ำ ที่อุณหภูมิ 4±2°ซ นาน 45 วันได้โดยยังคงคุณภาพส่วนใหญ่เช่นเดิม ยกเว้นปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และร้อยละความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ แต่ยังคงความปลอดภัยในการบริโภค นั่นคือ มีคุณค่าทางเภสัชลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

Table 1 Effect of storage time on the physical, chemical and microbiological qualities of non-cholesterol pandan herbal salad dressing product

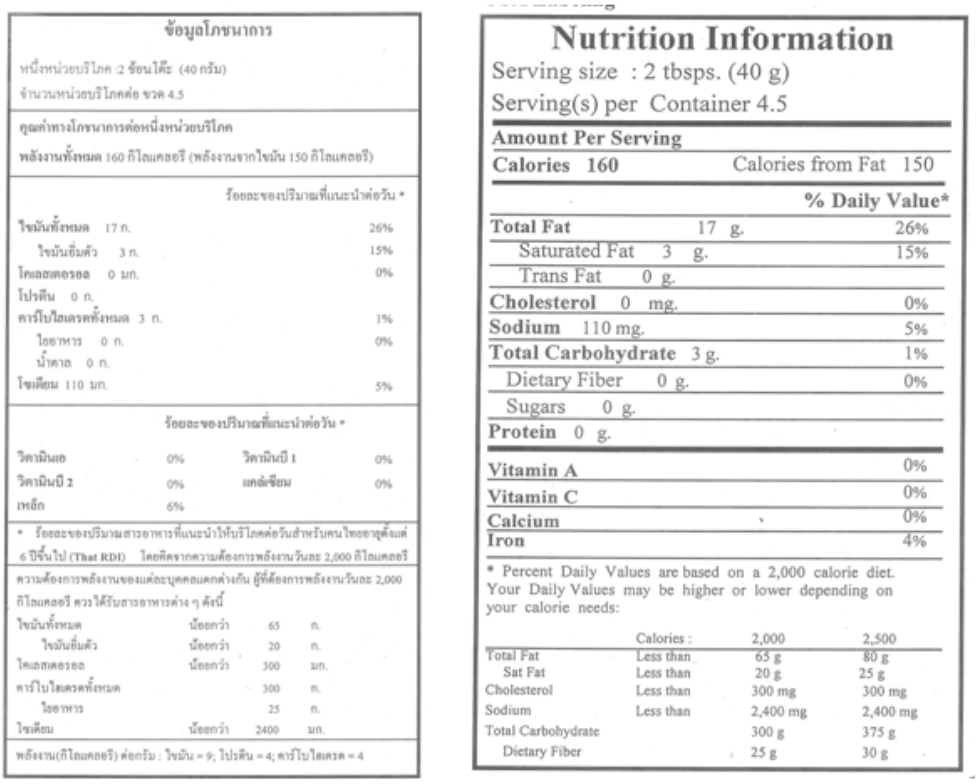
Qualities	Storage Time (days after storage)			
	0	**15**	**30**	**45**
Physical qualities				
Color values				
L*	78.65 ± 0.35 ns	78.75 ± 0.12	79.07 ± 0.58	79.28± 0.41
a*	- 2.97 ± 0.05 ns	- 2.74 ± 0.34	-3.03 ± 0.25	- 3.08 ± 0.07
b*	19.38 ± 0.19 ns	19.50 ± 0.05	19.52 ± 0.17	19.71± 0.21
Water activity (A_w)	0.98 ns	0.98	0.98	0.98
Viscosity (cPs)	4662.67± 60.70 a	4563.25± 94.93 ab	4461.67 ± 86.41 b	4218.00 ± 82.46 c
Emulsion stabilization (%)	97.47 ± 0.49 a	96.78 ± 0.60 a	96.67 ± 0.23 a	94.27 ± 0.49 b
Chemical qualities				
Total Phenolic content (mg GAE/ml)	6.34 ± 0.49 a	5.62 ± 0.12 a	4.77 ± 0.60 b	3.99 ± 0.12 c
Free radical scavenging (%)	66.55 + 0.42 a	55.74 + 0.83 b	50.81 + 0.18 c	37.89 + 0.57 d
Total acidity (%)	0.60 ± 0.01 a	0.63 ± 0.01 b	0.63 ± 0.02 bc	0.65 ± 0.00 c
pH	3.80 a	3.85 b	3.90 b	3.90 b
Thiobarbituric acid content	0.20 ± 0.02 ns	0.22 ± 0.01 ns	0.23 ± 0.02 ns	0.23 ± 0.02 ns
Qualities	**Storage Time (days after storage)**			
	0	**15**	**30**	**45**
Microbiological qualities				
Total plate count (CFU/g)	2.7×10^2	2.5 x 10	3 x 10	2.0×10^2
Yeast and mold (CFU/g)	<10	<10	<10	<10
Escherichia Coli (MPN/g)	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0

[1/] Means within the same row with different common letters differ significantly by DMRT ($p \leq 0.05$): ns= non-significant

Table 2 Nutrition information of non-cholesterol pandan herbal salad dressing product

Test items	Nutrition information			Reference methods
	Per 100 g	Per serving	% Daily value	
Calories (Kcal)	405.31	160.00	-	compendium of method for food analysis (2003), p 2- 18
Calories from Fat (Kcal)	371.43	150.00	-	compendium of method for food analysis (2003), p 2- 18
Tatal Fat (g)	41.27	17.00	26	based on AOAC (2005) 932.06
Saturated Fat (g)	7.35	3.00	15	based on AOAC (2005) 996.06
Cholesterol (mg)	1.68	0.00	0	based on AOAC (2005) 994.10
Protein (g) %Nx6.25)	1.11	0.00	-	modified method based on AOAC (2005) 981.10
Carbohydrate (g)	7.36	3.00	1	compendium of methods for food analysis (2003), p 2-9
Dietary Fiber (g)	0.80	0.00	0	based on AOAC (2005) 985.29
Sugar (g)	0.47	0.00	-	based on AOAC (2005) 906.03, 925.35
Sodium (mg)	281.01	110.00	5	in house method based on AOAC (2005), 984.27, by ICP-CES
Vitamin A (IU)	none	(0.00)	0	based on AOAC (2005) 992.06
Vitamin B 1 (mg)	0.01	(0.00)	0	Based on AOAC (2005) 942.23
Vitamin B 2 (mg)	0.01	(0.00)	0	Based on AOAC (2005) 970.65
Calcium (mg)	11.95	(4.78)	0	In house method based on AOAC (2005), 984.27, by ICP-CES
Iron (mg)	2.13	(0.85)	6	In house method based on AOAC (2005), 999.10, by ICP-OES
Ash (g)	0.99	-	-	AOAC (2005), 920.153
Moisture (g)	49.27	-	-	AOAC (2005), 950.46 (B)

สามารถนำสูตรชนิดน้ำสลัดสมุนไพรเพื่อสุขภาพชนิดข้นคอเลสเตอรอลต่ำ (ปราศจากโคเลสเตอรอล) ที่พัฒนาได้ พร้อมข้อมูลโภชนาการ และอายุการเก็บรักษาที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปส่งเสริมให้แก่วิสาหกิจชุมชน ชมรม กลุ่มแม่บ้าน กลุ่มเกษตรกรแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร หรือผู้สนใจทั่วไป ซึ่งน้ำสลัดเพื่อสุขภาพที่พัฒนาและศึกษานี้จะแตกต่างจากน้ำสลัดชนิดข้นทั่วไปที่ประกอบด้วยน้ำมันพืช ไข่แดง นมข้นหวาน และน้ำตาลทราย (ซึ่งเป็นอาหารที่ให้พลังงาน และคอเลสเตอรอลสูง ไม่เหมาะกับผู้บริโภคที่มีปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพ เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง และไขมันในเลือดสูง เป็นต้น)



ข้อมูลโภชนาการ

หนึ่งหน่วยบริโภค :2 ช้อนโต๊ะ (40 กรัม)

จำนวนหน่วยบริโภคต่อ ขวด 4.5

คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

พลังงานทั้งหมด 160 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 150 กิโลแคลอรี)

	ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *
ไขมันทั้งหมด 17 ก.	26%
ไขมันอิ่มตัว 3 ก.	15%
โคเลสเตอรอล 0 มก.	0%
โปรตีน 0 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 3 ก.	1%
ใยอาหาร 0 ก.	0%
น้ำตาล 0 ก.	
โซเดียม 110 มก.	5%

	ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *		
วิตามินเอ	0%	วิตามินซี 1	0%
วิตามินบี 2	0%	แคลเซียม	0%
เหล็ก	6%		

* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี

ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้

ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2400	มก.

พลังงาน(กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9; โปรตีน = 4; คาร์โบไฮเดรต = 4

Nutrition Information

Serving size : 2 tbsps. (40 g)

Serving(s) per Container 4.5

Amount Per Serving

Calories 160 Calories from Fat 150

	% Daily Value*
Total Fat 17 g.	26%
Saturated Fat 3 g.	15%
Trans Fat 0 g.	
Cholesterol 0 mg.	0%
Sodium 110 mg.	5%
Total Carbohydrate 3 g.	1%
Dietary Fiber 0 g.	0%
Sugars 0 g.	
Protein 0 g.	
Vitamin A	0%
Vitamin C	0%
Calcium	0%
Iron	4%

* Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your Daily Values may be higher or lower depending on your calorie needs:

	Calories :	2,000	2,500
Total Fat	Less than	65 g	80 g
Sat Fat	Less than	20 g	25 g
Cholesterol	Less than	300 mg	300 mg
Sodium	Less than	2,400 mg	2,400 mg
Total Carbohydrate		300 g	375 g
Dietary Fiber		25 g	30 g

Figure 1 Nutrition information of Non-Cholesterol Pandan Herbal Salad Dressing Product (US Labeling)

สรุปผลการทดลอง

สามารถสรุปได้ว่า สามารถเก็บรักษาน้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล ที่อุณหภูมิ 4±2°ซ นาน 45 วัน ได้โดยยังคงคุณภาพส่วนใหญ่เช่นเดิม และปลอดภัยในการบริโภค แต่มีคุณค่าทางเภสัชลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้มีข้อมูลโภชนาการสำหรับผนึกข้างภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ ระบุว่ามีพลังงานทั้งหมด 160 กิโลแคลอรีต่อหนึ่งหน่วยบริโภค 40 กรัม (พลังงานจากไขมัน 150 กิโลแคลอรีต่อหนึ่งหน่วยบริโภค) โดยปราศจากโคเลสเตอรอล

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่ ที่กรุณาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ จัดทำฉลาก และข้อมูลโภชนาการ ตลอดจนวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

รัตติยา สำราญสกุล. 2544. **ปริมาณสารโพลีฟีนอลและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวมของใบหม่อนและชาใบหม่อนจากบางแหล่งในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์เภสัชศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาหารเคมีและโภชนศาสตร์ทางการแพทย์ บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ. 115 น.

วัลลภ บรรจง. 2550. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นคอเลสเตอรอลต่ำ.** วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 132 น.

ศิริพร พจนการุณ อรพิน คนเที่ยง และสมชาย จอมดวง. 2552. อิทธิพลของชนิดน้ำมันพืชและนมที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นคอเลสเตอรอลต่ำ. **การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 8 (ภาคบรรยาย)** ระหว่างวันที่ 6-9 พฤษภาคม 2552 ณ โรงแรมดิ เอ็มเพรส: เชียงใหม่. น 148.

ศิริพร พจนการุณ สมชาย จอมดวง และสุกัญญา วงค์พรชัย. 2553. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสมุนไพรใบเตยชนิดข้นปราศจากคอเลสเตอรอล. **การประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2553 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (ภาคบรรยาย)** ระหว่างวันที่ 29-30 พฤษภาคม 2553 ณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. (อยู่ระหว่างการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ).

อรพิน คนเที่ยง ศิริพร พจนการุณ และสมชาย จอมดวง. 2552. ชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตน้ำสลัดชนิดข้นลดแคลอรี. **วารสารเกษตรนเรศวร**. 12(พิเศษ): 282-286.

AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC.** 17th ed. Association of official analytical chemists: Verginia.

Aruoma, O.I., B. Halliwel and G. Williamson. 1997. In vitro methods for characterizing potential prooxidant and antioxidant actions of nonnutritive substance in plant foods. I*n*: Aruoma, O.I. and S.L. Cuppett (eds) **Antioxidant methodolody**. AOCS press. pp.173-204.

BAM. 2001. Aerobic plate count (Chapter 3). *In*: Maturin, L.S. and J.T. Peeler (eds). **Center for food and applied nutrition.** U.S. Food and Drug Administration.

BAM. 2001. Yeasts, molds and mycotoxins (Chapter 18). *In*: Tourna, V., M.E. Stach, P.B. Mislivec, H.A. Kock and R. Bandler (eds) **Center for food and applied nutrition.** U.S. Food and Drug Administration.

BAM. 2002. Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria (Chapter 4). *In*: Peter,F., D.W.Stephen and A.G.Michael (eds) **Center for Food and Applied Nutrition,** U.S.Food and Drug Administration.

Chun, J., S.Y. Lim and M. Shoki. 1997. Properties of high-crystalline rice amylodextrins prepared in acid-alcohol media as fat replacers. **Cereal Foods World.** 42: 813-819.

Pegg, R.B. 2001. Spectrophotometric measurement of Secondary Lipid Oxidation Products. *In*: Wroistad, R.E. (ed.) **Current protocols in food analytical chemistry**. John Willey & Sons, Inc: New York.

Ranganna, S. 1977. Plant pigments. *In*: Ranganna, S. (ed.) **Manual of analysis of fruit and vegetable products.** Tata McGraw-Hill Publishing Co., Ltd: New Delhi. pp.72-93.

Zoecklein, B.W., K.C. Fugelsang, B.H. Gump and F.S. Nury. 1995. **Wine Analysis and Production.** Chapman & Hall: New York. 621 p.

การย้อมสีและการยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้เหลืองแผ่น
Coloring Method and Extending Shelf Life of Yellow Tofu

เบญจวรรณ ทานะขันธ์* ธเนศ แก้วกำเนิด กรผกา อรรคนิตย์ และปราณี วราสวัสดิ์

Benchawan Tanakhan*, Thanes Keawkumneard, Kornpaka Arkanit and Pranee Warasawas

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: pum_benztaro@hotmail.com

บทคัดย่อ

เต้าหู้เหลืองแผ่นมีปัญหาการซีดจางของสี และการเสื่อมเสียในระหว่างการวางจำหน่าย จึงได้ศึกษาการย้อมสีของเต้าหู้โดยใช้ผงขมิ้น ผงขมิ้นร่วมกับสีผสมอาหาร (ทาร์ทราซีน) โดยใส่มอลโตเด็กซ์ทรินพร้อมสีย้อม ก่อนการย้อมสีและหลังการย้อมสี ผลการทดลอง พบว่า การย้อมสีทุกวิธีให้ค่า L* a* และ b* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลทดสอบทางประสาทสัมผัส จึงเลือกวิธีผสมกับผงขมิ้นกับมอลโตเด็กซ์ทรินก่อนการย้อมสี เนื่องจากขมิ้นเป็นวัสดุธรรมชาติซึ่งไม่มีข้อห้ามเหมือนสีผสมอาหาร และการใช้ผงขมิ้นละลายน้ำพร้อมมอลโตเด็กซ์ทรินในการย้อมสีเป็นวิธีที่สะดวก และประหยัดเวลาในการย้อมสี สำหรับวิธีลดการเสื่อมเสียของเต้าหู้ได้ใช้เต้าหู้เหลืองแผ่นที่ย้อมสีโดยวิธีที่คัดเลือกได้เติมสารกันเสียชนิดที่เป็นสารอินทรีย์ คือ ไคโตซาน สารกันเสียที่เป็นสารสังเคราะห์ คือ โพรพิลพาราเบน และโพแทสเซียมซอร์เบตในอัตราส่วน 2, 0.015 และ 0.1% ของน้ำหนักตะกอนโปรตีน ตามลำดับ โดยเติมก่อนการอัดแผ่นเต้าหู้ เปรียบเทียบกับชนิดที่ไม่มีการเติมสารกันเสีย ผลการทดลอง พบว่า ไคโตซานสามารถใช้ได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: เต้าหู้เหลืองแผ่น มอลโตเด็กซ์ทริน โพรพิลพาราเบน โพแทสเซียมซอร์เบต ไคโตซาน

Abstract

Discoloration and deterioration of yellow tofu happen during selling in fresh market. This study aim to coloring tofu using maltodextrin to fix the color. The color used were curcumin, curcumin with synthetic color (tartrazine). Coloring methods were adding maltodextrin with coloring material, adding before, and adding after coloring step. The results showed that all coloring methods were non significant difference in L*, a* and b* value ($p>0.05$) which corresponded with sensory evaluation.To prevent deterioration of tofu this study used chitosan as organic preservative and synthetic preservative such as propylparaben, potassium sorbate at the rate 2%, 0.015% and 0.1% of curd weight consecutively compared with non using preservative. The preservatives were added to protein curd before pressing. It was found that chitosan was the best

Keywords: yellow tofu, maltodextrin, propylparaben, potassium sorbate chitosan

คำนำ

เต้าหู้เป็นแหล่งของอาหารโปรตีนที่ผลิตจากถั่วเหลือง เต้าหู้ยังมีสารป้องกันอันตรายจากมะเร็ง และลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจ และช่วยป้องกันโรคไขมันในเลือดสูง (มธุรส, 2549) ในที่นี้จะกล่าวถึงเต้าหู้เหลืองแผ่นที่มีการย้อมสีด้วยขมิ้น แต่มีปัญหาการซีดจางของสี เนื่องจากแสงและเต้าหู้เหลืองแผ่นแข็งที่แม่ค้าจำหน่ายตามตลาดนั้นไม่แช่ในน้ำแข็ง หรือแช่ในน้ำเย็นที่เติมน้ำแข็งไม่เพียงพอในระหว่างการจำหน่ายจึงทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย จึงหาวิธีการย้อมสีเหลืองด้วยขมิ้นชันโดยใช้มอลโตเด็กซ์ทรินช่วยตรึงสี รวมทั้งหาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้เหลืองแผ่นโดยใช้สารกันเสียต่างๆ

ขมิ้นผงเป็นแหล่งสีธรรมชาติให้ความปลอดภัยมากกว่าสีสังเคราะห์ สามารถนำมาใช้แต่งสี แต่งกลิ่น และรสของอาหารได้ สารที่สำคัญในขมิ้น คือ เคอร์คูมิน (curcumin) มีสีเหลืองส้มหรือสีเหลืองแดง ประกอบด้วยสารหลัก 3 ชนิด คือ เคอร์คูมิน (curcumin) ดีเมท็อกซี่เคอร์คูมิน (demethoxycurcumin) และบิสดีเมท็อกซี่เคอร์คูมิน (bisdemethoxycurcumin) (บัญญัติ, 2543)

มอลโตเด็กซ์ทริน (Maltodextrin, MD) เป็นสารประกอบประเภทพอลีแซคคาไรด์ และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ชให้มีขนาดเล็กลงมีสมบัติในการจับกับสารต่างๆ ได้ดี (Kearsley and Dziedzic, 1995)

วัตถุกันเสียส่วนใหญ่เป็นสารประกอบเคมี หรือของผสมของสารประกอบเคมีที่ใช้เติมลงในอาหารเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารนั้นเกิดการเน่าเสีย (ศิวาพร, 2546) มีหลายชนิด ในที่นี้จะกล่าวถึงชนิดที่สนใจจะใช้ในการทดลองคือ พาราเบน โพแทสเซียมซอร์เบต เนื่องจากใช้ได้ดีในช่วงความเป็นกรด-ด่างที่กว้าง ส่วนไคโตซานได้จากสารไคตินซึ่งเป็นสารอินทรีย์จากเปลือกกุ้งมีสมบัติต้านการเจริญของจุลินทรีย์ (บุญศรี, 2547; ปิยะบุตร, 2544)

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาวิธีการย้อมสีเต้าหู้เหลืองแผ่น

วิธีการย้อมสีเต้าหู้เหลืองแผ่น โดยใช้ขมิ้นและสีผสมอาหาร ร่วมกับการใช้มอลโตเด็กซ์ทริน 2% (ปิยนุช, 2545) ซึ่งมีทั้งหมด 7 วิธี ได้แก่

วิธีที่ 1 ย้อมสีโดยใช้สารละลายขมิ้น 0.2% ผสมกับสีผสมอาหารชนิดทาร์ทราซีน 0.2% ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 เป็นสิ่งทดลองควบคุม (control)

วิธีที่ 2 ย้อมสีโดยใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นของขมิ้น 0.4% และมอลโตเด็กซ์ทริน 2%

วิธีที่ 3 ย้อมสีโดยใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นของขมิ้น 0.4% ผสมกับสีผสมอาหารทาร์ทราซีนที่ความเข้มข้น 70 มิลลิกรัมต่อลิตร (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2522) และมอลโตเด็กซ์ทริน 2%

วิธีที่ 4 เคลือบด้วยสารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน เข้มข้น 2% ก่อน แล้วย้อมสีด้วยสารละลายขมิ้น 0.4%

วิธีที่ 5 เคลือบด้วยสารละลายมอลโตเด็กซ์ทริน เข้มข้น 2% ก่อน แล้วย้อมสีด้วยสารละลายขมิ้น 0.4% ผสมกับสีผสมอาหารชนิดทาร์ทราซีนที่ ความเข้มข้น 70 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิธีที่ 6 ย้อมสีด้วยสารละลายขมิ้นเข้มข้น 0.4% แล้วเคลือบด้วยมอลโตเด็กซ์ทริน 2%

วิธีที่ 7 ย้อมสีด้วยสารละลายขมิ้นเข้มข้น 0.4% ผสมกับสีผสมอาหารชนิดทาร์ทราซีนที่ความเข้มข้น 70 มิลลิกรัมต่อลิตร

การย้อมสีทั้ง 7 วิธี ใช้สารละลาย 3 ลิตรต่อเต้าหู้ 4 กิโลกรัม ทำการตรวจสอบคุณสมบัติของเต้าหู้เหลืองแผ่นทุกๆ 5 วัน จนครบ 20 วัน โดยวัดค่าสี L* (ค่าความสว่างไม่หมองคล้ำ) a* (ค่าสีแดง) และ b* (ค่าสีเหลือง) และการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบ 7 คนที่ผ่านการฝึกฝน โดยประเมินคุณภาพด้านสี และลักษณะปรากฏ วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบสุ่มตลอด (Factorial in CRD)

ศึกษาชนิดและปริมาณสารกันเสียของเต้าหู้เหลืองแผ่น

ชนิดและปริมาณสารกันเสียที่ใช้ ได้แก่ โพรพิลพาราเบน (Propylparabens, PP) 0.015% (จิราภรณ์และธีรพร, 2550) โพแทสเซียมซอร์เบต (Potassium sorbate, KS) 0.1% (สุภณิดา, 2543) และไคโตซาน (Chitosan, CH) 2% (Chang, 2003) โดยน้ำหนักของตะกอนโปรตีนเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม (ไม่เติมวัตถุกันเสีย, CT) โดยการเติมสารกันเสียลงในตะกอนโปรตีนก่อนการอัดแผ่นเต้าหู้ ทำการตรวจสอบคุณสมบัติของเต้าหู้เหลืองแผ่นทุกๆ 5 วัน จนครบ 20 วัน โดยวัดค่าสี L* a* และ b* และการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบ 7 คน ที่ผ่านการฝึกฝน โดยประเมินคุณภาพด้านสี และลักษณะปรากฏ หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) โดยวิธี pour plate และอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (Plate Count Agar) (AOAC, 2000) และหาจำนวนยีสต์ และราทั้งหมด (Yeast and Mold) โดยวิธี spread plate และอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato Dextrose Agar) (AOAC, 2000) วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบสุ่มตลอด (Factorial in CRD)

ผลการทดลอง

ศึกษาวิธีการย้อมสีเต้าหู้เหลืองแผ่น

ค่าสี L* ค่าสี a* และค่าสี b* ของสีเต้าหู้ที่ย้อมทั้ง 7 วิธี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 1-3 นอกจากนี้คะแนนจากผู้ชิมด้านสีเหลือง และคะแนนจากผู้ชิมด้านความสว่างไม่หมองคล้ำของสีเต้าหู้ที่ย้อมทั้ง 7 วิธี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 4 และ 6 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ค่าสี L* a* และ b* รวมทั้งคะแนนจากผู้ชิมด้านสีเหลือง คะแนนผู้ชิมด้านความสม่ำเสมอและ ด้านความสว่างไม่หมองคล้ำของสีเต้าหู้ที่ย้อมทั้ง 7 วิธี ในวันที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดัง Table 6 ตามลำดับ คะแนนผู้ชิม ด้านความชอบรวมทั้ง 7 วิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 7 วิธี พบว่าในวันที่ 0 และ 15 ของวิธีที่ 1 ผู้ชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุด และในวันที่ 5, 10 และ 20 นั้น คะแนนที่ได้รับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดัง Table 7 ดังนั้นจึงเลือกวิธีที่ 2 เป็นวิธีการย้อมในตอนที่ 2 เนื่องจากขมิ้นเป็นวัสดุจากธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเต้าหู้แผ่นในเรื่องการห้ามใช้สีสังเคราะห์ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช., 2547) อีกทั้ง อภิตา และคณะ (2550) ได้ศึกษาการย้อมสีละมุดด้วยสีธรรมชาติสกัดจากขมิ้นชัน และกระเจี๊ยบแดงเพื่อทดแทนสีย้อมสังเคราะห์ พบว่า ผลละมุดที่ย้อมสีด้วยสีย้อมสกัดจากขมิ้นให้มีค่าความสว่างไม่หมองคล้ำ (L)

ค่าสีแดง (+a) และค่าสีเหลือง (+b) ไม่แตกต่างจากผลละมุดที่ย้อมสีสังเคราะห์ แต่มีแนวโน้มว่าคะแนนการย้อมสีของสารสกัดขมิ้นมีความมันเงาสูงที่สุด จึงเป็นทางเลือกของเกษตรกรที่จะใช้ขมิ้นแทนสีสังเคราะห์ นอกจากนี้ขมิ้นมีสารเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoid) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (บัญญัติ, 2543) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ อีกทั้งยังประหยัดเวลา และสะดวกในการย้อม เพราะการย้อมสีทำขั้นตอนเดียวโดยผสมผงขมิ้นและมอลโตเด็กซ์ตรินเข้าด้วยกันแล้วทำการย้อมสี

Table 1 L* value of 7 coloring methods of yellow tofu during storage for 20 days

Color	Date	Coloring methods of yellow tofu							Average
		1 ns	2 ns	3 ns	4 ns	5 ns	6 ns	7 ns	
L*	0 ns	66.96±8.80	69.05±9.77	69.04±10.28	66.79±8.71	65.59 ±7.12	66.23 ±9.34	66.07±8.00	67.10±1.40
	5 ns	61.78±3.83	62.38±5.85	61.75±6.29	61.61±4.83	60.54±7.01	62.48±5.22	61.64±5.92	61.74±0.64
	10 ns	64.79±4.78	65.40±3.37	65.63±3.41	64.49±4.95	65.34±4.98	64.43±4.28	64.67±4.71	64.96±0.48
	15 ns	64.26±3.54	65.91±3.79	63.83±4.11	65.36±4.22	66.15±5.12	66.01±6.74	66.29±7.86	65.40±0.98
	20 ns	64.40±6.53	66.48±7.37	64.86±7.52	64.69±7.73	64.80±7.30	64.99±6.18	64.35±7.86	64.94±0.72

ns Means within each column and within each row are not significantly different (p>0.05).

Table 2 a* value of 7 coloring methods of yellow tofu during storage for 20 days

Color	Date	Coloring methods of yellow tofu							Average
		1 ns	2 ns	3 ns	4 ns	5 ns	6 ns	7 ns	
a*	0 ns	8.40±1.28	7.22±2.09	6.87±1.79	7.22 ±2.11	7.52 ±1.08	6.61±1.25	6.82 ±1.65	7.24±0.60
	5 ns	8.37±1.97	6.19±3.07	6.05±3.17	7.10±3.54	6.66±2.78	6.62±3.04	6.57±1.89	6.79±0.77
	10 ns	6.40±2.27	5.37±2.80	4.88±2.21	5.05±2.58	5.21±2.72	4.84±2.08	5.41±2.58	5.31±0.53
	15 ns	6.04±2.66	4.68±3.17	4.86±2.40	5.29±1.83	5.57±1.75	5.36±2.01	5.64±1.80	5.35±0.46
	20 ns	8.19±1.31	6.77±1.88	7.00±1.82	7.33±1.39	7.41±1.76	6.99±1.67	7.19±1.78	7.27±0.46
Average		7.48±1.16	6.05±1.03	5.93±1.03	6.40±1.13	6.48±1.05	6.08±0.93	6.33±0.77	

ns Means within each column and within each row are not significantly different (p>0.05).

Table 3 b* value of 7 coloring methods of yellow tofu during storage for 20 days

Color	Date	Coloring methods of yellow tofu							Average
		1 ns	2 ns	3 ns	4 ns	5 ns	6 ns	7 ns	
b*	0 ns	66.08 ±6.66	65.52±6.97	64.89 ±7.87	63.43±10.93	63.59±10.97	60.58±10.69	62.50 ±9.48	63.80±1.90
	5 ns	61.09±5.24	56.61±9.31	55.79±9.82	59.24±10.22	57.48±9.68	57.06±11.66	56.69±13.00	57.71±1.83
	10 ns	59.20±5.40	60.21±5.36	58.14±5.14	58.33±6.32	59.93±7.03	57.88±7.70	60.29±9.76	58.72±1.26
	15 ns	53.03±6.39	58.94±10.92	57.31±12.02	60.72±11.94	59.93±13.01	57.88±12.98	60.29±14.11	58.30±2.64
	20 ns	52.31±4.91	56.71±10.65	56.75±13.66	60.75±12.09	57.19±14.47	54.56±14.71	56.53±12.27	56.40±2.58
Average		58.34±5.76	59.60±3.64	58.57±3.63	60.49±1.94	59.34±2.61	57.32±2.19	59.22±2.56	

ns Means within each column and within each row are not significantly different (p>0.05).

Table 4 sensory evaluation scores from panelists in yellowish of 7 coloring methods of yellow tofu during storage for 20 days

Evaluated quality	Date	Coloring methods of yellow tofu							Average
		1 ns	2 ns	3 ns	4 ns	5 ns	6 ns	7 ns	
yellowish	0 ns	5.10±0.88	4.57±0.71	4.38±0.52	5.10±0.37	4.48±0.50	4.29±0.71	3.76±0.50	4.52±0.47
	5 ns	4.62±0.68	3.86±0.47	3.62 ±0.36	4.14±0.50	4.00±0.75	3.76±0.60	3.57±0.46	3.94±0.36
	10 ns	4.76 ±0.76	3.90±0.60	3.62 ±0.23	4.43±0.42	4.00±0.43	3.90±0.46	4.00±0.43	4.09±0.38
	15 ns	3.90±0.60	4.00±0.54	3.33 ±0.19	4.52 ±0.42	3.8 ±0.18	3.38 ±0.23	3.86±0.33	3.83±0.40
	20 ns	3.48±0.69	3.76±0.42	3.43±0.60	4.52±0.50	3.67±0.38	3.38±0.59	3.90±0.60	3.73±0.40
Average		4.37±0.66	4.02±0.32	3.68±0.41	4.54±0.35	3.99±0.31	3.74±0.38	3.82±0.16	

ns Means within each column and within each row are not significantly different (p>0.05).

Table 5 sensory evaluation scores from panelists in evenly of yellowish of 7 coloring methods of yellow tofu during storage for 20 days

Evaluated quality	Date	Coloring methods of yellow tofu							Average
		1 ns	2 ns	3 ns	4 ns	5 ns	6 ns	7 ns	
evenly of yellowish	0 ns	4.62 ±0.76	4.52±0.88	4.19±0.79	3.86±0.74	4.10±0.81	4.33±1.22	4.00±0.94	4.33±0.32
	5 ns	5.10 ±0.81	4.48±0.42	4.67 ±0.19	4.05±0.40	4.57 ±0.42	4.38±0.23	4.43±0.42	4.52±0.32
	10 ns	4.48±0.57	4.43±0.42	4.48±0.50	4.14±0.57	4.62±0.52	4.48±0.63	4.24±0.74	4.41±016
	15 ns	3.62 ±0.62	4.33 ±0.47	4.14±0.74	4.38±0.71	4.43 ±0.46	3.95±0.56	4.43 ±0.53	4.18±0.30
	20 ns	3.10±0.46	4.05 ±0.99	4.00±0.94	4.05±0.80	4.00±0.72	3.86±0.96	3.95±0.78	3.86±0.34
Average		4.18±0.81	4.42±0.27	4.31±จ.26	4.10±0.18	4.36±0.26	4.22±0.29	4.22±0.22	

ns Means within each column and within each row are not significantly different (p>0.05).

Table 6 sensory evaluation scores from panelists in brightness of color of 7 coloring methods of yellow tofu during storage for 20 days

Evaluated quality	Date	Coloring methods of yellow tofu							Average
		1 ns	2 ns	3 ns	4 ns	5 ns	6 ns	7 ns	
brightness of color	0 ns	4.14±0.88	4.95±0.40	4.24±0.76	3.95±0.65	4.67 ±0.38	4.95 ±0.78	3.95 ±0.76	4.39±0.49
	5 ns	4.62 ±0.52	4.29±0.52	4.14±0.38	4.10±0.76	4.38 ±0.56	4.14±0.74	4.05 ±0.73	4.24±0.20
	10 ns	4.00±0.54	4.33±0.61	4.00±0.38	3.86±0.57	4.33±0.61	4.29±0.23	4.10±0.42	4.13±0.19
	15 ns	3.52±1.03	4.29±0.56	4.00±0.47	4.05±0.68	3.71±0.40	3.67±0.67	4.19±0.26	3.92±0.29
	20 ns	3.19±0.60	3.81±0.54	3.90±0.74	3.90±0.63	3.76±0.50	3.43±0.88	3.57±0.53	3.65±0.27
Average		3.88±0.55	4.34±0.43	4.07±0.15	3.96±0.10	4.16±0.40	4.10±0.61	3.95±0.25	

ns Means within each column and within each row are not significantly different (p>0.05).

Table 7 sensory evaluation scores from panelists in total preference of 7 coloring methods of yellow tofu during storage for 20 days

Evaluated quality	Date	Coloring methods of yellow tofu							Average
		1 ns	2 ns	3 ns	4 ns	5 ns	6 ns	7 ns	
total preference	0	2.81±0.54 y	3.86 ±0.66 x	3.71 ±0.65 x	3.81 ±0.33 x	4.00 ±0.51 x	3.62 ±0.36 x	3.67 ±0.67 x	3.64±0.39
	5 ns	3.14±1.35	3.71±0.73	3.38 ±0.56	3.48 ±0.74	3.71±0.65	3.81±0.63	4.10 ±0.46	3.62±0.31
	10 ns	3.38±0.65	4.05±0.80	3.95 ±0.59	3.95±1.08	4.10 ±0.50	4.19 ±0.57	4.05±0.65	3.95±0.27
	15	2.71±0.76 y	3.76 ±0.46 x	4.29 ±0.65 x	4.33 ±0.38 x	3.90 ±0.50 x	4.05±0.68 x	3.67 ±0.54 x	3.82±0.55
	20 ns	3.00±0.77	3.67±0.82	3.38±0.65	3.43±0.76	3.19±0.63	3.52±0.54	3.14±0.69	3.33±0.23
Average		3.01±0.27	3.81±0.15	3.74±0.39	3.80±0.37	3.78±0.36	3.84±0.28	3.72±0.38	

[x,y] Means with different superscript within a row indicate significantly different ($p \leq 0.05$)

[ns] Means within each column are not significant ($p > 0.05$).

ศึกษาชนิด และปริมาณสารกันเสียของเต้าหู้เหลืองแผ่น

ค่าสี L* คะแนนจากผู้ชิมด้านสีเหลือง และคะแนนจากผู้ชิมด้านความสม่ำเสมอของสี และคะแนนจากผู้ชิมด้านความสว่างไม่หมองคล้ำของเต้าหู้ที่ใช้สารกันเสียชนิด PP, KS, CH และ CT ในวันที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดัง Table 8, 11-13 ค่าสี a* ของเต้าหู้ที่ใช้สารกันเสียชนิด PP, KS, CH และ CT ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ทุกระยะการเก็บรักษายกเว้นที่ระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 15 พบว่า เต้าหู้ที่เติมสารกันเสียชนิด CH มีค่าสี a* สูงที่สุดดัง Table 9 สำหรับค่าสี b* ของเต้าหู้ที่ใช้สารกันเสียชนิด PP, KS, CH และ CT ในวันที่ 0, 15 และ 20 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดัง Table 10 ผู้ชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมของเต้าหู้ที่ใช้สารกันเสียชนิด CT, PP และ CH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 0, 5, 15 และ 20 พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดัง Table 14 เต้าหู้ที่ใช้สารกันเสียชนิด CH มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำที่สุด เกือบทุกเวลาการเก็บรักษา รวมทั้งมีปริมาณของยีสต์ และราต่ำที่สุด ดัง Table 16 ดังนั้นสารกันเสียที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด และไม่มีผลกระทบต่อสีของเต้าหู้เหลืองแผ่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 วัน คือ เต้าหู้เหลืองแผ่นที่มีการเติมด้วยไคโตซาน 2% เนื่องจากไคโตซานเป็นสารกันเสียจากธรรมชาติจึงไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chang (2003) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเต้าหู้แผ่น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช., 2547) ในเรื่องของการห้ามใช้สารกันเสียสังเคราะห์

Table 8 L* value with 3 preservative of yellow tofu compared with control during storage for 20 days

Color	Date	Preservative				Average
		CT^{ns}	PP^{ns}	KS^{ns}	CH^{ns}	
L*	0^{ns}	73.54±3.79	72.96±2.30	72.52±2.35	72.48±2.23	72.88±0.49
	5^{ns}	74.15±1.67	73.90±1.02	72.35±1.17	74.06±1.18	73.61±0.85
	10^{ns}	75.42±1.07	74.60±1.27	73.41±1.49	75.38±1.72	74.70±0.94
	15^{ns}	79.18±1.22	78.45±1.80	79.27±1.42	79.11±2.10	79.00±0.37
	20^{ns}	76.89±6.11	78.32±2.44	79.31±2.42	80.69±2.29	78.80±1.60
Average		75.83±2.27	75.65±2.57	75.37±3.60	76.34±3.45	

^{ns} Means within each column and within each row are not significantly different ($p>0.05$)

Table 9 a* value with 3 preservative of yellow tofu compared with control during storage for 20 days

Color	Date	Preservative				Average
		CT	PP	KS	CH	
a*	0	4.15±0.42 ^{bc}	4.79±0.70 ^{bc}	5.06±0.78 ^{bc}	4.78±0.38 ^{c}	4.69±0.38
	5	9.18±1.18 ^{a}	9.20±0.51 ^{a}	9.96±0.73 ^{a}	10.33±0.88 ^{a}	9.67±0.57
	10	2.92±0.45 ^{c}	2.97±0.48 ^{d}	3.67±0.28 ^{c}	2.71±0.38 ^{d}	3.07±0.42
	15	4.92±0.55 ^{by}	5.14±0.46 ^{by}	5.28±0.38 ^{by}	6.12±0.31 ^{bx}	5.37±0.52
	20	4.36±0. 68 ^{b}	4.02±0.40 ^{c}	5.16±0.32 ^{b}	4.91±0.36 ^{c}	4.61±0.52
Average		5.11±2.39	5.23±2.37	5.82±2.40	5.77±2.83	

$^{a-c}$ Means with different superscript within a column indicate significantly different ($p \leq 0.05$)

^{x,y} Means with different superscript within a row indicate significantly different ($p \leq 0.05$), but non significantly different superscript with ns ($p > 0.05$)

Table 10 b* value with 3 preservative of yellow tofu compared with control during storage for 20 days

Color	Date	Preservative				Average
		CT	PP	KS	CH	
b*	0	51.21±3.20 ^{c}	53.85±4.82 ^{b}	52.15±4.15 ^{c}	53.80±4.43 ^{b}	52.75±1.30
	5	55.30±1.97 ^{abz}	60.48±0.94 ^{ax}	56.94±2.00 ^{byz}	58.77±1.13 ^{abxy}	57.87±2.24
	10	51.69±0.96 ^{bcz}	54.95±1.32 ^{bxy}	56.98±1.17 ^{bx}	53.72±1.37 ^{byz}	54.33±2.22
	15	59.04±1.48 ^{a}	60.15±1.70 ^{a}	61.79±1.28 ^{a}	60.39±1.96 ^{a}	60.34±1.13
	20	53.46±1.96 ^{bc}	57.44±2.71 ^{ab}	59.39±2.02 ^{ab}	57.94±2.86 ^{ab}	57.06±2.54
Average		54.14±3.18	57.37±2.98	57.45±3.58	56.92±3.02	

$^{a-c}$ Means with different superscript within a column indicate significantly different ($p \leq 0.05$)

$^{x-z}$ Means with different superscript within a row indicate significantly different ($p \leq 0.05$), but non significantly different superscript with ns ($p > 0.05$)

Table 11 sensory evaluation scores from panelists in yellowish with 3 preservative of yellow tofu compared with control during storage for 20 days

Evaluated quality	Date	Preservative				Average
		CT ^{ns}	PP ^{ns}	KS ^{ns}	CH ^{ns}	
yellowish	0 ^{ns}	3.67±1.03	4.33±0.54	3.90±0.50	4.57±0.38	4.12±0.41
	5 ^{ns}	3.81±0.30	4.10±0.72	4.43±0.62	4.24±0.50	4.14±0.26
	10 ^{ns}	3.71±0.52	3.62±0.30	4.24±0.50	3.71±0.29	3.82±0.28
	15 ^{ns}	3.81±0.30	4.05±0.22	4.05±0.50	4.05±0.22	3.99±0.12
	20 ^{ns}	4.00±0.29	3.76±0.30	4.57±0.43	4.24±0.50	4.14±0.35
Average		3.80±0.13	3.97±0.28	4.24±0.27	4.16±0.31	

^{ns} Means within each column and within each row are not significantly different ($p > 0.05$)

Table 12 sensory evaluation scores from panelists in evenly of yellowish with 3 preservative of yellow tofu compared with control during storage for 20 days

Evaluated quality	Date	Preservative				Average
		CT [ns]	PP [ns]	KS [ns]	CH [ns]	
evenly of yellowish	0 [ns]	5.05±0.36	4.43±0.38	5.14±0.43	4.10±0.44	4.68±0.50
	5 [ns]	4.38±0.36	4.62±0.54	4.43±0.43	4.81±0.59	4.56±0.20
	10 [ns]	4.86±0.43	5.19±0.36	5.00±0.57	4.90±0.72	4.99±0.15
	15 [ns]	4.33±0.36	5.24±0.59	4.90±0.36	5.14±0.65	4.90±0.41
	20 [ns]	5.24±0.50	4.62±0.46	4.57±0.38	5.24±0.44	4.92±0.37
Average		4.77±0.40	4.82±0.37	4.81±0.30	4.84±0.45	

[ns] Means within each column and within each row are not significantly different (p>0.05)

Table 13 sensory evaluation scores from panelists in brightness of color with 3 preservative of yellow tofu compared with control during storage for 20 days

Evaluated quality	Date	Preservative				Average
		CT [ns]	PP [ns]	KS [ns]	CH [ns]	
brightness of color	0 [ns]	4.29±0.43	4.19±0.44	4.43±0.43	4.67±0.59	4.39±0.21
	5 [ns]	4.52±0.50	4.52±0.36	4.05±0.22	4.29±0.43	4.35±0.23
	10 [ns]	4.67±0.50	5.29±0.43	4.24±0.30	5.00±0.65	4.80±0.45
	15 [ns]	4.76±0.44	4.19±0.36	4.33±0.36	4.14±0.38	4.36±0.28
	20 [ns]	4.38±0.44	3.52±0.44	4.19±0.44	4.52±0.59	4.15±0.44
Average		4.52±0.20	4.34±0.64	4.25±0.14	4.52±0.34	

[ns] Means within each column and within each row are not significantly different (p>0.05)

Table 14 sensory evaluation scores from panelists in total preference with 3 preservative of yellow tofu compared with control during storage for 20 days

Evaluated quality	Date	Preservative				Average
		CT [ns]	PP [ns]	KS	CH [ns]	
total preference	0 [ns]	4.14±0.71	4.19±0.79	4.19±0.68 [a]	2.86±0.52	3.85±0.66
	5 [ns]	3.67±0.44	3.90±0.68	3.57±0.52 [ab]	3.29±0.43	3.61±0.26
	10	3.57±0.38 [x]	3.62±0.64 [x]	2.29±0.43 [cy]	2.95±0.36 [xy]	3.11±0.63
	15 [ns]	3.95±0.59	3.62±0.54	2.81±0.54 [bc]	3.05±0.54	3.36±0.52
	20 [ns]	4.14±0.65	3.71±0.38	3.14±0.65 [bc]	4.05±0.70	3.76±0.45
Average		3.90±0.27	3.81±0.24	3.20±0.73	3.24±0.48	

[a-c] Means with different superscript within a column indicate significantly different ($p \leq 0.05$), but non significantly different superscript with ns (p>0.05)

[x,y] Means with different superscript within a row indicate significantly different ($p \leq 0.05$), but non significantly different superscript

Table 15 total plate counts with 3 preservative of yellow tofu compared with control during storage for 20 days

Date	Total Plate Counts (CFU/g)			
	CT	PP	KS	CH
0	2.95×10^3	4.35×10^3	1.14×10^3	3.40×10^2
5	1.78×10^5	7.30×10^4	1.16×10^5	1.46×10^5
10	7.30×10^6	1.41×10^6	1.95×10^6	1.52×10^6
15	9.95×10^6	1.55×10^6	6.45×10^6	1.00×10^6
20	1.63×10^9	4.50×10^6	6.35×10^6	7.20×10^5

Table 16 Yeast and Mold counts with 3 preservative of yellow tofu compared with control during storage for 20 days

Date	Yeast and Mold counts (CFU/g)			
	CT	PP	KS	CH
0	-	-	-	-
5	-	-	-	-
10	-	-	-	-
15	2.03×10^4	-	-	-
20	3.35×10^6	7.85×10^5	1.4×10^5	4.5×10^4

สรุปผลการทดลอง

1. การย้อมเต้าหู้เหลืองแผ่นที่ดีที่สุด คือ ใช้สารละลายที่มีขมิ้นความเข้มข้น 0.4% ผสมมอลโตเด็กซ์ทริน 2% เนื่องจากประหยัดเวลา และสะดวกในการย้อม

2. สารกันเสียที่เหมาะสมสำหรับเต้าหู้เหลืองแผ่น คือ ไคโตซานความเข้มข้น 2% สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด และไม่มีผลกระทบต่อสีของเต้าหู้เหลืองแผ่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 วัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัทคุณประเสริฐอุตสาหกรรมอาหาร ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.-อุตสาหกรรม ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

จิราภรณ์ สอดจิตร์ และธีรพร กงบังเกิด. 2550. ผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โพรพิลพาราเบน 4-hexylresorcinol และ N-acetyl-L-cysteine ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยพันธุ์ดอหลังการเก็บเกี่ยว. **เกษตรนเรศวร** 9(2): 208-226.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2543. ขมิ้น. **ใกล้หมอ**. จาก *http://www.elib-online.com/doctors2/herb curcuma01.html*. [1 ธันวาคม 2551].

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 21. 2522. **กำหนดสีผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานการใช้ การผสม และฉลาก**.จาก http://www.fda.moph.go.th/*fda-net/html/product/food/ntfmoph/ ntf021.htm*. [15 มีนาคม 2553].

บุญศรี จงเสรจิตต์ ผุสดี นาคพลายพันธุ์ และสุวบุญ จิรชาญชัย. 2547. การยับยั้งแบคทีเรียในอาหารโดยไคโตซาน. **วิทยาศาสตร์.** 58(2): 88-95.

ปิยนุช ธิราชเกื้อกูล. 2545. **การผลิตและคุณภาพของผลพืชสกัดจากใบตำลึง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง: กรุงเทพฯ.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2544. **ไคติน-ไคโตซาน**. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC): กรุงเทพฯ. 46 น.

มธุรส ชัยหาญ. 2549. เต้าหู้ (Tofu). **แม่โจ้ปริทัศน์**. 7(2): 21-25.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2546. **วัตถุเจือปนอาหารเล่ม 1**. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน: นครปฐม. 380 น.

สุภณิดา พัฒธร. 2543. **การผลิตโพรเซสชีสบล็อคจากนมยูเอชทีที่หมดอายุการจำหน่าย**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. จาก *http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/4645*. [16 กุมภาพันธ์ 2552].

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเต้าหู้แผ่น**. มผช.461/2546. จาก *http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps461_47.pdf*. [25 เมษายน 2552].

อภิตา บุญศิริ เจริญ ขุจพรหม สมนึก ทองบ่อ ยุพิน อ่อนศิริ และพิษณุ บุญศิริ. 2550. การย้อมสีละมุดด้วยสีธรรมชาติสกัดจากขมิ้นชันและกระเจี๊ยบแดงเพื่อทดแทนสีย้อมผ้าสังเคราะห์. **วิทยาศาสตร์เกษตร**. 38(5): 41-44.

AOAC (The Association of Official analytical Chemist). 2000. **AOAC Official methods of analysis.** 17th ed. Arlington, Virginia, U.S.A.

Chang, K.L.B., Y.S. Lin and R.H. Chen. 2003. The effect of chitosan on the gel properties of tofu (soybean curd). **J. Food Engineering**. 57: 315-319.

Kearsley M.W. and S.Z. Dziedzic (eds.) 1995. **Handbook of starch hydrolysis products and their derivatives**. Chapman & Hall: London. 275 p.

การปรับปรุงเนื้อสัมผัสเต้าหู้หลอดไข่ไก่โดยใช้เอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนส

Improvement of Egg Tofu Texture using Microbial Transglutaminase

พิมพ์พิชญ์ สังข์แป้น* วิจิตรา แดงปรก ฉวีวรรณ พันธ์ไชยศรี และปราณี วราสวัสดิ์

Pimpit Sangpan*, Wichittra Daengprok, Chaveewon Phunchaisri and Pranee Warasawas

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Engineering and Agro Industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: pimpit_s@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารตกตะกอนและผลของเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนสที่ใช้ในทางการค้า (MTGase) ที่มีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้หลอดไข่ไก่ พบว่า การเติมสารตกตะกอน 3 ชนิด ได้แก่ แมกนีเซียมซัลเฟต (magnesium sulphate; $MgSO_4$) แคลเซียมซัลเฟต (calcium sulphate; $CaSO_4$) และกลูโคโนเดลตาแล็กโทน (glucono-δ-lactone;GDL) ร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบไม่สามารถทำให้เจลของเต้าหู้หลอดไข่ไก่แข็งเพิ่มขึ้นได้ แต่กลับทำให้เจลอ่อนลง ($p \leq 0.05$) ส่วนการเติมเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนสที่ใช้ในทางการค้า ในสัดส่วนร้อยละ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนัก มีผลทำให้เจลมีความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนสมากขึ้น ($p \leq 0.05$) และมีผลทำให้ลักษณะการเชื่อมโยงของอนุภาคหนาแน่นขึ้น ละเอียดขึ้น และมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น

คำสำคัญ: เต้าหู้หลอดไข่ไก่ สารตกตะกอน เอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนส

Abstract

This experiment study on quality of egg tofu effect by coagulants and microbial transglutaminase enzyme. It was found that 0.1%w/w coagulant of magnesium sulphate ($MgSO_4$), calcium sulphate ($CaSO_4$), and glucono-δ-lactone (GDL) did not increase gel strength of tofu. Addition of 0.2, 0.4, 0.6, and 0.8%w/w of commercial microbial transglutaminase (MTGase) significantly increased gel hardness ($p \leq 0.05$) when the enzyme concentration increased due to their superior fine-strand and homogeneous of gel.

Keywords: egg tofu, coagulant, microbial transglutaminas

คำนำ

ไข่เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันทุกครัวเรือน เนื่องจากสามารถนำไปปรุงอาหารได้หลากหลายประเภท โดยนำมาทำเป็นอาหารบริโภค เช่น ไข่เจียว ไข่ดาว ไข่ต้ม หรือทำเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ไข่เค็ม ไข่เยี่ยวม้า และเต้าหู้หลอด เป็นต้น

เต้าหู้เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมมากในประเทศเอเชียตะวันออก แต่อุตสาหกรรมการทำเต้าหู้ส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และมีระบบการตลาดเชื่อมโยงกับผู้ค้าในตลาดสดเป็นหลัก สำหรับเต้าหู้หลอดไข่ไก่ได้รับความนิยมในการบริโภคเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากไม่มีกลิ่นถั่วเหมือนเต้าหู้หลอดถั่วเหลือง และยังเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ย่อยง่าย ราคาไม่แพง แต่สิ่งสำคัญสำหรับเต้าหู้หลอดไข่ไก่ซึ่งเป็นอาหารจำพวกเจลนั้น จะต้องมีความแข็งแรง ไม่แตกในขณะจับหรือตัด (Blazek, 2008) ซึ่งสารช่วยในการตกตะกอนโปรตีนเพื่อให้เกิดเจลที่ใช้กันโดยทั่วไป มี 3 ประเภท ได้แก่ เกลือ กรด และเอนไซม์ (Liu, 1997) มีงานวิจัยศึกษาการใช้สารตกตะกอนบางชนิดเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเต้าหู้ถั่วเหลือง เช่น Obatolu (2008) ทำการศึกษาผลของสารตกตะกอนชนิดต่างๆ ที่มีต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของเต้าหู้ถั่วเหลือง โดยเปรียบเทียบระหว่างแคลเซียมซัลเฟต สารส้ม โพแทสเซียมซัลเฟต น้ำมะนาว และน้ำที่ได้จากหมักข้าวโพด เป็นต้น

เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (transglutaminase; protein-glutamine γ-glutamyltransferase) เป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่มีจำหน่ายทางการค้า มีชื่อเรียกตามระบบตัวเลข คือ EC 2.3.2.13 สามารถเร่งปฏิกิริยาการย้ายของหมู่เอซิลในโมเลกุลของโปรตีน รวมทั้งเปปไทด์หรือกรดอะมิโนได้ ผลจากปฏิกิริยา คือ เกิดพันธะครอสลิงค์ (crosslink) ซึ่งเป็นพันธะโควาเลนต์ชนิดหนึ่งที่มีความแข็งแรงขึ้นทั้งภายในและระหว่างโมเลกุลของโปรตีน ทำให้เกิดเจลหรือโครงสร้างร่างแหขึ้น เจลที่เกิดขึ้นนี้สามารถกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้เป็นจำนวนมาก สำหรับเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนส เป็นเอนไซม์ที่ผลิตได้จากจุลินทรีย์พวก *Streptoverticillium mobaraense* และ *Streptomyces* spp. จากการที่เอนไซม์มีแหล่งกำเนิดมาจากธรรมชาติจึงได้รับการยอมรับมากขึ้น จึงมีการนำเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนสซึ่งมีจำหน่ายในทางการค้าไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายชนิดด้วยกัน (สุภาพร และวิจิตรา, 2547) มีงานทดลองของ Motoki and Seguro (1998) พบว่า เต้าหู้ที่ผลิตจากน้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งแรงและทนต่อความร้อนและความดันสูง

ดังนั้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ จึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการผลิตให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น โดยทำการศึกษา 2 แนวทางคือ การใช้สารตกตะกอนและการใช้เอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนสที่มีจำหน่ายในทางการค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วิธีการเตรียมเต้าหู้หลอดไข่ไก่

1.1 เตรียมเต้าหู้หลอดไข่ไก่ โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อไข่ไก่เป็น 55:45 ปรุงรสด้วยเกลือแกงร้อยละ 0.8 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ และเติมสารอุ้มน้ำโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักของ

วัตถุดิบ จากนั้นเติมสารตกตะกอนในกรณีศึกษาผลของสารตกตะกอน หรือเติมเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนสในกรณีศึกษาผลของเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนส

1.2 ขั้นตอนหลังจากเตรียมส่วนผสมแล้วคือ นำไปปั่นผสมด้วยเครื่องผสมความเร็ว 50-60 รอบ/วินาที เป็นเวลา 2 นาที นำไปกรองด้วยผ้าขาวบางแล้วบรรจุถุง นำไปต้มให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 87-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที สำหรับกรณีศึกษาผลของเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนสจะต้องนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที ก่อนนำไปต้มเพื่อกระตุ้นให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ โดยอุณหภูมิและเวลาในการทำกิจกรรมของเอนไซม์ ดัดแปลงจาก Kwan and Easa (2003) หลังจากนั้นนำไปทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องโดยแช่ในน้ำ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำไปวิเคราะห์คุณภาพ (ดัดแปลงจากบุญอนันต์, 2547)

การศึกษาผลของสารตกตะกอนบางชนิดต่อคุณภาพเต้าหู้หลอดไข่ไก่

เตรียมเต้าหู้หลอดไข่ไก่ดังวิธีที่กล่าวในข้อ 1 แต่เติมสารตกตะกอน 3 ชนิด คือ แมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมซัลเฟต และกลูโคโนเดลต้าแล็กโทน โดยเติมในปริมาณร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ (ดัดแปลงจากสมชาย และคณะ, 2525; บุญอนันต์, 2547) แล้วทำการศึกษาคุณภาพเต้าหู้หลอดดังข้อ 4 และข้อ 5 และวิเคราะห์ผลทางสถิติดังข้อ 7

การศึกษาผลของเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนสต่อคุณภาพของเต้าหู้หลอดไข่ไก่

ซึ่งคัดเลือกตัวอย่างเต้าหู้หลอดไข่ไก่ที่ดีที่สุดจากข้อ 2 มาศึกษาต่อ โดยเติมเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนส (กิจกรรมของเอนไซม์ 36-59 หน่วย/กรัม) 4 ระดับเปรียบเทียบกับการไม่เติมเอนไซม์ คือ ร้อยละ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ ทำการศึกษาคุณภาพเต้าหู้หลอดดังข้อ 4 และข้อ 5 โดยวิเคราะห์ผลทางสถิติดังข้อ 7 และศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคดังข้อ 6

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้หลอดไข่ไก่

4.1 ค่าสีด้วยระบบ CIE (L* a* b*) ด้วยเครื่องวัดสี Tri-stimulus colorimeter (Color techno system corp., model JC 801; Tokyo, Japan)

4.2 ร้อยละผลผลิตได้ (%yield) คำนวณจากน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เต้าหู้หลังจากเก็บรักษา 24 ชั่วโมง หารด้วยน้ำหนักเต้าหู้ที่บรรจุ แล้วคูณด้วย 100

4.3 การแยกตัวของน้ำ (ดัดแปลงจาก Karim *et al*., 1999)

4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องTexture analyzer, TA.XT2i (Stable Micro System, UK) โดยวิธีทดสอบแบบ Texture profile analysis (TPA) ใช้หัวกดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ตามวิธีของ Bourne (2002)

4.5 ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้หลอดไข่ไก่

ประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงพรรณนาแบบปริมาณ (Quantitative descriptive analysis; QDA) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว จำนวน 7 คน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

โดยจะติดตามผลด้านความแข็งแรงของเจล ความยืดหยุ่นของเจล ความสม่ำเสมอของสี ความเรียบเนียนของเจล และความพอใจโดยรวม

ศึกษาโครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์เต้าหู้หลอดไข่ไก่

ศึกษาโครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์เต้าหู้หลอดไข่ไก่ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Model JSM-5410LV, JEOL, Japan) โดยดัดแปลงวิธีจาก Liu *et al*. (2004)

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าสี ร้อยละผลผลิตได้ ร้อยละการแยกตัวของน้ำ ลักษณะเนื้อสัมผัส ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomize Design: CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's new multiple range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารตกตะกอนแต่ละชนิดต่อคุณภาพของเต้าหู้หลอดไข่ไก่

ตัวอย่างที่ไม่เติมสารตกตะกอนมีความแข็งแรงของเจลมากที่สุด รองลงมา คือ ตัวอย่างที่เติมแมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมซัลเฟต และกลูโคโนเดลต้าแล็กโทน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากค่า Hardness (Table 1)

Table 1 Textural properties of egg tofu at different type of coagulants

Coagulant	Texture			
	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess
0% coagulant	472.28±13.32^{a}	0.94±0.00^{a}	0.70±0.00^{a}	332.20±7.56^{a}
0.1% $MgSO_4$	416.52±15.04^{ab}	0.93±0.00^{ab}	0.70±0.00^{a}	292.63±10.04^{ab}
0.1% $CaSO_4$	399.26±58.64^{bc}	0.92±0.01^{bc}	0.70±0.01^{a}	277.95±42.84^{bc}
0.1% GDL	343.18±9.47^{c}	0.92±0.00^{c}	0.69±0.03^{b}	237.50±7.10^{c}

The values correspond to the mean values ± S.D obtain from three replications

Means with different letter in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$)

เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแน่นเนื้อ พบว่า ผู้ชิมชี้บ่งถึงตัวอย่างเต้าหู้หลอดไข่ไก่ที่ไม่เติมสารตกตะกอนว่ามีความแน่นเนื้อค่อนข้างมาก ส่วนเต้าหู้หลอดไข่ไก่ที่มีการเติม 0.1% แมกนีเซียมซัลเฟต กับ 0.1% แคลเซียมซัลเฟต มีความแน่นเนื้อปานกลาง และเติม 0.1% กลูโคโนเดลต้าแล็กโทน มีความแน่นเนื้อค่อนข้างน้อยตามลำดับ (Figure 1)

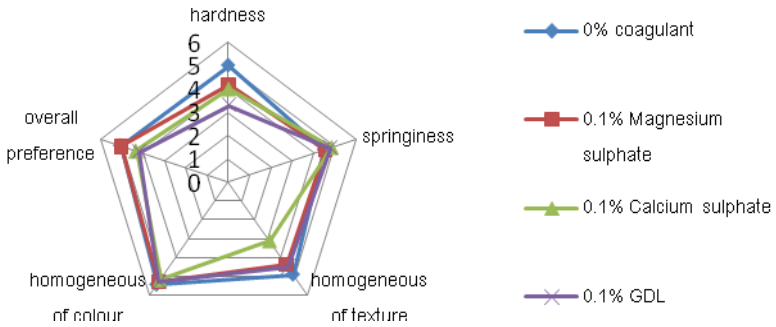


Figure 1 QDA profile of egg tofu at different type of coagulants

เมื่อพิจารณาปริมาณการแยกตัวของน้ำ พบว่า เต้าหู้หลอดไข่ไก่ที่เติมกลูโคโนเดลต้าแล็กโทนมีปริมาณการแยกตัวของน้ำมากที่สุด คือ ร้อยละ 9.54 ในขณะที่ตัวอย่างที่ไม่เติมสารตกตะกอน ตัวอย่างที่เติมแมกนีเซียมซัลเฟต และตัวอย่างที่เติมแคลเซียมซัลเฟตมีปริมาณการแยกตัวของน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนการเติมสารตกตะกอนไม่มีผลต่อปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ ร้อยละผลผลิตที่ได้และคุณสมบัติด้านสี (Table 2)

Table 2 Physical properties of egg tofu at different type of coagulants

Coagulant	Syneresis (%)	Water content (%)^{ns}	Yield (%)^{ns}	CIE values		
				L*^{ns}	a*^{ns}	b*^{ns}
0%	6.12±0.34^{b}	88.13±0.40	98.77±0.14	84.37±0.26	2.54±0.07	22.56±1.16
0.1% $MgSO_4$	6.59±0.18^{b}	88.47±0.32	98.11±1.15	84.51±0.55	2.66±0.04	22.01±0.73
0.1% $CaSO_4$	7.02±0.32^{b}	88.63±0.87	98.67±0.39	84.30±0.88	2.47±0.40	22.25±0.54
0.1% GDL	9.54±1.31^{a}	88.52±0.42	99.05±0.16	85.07±0.82	2.70±0.08	22.22±0.60

The values correspond to the mean values ± S.D obtain from three replications.

Means with different letter in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

^{ns} Indicate non significant differences ($p > 0.05$) in the same column

ผลการทดลองดังกล่าวสามารถอธิบายได้โดย กลไกของการเกิดเจลนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ เมื่อได้รับความร้อนสายโพลิเปปไทด์ของโมเลกุลโปรตีนจะคลายตัวออก ในขั้นตอนต่อมาสายโพลิเปปไทด์ต่างโมเลกุลจะมาจับตัวกันสานเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติ (วิจิตรา, 2548) โดยหากมีการเติมสารช่วยตกตะกอนลงไปก่อนขั้นตอนการให้ความร้อนจะทำให้สารเหล่านั้นไปเปลี่ยนแปลงสภาวะของระบบ ดังนี้ เมื่อ

เติม GDL จะให้กรดกลูโคนิก เดลตา และแกมมาแล็กโทน ทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสลดลง (ศิวาพร, 2546) ซึ่งมีผลต่อการกระจายตัวของประจุบนโมเลกุลโปรตีน เกี่ยวข้องกับการผลักและการจับกันของโมเลกุลโปรตีน (วิจิตรา, 2548) สอดคล้องกับการวิจัยของ Woodward and Cotterill (1985) พบว่า ที่ pH 5 และ 6 นั้นโปรตีนจะจัดเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ และที่ pH 9 โปรตีนจะยืดตัวออกและจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบทำให้เจลมีความแข็งแรงมากที่สุด ส่วนเกลือนั้นจะเร่งการรวมตัวกันของโปรตีนทำให้เจลอ่อนลง และยังพบว่าน้ำที่แยกตัวออกมาจากเจลไข่ขาวจะลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด-เบส เวลา อุณหภูมิ และความเข้มข้นของโปรตีนเพิ่มขึ้น

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า สารตกตะกอนไม่สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลเต้าหู้หลอดไข่ไก่ได้ จึงเลือกตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสารตกตะกอนไปศึกษาในแนวทางการใช้ เอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนส เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเต้าหู้หลอดไข่ไก่ต่อไป

การศึกษาผลของเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนสต่อคุณภาพของเต้าหู้หลอดไข่ไก่

เมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนส มีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อพิจารณาจากค่า Hardness cohesiveness และ gumminess เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่เติมเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนส (Table 3)

Table 3 Textural properties of egg tofu at different concentrations of MTGase

MTGase concentration (%)	Textural properties			
	Hardness (g)	Springiness ^{ns}	Cohesiveness	Gumminess
0	398.24±11.04^{d}	0.93±0.00	0.71±0.00^{b}	282.78±7.69^{d}
0.2	425.68±17.15^{c}	0.93±0.01	0.72±0.00^{a}	307.67±10.88^{c}
0.4	443.80±20.02^{c}	0.94±0.00	0.73±0.01^{a}	323.15±18.42^{c}
0.6	474.02±10.04^{b}	0.94±0.00	0.73±0.00^{a}	345.00±8.04^{b}
0.8	503.98±8.87^{a}	0.94±0.01	0.73±0.00^{a}	366.33±7.38^{a}

The values correspond to the mean values±S.D obtain from three replications

Different letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$)

^{ns} Indicate non significant differences ($p > 0.05$) in the same column

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแน่นเนื้อของตัวอย่างที่เติมเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนส ร้อยละ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ซึ่งผู้ชิมชี้บ่งว่ามีความแน่นเนื้อปานกลางถึงค่อนข้างมาก ตามลำดับ และผู้ชิมยังมีความพอใจโดยรวมของเต้าหู้สูตรเติมเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนส ร้อยละ 0.8 ในระดับค่อนข้างมาก (Figure 2) และเมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า เมื่อเติมเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนสในระดับที่มากขึ้นจะมีลักษณะการเชื่อมโยงของอนุภาคที่หนาแน่นขึ้น ละเอียดขึ้น และมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น (Figure 3)

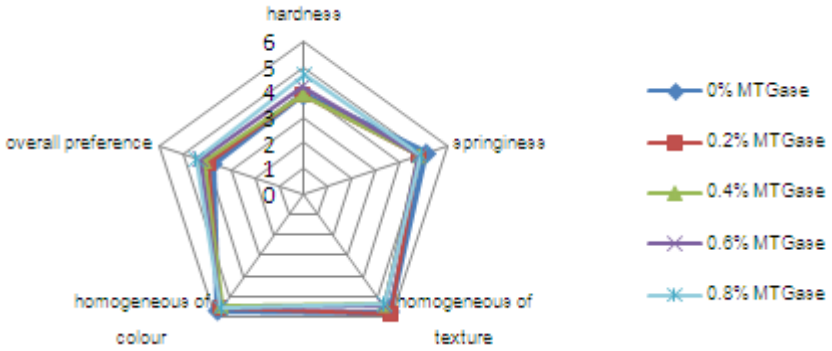
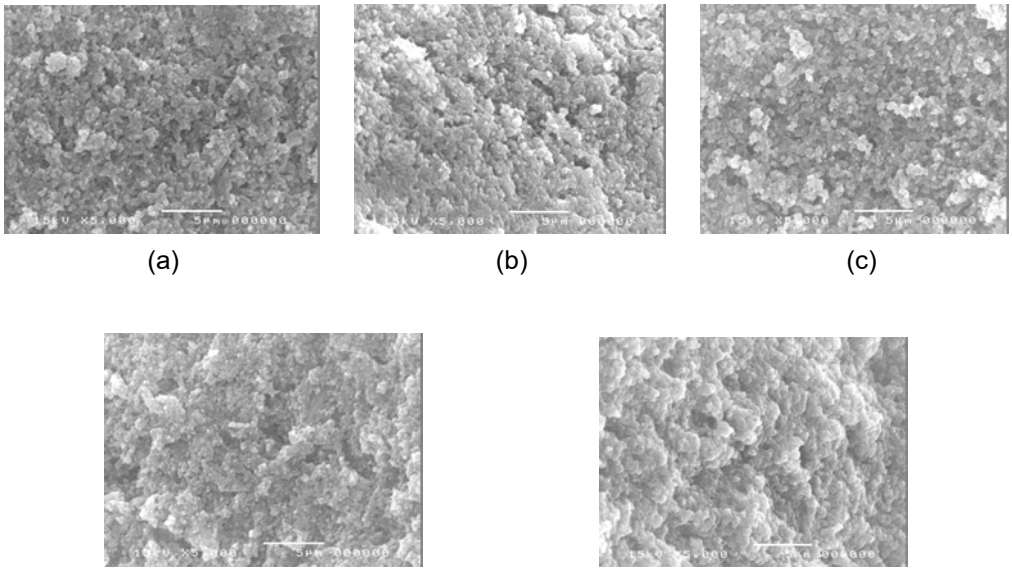


Figure 2 QDA profile of egg tofu at different concentrations of MTGase



(a) (b) (c)

(d) (e)

Figure 3 Microstructure of egg tofu at different concentrations of MTGase (a) without MTGase (b) 0.2% MTGase (c) 0.4% MTGase (d) 0.6% MTGase (e) 0.8% MTGase

การเพิ่มปริมาณเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนส มีผลทำให้ค่า L* และค่า a* ลดลง ($P \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณการแยกตัวของน้ำและปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนสขึ้น ทำให้ปริมาณการแยกตัวของน้ำและปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลง ($P \leq 0.05$) อีกทั้งยังเพิ่มปริมาณร้อยละผลผลิตได้อีกด้วย (Table 4)

จากผลการทดลองสันนิษฐานว่าการเติมเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนสลงในเต้าหู้หลอดไข่ไก่ สามารถเร่งให้เกิดพอลิเมอร์ไรเซชันของโมเลกุลโปรตีนโดยการสร้างพันธะ Ɛ-(γ-glutamyl)lysine ระหว่างโมเลกุลโปรตีน จึงช่วยปรับปรุงการจัดเรียงตัวและการรวมกลุ่มกันของโปรตีน ทำให้เกิดโครงสร้างที่มีเนื้อละเอียดและเป็นระเบียบส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของเจลมีค่าสูงขึ้น (Nonaka *et al.*, 1989; Yasir, 2005)

Table 4 Physical properties of egg tofu at different concentrations of MTGase

MTGase concentrations (%)	Syneresis (%)	Water content (%)	Yield (%)	CIE values		
				L*	a*	b* [ns]
0	6.65±0.66[a]	88.42±0.12[ab]	98.73±0.41[b]	84.31±0.50[a]	2.56±0.07[a]	26.82±0.62
0.2	5.42±0.70[b]	88.46±0.21[a]	99.30±0.08[a]	83.18±0.31[b]	2.08±0.35[b]	26.62±0.58
0.4	4.66±0.45[b]	88.35±0.29[ab]	99.43±0.11[a]	82.47±0.52[bc]	2.04±0.11[b]	27.03±0.80
0.6	4.21±0.13[cd]	88.08±0.12[bc]	99.18±0.13[a]	82.07±0.30[cd]	1.92±0.17[b]	26.60±1.07
0.8	3.92±0.29[d]	87.91±0.13[c]	99.17±0.20[a]	81.67±0.25[d]	1.53±0.18[c]	25.92±0.95

The values correspond to the mean values±S.D obtain from three replications

Means with different letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$)

[ns] Indicate non significant differences ($p > 0.05$) in the same column

สรุปผลการทดลอง

สารตกตะกอนไม่สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของเต้าหู้หลอดไข่ไก่ได้ อีกทั้งยังมีผลทำให้เจลของเต้าหู้อ่อนลง และมีการแยกตัวออกของน้ำมากขึ้นด้วย

การเติมเอนไซม์ไมโครเบียลทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณร้อยละ 0.8 โดยน้ำหนัก สามารถปรับปรุงคุณภาพของเต้าหู้หลอดไข่ไก่ได้ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัทคุณประเสริฐอุตสาหกรรมอาหาร ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.-อุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

บุญอนันต์ ศักดิ์บุญญารัตน์. 2547. **การศึกษาปัจจัยในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพของเต้าหู้หลอดไข่ไก่**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มาหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปากร: กรุงเทพฯ. 88 น.

วิจิตรา แดงปรก. 2548. **เอกสารประกอบการสอน วิชา ทอ541 เทคโนโลยีของโปรตีน**. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. 168 น.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2546. กรด. *ใน* **วัตถุเจือปนอาหาร (เล่ม1)**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ: นครปฐม. น 175-218.

สมชาย ประภาวัต วารุณี วารัญญานนท์ สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ มาลี ประภาวัต และอุดม กาญจน-ปกรณ์ชัย. 2525. **การศึกษาถึงชนิดและงานที่เหมาะสมของตัวตกตะกอนต่าง ๆ ในการทำเต้าหู้หลอด**. จาก *http://research.ifrpd.ku.ac.th/images/cc/cc1.pdf* [20 กรกฎาคม 2551].

สุภาพร โพนตุแสง และวิจิตรา แดงปรก. 2547. การใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์. **ว. แม่โจ้ปริทัศน์**. 5(2): 33-35.

AOAC. 2000. **Official Method of Analysis.** 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington: Virginia.

Blazek, V. 2008. **Chemical and biochemical factors that influence the gelation of soybean protein and the yield of tofu**. A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy (Agricultural Chemistry). The University of Sydney: Sydney. 240 p.

Bourne, M. 2002. Guidelines and conditions for testing foods. pp. 353-368. *In:* Smewing, J. (ed.) **Food texture and viscosity-Concept and measurement**. 2nd ed. Cornell University: New York.

Karim, A., G.A. Sulebele, M.E. Azhar and C.Y. Ping. 1999. Effect of carrageenan on yield and properties of tofu. **J. Food Chemistry.** 66: 159-165.

Kwan, S.W. and A.M. Easa. 2003. Comparing physical properties of retort-resistant glucono-δ-lactone tofu treated with commercial transglutaminase enzyme or low levels of glucose. **J. Lebensm.-Wiss. u.-Technol**. 36: 643–646.

Liu, K. 1997. **Soybeans: Chemistry, Technology and Utilization**. Chapman and Hall, New York.

Liu, Z.S., S.K.C. Chang, L.T. Li and E. Tatsumi. 2004. Effect of selective thermal denaturation of soybean proteins on soymilk viscosity and tofu's physical property. **J. Food Research International**. 37: 815-822.

Motoki, M. and K. Seguro. 1998. Transglutaminase and its use for food processing. **J. Trends in Food Science & Technology.** 9: 204-210.

Nonaka, M., H. Tanaka, A. Okiyama, M. Motoki, H. Ando and A. Matsuura. 1989. Polymerization of several proteins by Ca^{2+}-independent transglutaminase derived from microorganisms. **J. Agricultural Biology and Chemistry.** 53(10): 2619-2623.

Obatolu, V.A. 2008. Effect of different coagulants on yield and quality of tofu from soymilk. **J. European Food Research and Technology.** 226: 467-472.

Woodward, S.A. and O.J. Cotterill. 1985. Texture and microstructure of heat-formed egg white gels. **J. Food Science.** 51(2): 333-339.

Yasir, S.B.Md. 2005. **The role of protein cross-linking in soy food texture**. A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements of the Degree of Doctor of Philosophy. University of Canterbury: Canterbury. 228 p.

ผลการเติมอินูลินต่อคุณภาพทางกายภาพและสมบัติทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ

Effect of Inulin Addition on Physical Quality and Sensory Property of Low-Fat Chicken Sausage

รวีพร ศรีสำราญ ฉวีวรรณ พันธ์ไชยศรี ธเนศ แก้วกำเนิด และวิจิตรา แดงปรก*

Raweeporn Srisamran, Chaveewon Phunchaisri, Thanes Keokamnerd and Wichittra Daengprok*

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Engineering and Agro Industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: wichittr@mju.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมอินูลินต่อคุณภาพทางกายภาพและสมบัติทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ โดยเติมอินูลินที่ผ่านการละลายน้ำแล้วในสูตรไส้กรอกไก่โดยใช้แทนเนื้อไก่ในปริมาณ 2.5, 3.75 และ 5.0% โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งไม่เติมอินนูลิน ผลการทดลองพบว่า ไส้กรอกไก่ไขมันต่ำที่เติมอินูลินมีค่าแรงเฉือนและค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่าสี (L*, a* และ b*) และการยอมรับรวมมีค่าไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (p<0.05) ดังนั้นจึงสามารถใช้อินูลินในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสรวมทั้งการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำได้

คำสำคัญ: อินูลิน ใยอาหาร ไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ ไส้กรอก ไส้กรอกไก่

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of inulin addition on physical qualities and sensory property of low-fat chicken sausage. Rehydrated inulin was added to chicken sausage formula at the levels of 2.5, 3.75 and 5.0% in comparison with control formula, sample without inulin. The results showed that products with addition of inulin had higher shear value and hardness than those control samples while moisture content, a_w, colour value (L*, a* and b*) and total acceptability were not significantly different (p<0.05). Overall inulin is a promising food ingredient for improving texture and sensory quality of low-fat chicken sauasages.

Keywords: inulin, dietary fiber, low-fat sausage, sausage, chicken sausage

คำนำ

ไส้กรอกไก่เป็นผลิตภัณฑ์ลดขนาดชนิดบดละเอียดอิมัลชัน โดยเนื้อถูกบดด้วยเครื่องสับผสมจนโครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง ทำให้โปรตีนไมโอซินละลายออกมาส่วนผสมแปรเปลี่ยนเป็นมวลเหนียวเป็นเนื้อเดียวกัน (สุภเวท, 2550) ปัจจุบันไส้กรอกไขมันต่ำเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ แต่การลดไขมันในสูตรการทำไส้กรอกจะส่งผลต่อคุณลักษณะที่ดีของไส้กรอก โดยเฉพาะลักษณะเนื้อสัมผัส มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังพบว่าข้อเสียของไส้กรอกอีกประการหนึ่งคือไส้กรอกมีใยอาหารน้อยมาก

อินูลิน คือใยอาหารที่สกัดจากพืชและสามารถละลายน้ำได้ ประกอบด้วยพอลิเมอร์ของฟรุคโตสอาจมีน้ำตาลกลูโคสอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ ถ้ามีน้ำตาลกลูโคสจะมีเพียง 1 โมเลกุล อยู่ที่ปลายด้านใดด้านหนึ่ง มีระดับการเกิดพอลีเมอร์ (degree of polymerization, DP) เท่ากับ 2-60 พืชที่เป็นแหล่งที่ดีของอินูลินได้แก่ กล้วยหอม หอมหัวใหญ่ กระเทียม ต้นกระเทียม (leek) อาร์ติโช้ค (artichoke) และชิคอรี่ (chicory) (Williams, 1999 อ้างโดย วิจิตรา, 2553) ซึ่งยึดเกาะกันด้วยพันธะ β-2,1 ที่ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร แต่สามารถถูกย่อยได้โดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ (Franck, 2006)

ปัจจุบันได้มีการนำอินูลินมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท ไม่ว่าในผลิตภัณฑ์นม เช่น โยเกิร์ต ไอศกรีม และเนยแข็ง หรือในขนมอบ เช่น เค้ก รวมทั้งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (วิจิตรา, 2553) มีงานทดลองที่พบว่าการเติมอินูลินในผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำสามารถช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคได้ เช่น การเติมอินูลินในโยเกิร์ต (Guggisberg *et al*., 2009) นมเปรี้ยว (Debon *et al*., 2010) เนยแข็ง (Haissa *et al*., 2008) ไอศกรีม (Devereux, 2003) และไส้กรอกหมักแห้ง (Mendoza, 2001) เป็นต้น Munsombat and Daengprok (2009) ได้ทดลองเติมอินูลินในแหนม พบว่า อินูลินไม่มีผลเสียต่อการสร้างกรด/การลดลงของ pH ในกระบวนการหมักแหนม แม้ว่าจะมีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้น และค่าสีแดง (a*) ลดลงก็ตาม แต่ยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับผลของการเติมอินูลินต่อการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคในไส้กรอกไก่

งานทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมอินูลินต่อคุณภาพทางกายภาพและสมบัติทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการเตรียมไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ

เตรียมตัวอย่างไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ 4 สูตร คือ ชุดควบคุม (ไม่มีการเติมอินูลิน) ตัวอย่างที่เติมอินูลินในปริมาณ 2.5, 3.75 และ 5.0% ของน้ำหนักเนื้อไก่ โดยอินูลินที่เติมจะเติมในรูปของอินนูลินที่ผ่านการเติมน้ำแล้ว เพื่อปรับปริมาณความชื้นให้มีค่าใกล้เคียงกับเนื้อไก่ซึ่งใช้เป็นส่วนผสมหลัก

ส่วนผสมและวิธีการทำไส้กรอกไขมันต่ำในสูตรดัดแปลงมาจากวิธีของ Andres *et al*. (2006) ดังนี้ คือ นำเนื้อไก่มาสับผสมรวมกับเกลือ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และโซเดียมไนไตรท์ เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นใส่น้ำแข็งลงไปเล็กน้อยแล้วจึงใส่ส่วนผสมทั้งหมด คือ เวย์โปรตีนคอนเซนเทรต กัวส์กัม แซนแทนกัม พริกไทยขาว ลูกจันทน์ป่น อินูลิน และวิตามินซี จากนั้นสับผสมต่ออีก 15 นาที แล้วจึงนำมาอัด

ไส้คอลลาเจน ต้มที่อุณหภูมิ 90°ซ เวลา 50 นาที แช่เย็น 20 นาที จึงนำมาบรรจุถุงสุญญากาศ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5°ซ เพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพของไส้กรอกไขมันต่ำ

- ปริมาณความชื้น นำตัวอย่างบดละเอียดอบแห้งที่ 105°ซ จนมีน้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณความชื้น โดยวัดจากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง

- ค่า water activity (a_w) วัดด้วยเครื่อง AQUA LAB, Series 3 TE

- ค่าสี นำไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ มาทำบด แล้วนำไปทำการวัดค่าสี CIE (L*, a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี Tri-stimulus colorimeter (Color Techno System Corp., model JC 801; Tokyo, Japan)

- ค่าแรงเฉือน (shear value) ทำการวัดแรงเฉือนโดยใช้เครื่อง Lloyd Universal Testing Machine (model LR10k, Lloyd Instruments Ltd., Fareham; Hampshire, UK)

- Texture profile analysis วัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer, TAXT2i (Stable Micro System, UK)

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไขมันต่ำ

ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาบ้าง (partial-trained panel) 40 คน ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธี 9-point hedonic scale (9 = ชอบมากที่สุด; 1 = ชอบน้อยที่สุด) โดยจะติดตามผลทางด้านลักษณะทั่วไป กลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณความชื้นและค่า A_w ค่าสี ค่าแรงเฉือน และ Texture Profile Analysis และสมบัติทางประสาทสัมผัส ทำการวางแผนการทดลองแบบ RCBD โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ใช้โปรแกรม SPSS version 16 for Windows

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณความชื้นและค่า a_w

ค่า a_w เป็นค่าที่บอกปริมาณน้ำอิสระในอาหาร สามารถบ่งชี้อายุการเก็บรักษาอาหารได้ ไส้กรอกไก่ไขมันต่ำเสริมอินูลินมีความชื้นและค่า a_w ลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม (Table 1) การที่อินูลินสามารถลดความชื้นและค่า a_w ได้อาจเนื่องจากอินูลินเป็นเส้นใยที่สามารถละลายน้ำและเกิดเจลที่กักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้ อย่างไรก็ตามไส้กรอกไก่เสริมอินูลินทุกตัวอย่างยังคงมีค่า a_w ที่เหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ทุกชนิด กล่าวคือมีค่าอยู่ในช่วง 0.974-0.996 จึงต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำตลอดเวลา

Table 1 Moisture content and water activity of low fat chicken sausages with various inulin addition

Sample	Moisture (g/100g)^{ns}	a_w^{ns}
Control	79.49±0.11	0.998±0.0001
Inulin 2.5%	77.37±1.22	0.996±0.0003
Inulin 3.75%	77.42±1.29	0.977±0.0008
Inulin 5.0%	77.19±1.41	0.974±0.0008

ns = not significant ($p<0.05$)

ค่าสี

สีเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค จากการวัดค่าสีด้วยระบบ CIE (L*, a* และ b*) โดยค่า L* เป็นค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (มืด) ถึง 100 (สว่าง) ส่วนค่า a* เป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง โดยมีค่าลบ (สีเขียว) ถึงค่าบวก (สีแดง) และค่า b* เป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลือง โดยมีค่าลบ (สีน้ำเงิน) ถึงค่าบวก (สีเหลือง) พบว่า ค่าสีไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

Table 2 Color value of low fat chicken sausage with various inulin addition

Treatment	Color value^{ns}		
	L*	a*	b*
Control	90.93±1.11	6.64±0.74	-4.23±0.35
Inulin 2.5%	90.79±0.62	6.47±0.64	-0.04±0.05
Inulin 3.75%	90.89±0.66	6.53±0.16	-4.08±0.62
Inulin 5.0%	91.50±0.20	6.60±0.16	-3.83±0.16

ns = not significant ($p<0.05$)

ค่าแรงเฉือนและ Texture profile analysis

ค่าแรงเฉือนหมายถึงค่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกัน ส่วนค่า TPA หมายถึงค่าพารามิเตอร์ของเนื้อสัมผัสของอาหารที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีแรงมากระทำ โดยมีค่าที่ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 5 ค่า ดังนี้ hardness, cohesiveness, adhesiveness, gumminess และ resilience ซึ่งค่าความแข็งเป็นค่าแรงสูงสุดของการกดครั้งแรก

ค่าแรงเฉือนและค่าความแข็ง (hardness) ของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำชุดควบคุมมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เติมอินูลิน (Table 3) การเกิดเจลของอินูลินทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่าแรงเฉือนและค่าความแข็งที่วัดได้ Glibowski (2010) วัดค่าความแข็งของเจลอินูลินที่ความเข้มข้น 20, 25 และ 30% พบว่า เมื่อความเข้มข้นของอินูลินเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าค่าความแข็งของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำในการทดลองครั้งนี้ไม่ได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของอินูลินที่เติม โดยค่าความแข็งของไส้กรอกที่เติมอินูลิน 3.75% มีค่าสูงสุด ส่วนค่าความแข็ง

ของไส้กรอกที่เติมอินูลิน 5.0% มีค่าลดลงโดยมีค่าเท่ากับ 22.56 และ 15.69 นิวตัน ตามลำดับ ถ้าวัดจำนวนตัวอย่างมากขึ้นอาจพบผลที่ต่างจากนี้

Table 3 Shear value and TPA of low fat chicken sausage with various inulin addition

Treatment	Shear value (N)	Texture profile analysis (TPA)				
		Adhesiveness (Ns)^{ns}	Cohesiveness (J/J)^{ns}	Hardness (N)	Gumminess (N)	Resilience (J/J)^{ns}
Control	9.279±0.63^{a}	-0.02±0.04	2.75±0.04	15.40±0.41^{a}	3.43±1.06^{a}	2.22±0.42
Inulin 2.5%	9.820±0.54^{ab}	-0.01±1.39	1.51±0.56	19.62±0.00^{a}	5.12±0.87^{b}	1.82±0.86
Inulin 3.75%	9.530±0.73^{b}	-0.01±1.05	2.08±2.93	22.56±0.00^{b}	1.20±0.17^{c}	1.51±1.35
Inulin 5.0%	9.773±0.54^{b}	-0.01±4.46	1.68±0.34	15.69±1.18^{c}	6.25±0.34^{d}	2.03±0.82

Mean in each column with the same letters are not significantly different (p<0.05).

ns = not significant (p<0.05)

สมบัติทางประสาทสัมผัส

จากการวิเคราะห์สมบัติทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาบ้างจำนวน 40 คน โดยการประเมินการยอมรับด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยคะแนน 9 หมายถึงยอมรับมากที่สุดและคะแนน 1 หมายถึงไม่ยอมรับมากที่สุด ผลการทดลองพบว่าไส้กรอกไก่ไขมันต่ำที่มีการเติมอินูลินทุกระดับได้รับการยอมรับรวมจากผู้ทดสอบ ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ในทุกคุณลักษณะที่ทำการทดสอบได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม (Table 4) โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 5.10-6.73 (เฉยๆ-ยอมรับปานกลาง) การที่ไส้กรอกไก่ไขมันต่ำเสริมอินูลินได้รับคะแนนการยอมรับเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านลักษณะปรากฏและสี อาจเนื่องจากการเติมอินูลินทำให้ไส้กรอกมีลักษณะเลื่อมมัน และมีความสว่างมากขึ้น

Table 4 Sensory value of low fat chicken sausages with various inulin addition

Treatment	Sensory value					
	Appearance	Odor	Color	Taste^{ns}	Texture	Total acceptability^{ns}
Control	5.53±1.72^{a}	5.70±1.64^{ab}	5.50±1.63^{a}	5.60±1.74	5.63±1.58^{ab}	5.98±1.82
Inulin 2.5%	5.10±1.97^{a}	5.33±1.77^{a}	5.53±1.83^{a}	5.43±1.43	5.25±1.89^{a}	5.40±1.85
Inulin 3.75%	6.23±1.61^{b}	5.53±1.66^{a}	6.05±1.43^{b}	5.50±1.72	5.90±1.57^{a}	5.83±1.57
Inulin 5.0%	6.73±1.79^{b}	6.18±1.60^{ab}	6.05±1.68^{b}	5.80±1.73	6.18±1.53^{ab}	6.00±1.61

Mean in columm with same letters are not significantly different (p<0.05).

ns = not significant (p<0.05)

การเติมอินูลินในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ นอกจากสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพและคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสได้แล้ว อินูลินยังเป็นแหล่งของใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ชนิดพรีไบโอติกส์ ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพหลายประการ กล่าวคือ ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ได้ เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคเบาหวาน และโรคมะเร็งบางชนิด เป็นต้น (Izzo and Franck, 1999) อย่างไรก็ตามการรับประทานอินูลินมากเกินไปก็จะส่งผลเสียต่อร่างกายได้เช่นกันการบริโภคใยอาหารที่มากเกินไป คือ อาจทำให้เกิดอาการอืดอัด แน่นท้อง ท้องอืด ท้องเฟ้อและปวดท้องได้ (ศศิประภา, 2552) และยังเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตด้วย ดังนั้นการเติมอินูลินในอาหารจึงควรเติมในปริมาณที่เหมาะสม โดยทั่วไปการเติมอินูลินในอาหารมักเติมในปริมาณ 10% (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2541) งานทดลองที่จะทำต่อไป คือการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค เพื่อต้องการทราบแนวโน้มของผู้บริโภคต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ไขมันต่ำที่มีการเติมอินนูลิน

สรุปผลการทดลอง

1. จากการวัดปริมาณความชื้นและค่า a_w พบว่า ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำทุกตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. จากการทดลองวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ พบว่า ค่า L*, a* และ b* ของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำทุกตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. จากการทดสอบค่าแรงเฉือนและTexture Profile Analysis พบว่า ค่าแรงเฉือนและค่าความแข็ง (hardness) ของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำตัวอย่างควบคุมมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เติมอินนูลิน แต่ค่า adhesiveness, cohesiveness และ resilience ของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำทุกตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. จากการทดสอบสมบัติทางประสาทสัมผัส พบว่า การยอมรับรวมของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำทุกตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย และเจ้าหน้าที่และนักศึกษาทั้งปริญญาตรีและปริญญาโทที่มีส่วนช่วยในการทำวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

วิจิตรา แดงปรก. 2553. การใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไขมันต่ำ. **อาหาร**. 40(1): 37-40.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182. **ฉลากโภชนาการ**. 2541. จาก *http://www.qmaker.com/fda/new/images/cms/.../1170743873_**182**.pdf* [11 มิถุนายน 2541].

ศศิประภา บุญญพิสิฎฐ์. 2552. **โรคระบบทางเดินอาหาร**. Siriraj E-Public Library. จาก *http://www.si.mahidol.ac.th/sidoctor/e-pl/articledetail.asp?id=362* [22 มิถุนายน 2552].

สุภเวท มานิยม และพัชรีย์ พัฒนากุล. 2550. ไส้กรอก. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 327 น.

Andres, S.C., M.E. Garcia., N.E. Zaritzky and A.N. Califano. 2006. Storage stability of low-fat chicken sausages. **Journal of Food Engineering**. 72: 311-319.

A.O.A.C. 2000. **Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed. Washington, D.C. Association of Official Analytical Chemists.

Coudray, C. J. Bellanger, C. Castiglia-Delavaud, C. Remesy, M. Vermorel and Y. Rayssiguier. 1997. Effect of soluble or partly fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. **European Journal of Clinical Nutrition**. 51:375-380.

Debon. J., E. Prudencio and J.C.C. Petrus. 2010. Rheological and physico-chemical characterization of probiotic microfiltered fermented milk. **Journal of Food Engineering**. Available from *www.sciencedirect.com* [16 February 2010].

Devereux, H.M., G.P. Jones., L. McCormack and W.C. Hunter. 2003. Consumer Acceptability of low fat foods containing inulin and oilgofructose. **Journal of Food Science**. 68: 1850-1854.

Franck, A. 2006. Inulin. *In:* Stephen A.M., G.O. Phillips and P.A. William (eds.) **Food Polysaccharides and Their Applications**. 2nd ed. Taylor and Francis Group, New York. pp.335-352.

Izzo, M. and A. Franck. 1999. Nutritional and health benefits of inulin and oilgofructose conference. **Trends in Food Science and Technology**. 9: 255-257. อ้างโดย สาโรช สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. จาก www.*gotoknow.org/blog/keitipoom/141194*

Garcia, M.A., C. Ferrero, N. Bertola, M. Martino and N. E. Zaritzky. 2002. Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 3: 391-397.

Guggisberg, D., J. Cuthbert-Steven., P. Piccinali., U. Butikofer and P. Eberhard. 2009. Rheologcial microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition. **International Dairy Journal**. 19: 107-115.

Haissa, R.C., F.C.A. Buriti., I.A. Castro and S.M.I. Saad. 2008. Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially symbiotic *petit-suisse* chesses. **LWT-Food science and Technology**. 41: 1037-1046

Mendoza, E., M.L. Garcia, C. Casas and M.D. Selgas. 2001. Inulin as fat substitute in low fat, dry Fermented sausages. **Meat Science**. 57: 387-393.

Munsombat, P. and W. Daengprok. 2009. The effect of inulin addition on Nham fermentation processes. p.257. *In* **Abstracts: The 35th Congress on Science and Technology of Thailand (STT35).** October 15-17, 2009. Venue: The Tide Resort (Bangsan Beach), Chonburi, Thailand.

Niness, K.R. 1999. Inulin and oilgofructose: what are they?. **Journal of Nutrition**. 129: 1402-1406.

Williams. C.M. 1999. Effects of inulin on lipid parameters in humans. Journal of Nutrition. 129: 1472-1473. *อ้างโดย* วิจิตรา แดงปรก. 2553. การใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไขมันต่ำ. **อาหาร**. 40(1): 37-40.

การเตรียมใยอาหารกลุ่มไม่ละลายน้ำเพื่อใช้ผสมในโยเกิร์ต

Preparation of Insoluble Fiber for Incorporating in Yogurt

ณัฐกานต์ เกียรติเมธา[1*] ธารารัตน์ ชือตอฟ[1] สกุณณี บวรสมบัติ[2] และสิทธิสิน บวรสมบัติ[1]

Nattakarn Kiattimeta[1*], Tararat Chitov[1], Sakunnee Bovonsombut[2] and Sittisin Bovonsombut[1]

[1]คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[1]Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Department of Biology, Faculty of science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: nattakarn_get@hotmail.com

บทคัดย่อ

เตรียมใยอาหารกลุ่มที่ไม่ละลายน้ำจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ วุ้นน้ำมะพร้าว กากมะพร้าว กล้วยดิบ แครอท และฟักทอง โดยการอบแห้งจนกระทั่งความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 จากนั้นตีป่นให้เป็นผง พบว่า วุ้นน้ำมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°ซ จะให้ผงที่มีขนาดเล็ก เช่นเดียวกับกล้วยดิบ แครอท และฟักทอง อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ ในขณะที่กากมะพร้าวอบแห้งจะให้ผงที่มีขนาดปานกลางเท่านั้นและมีกลิ่นหืนซึ่งไม่สามารถใช้ผสมในโยเกิร์ตได้ ผงวุ้นน้ำมะพร้าวสามารถใช้เติมลงในโยเกิร์ตได้ในปริมาณร้อยละ 0-4.5 โดยไม่ทำให้ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตแตกต่างไปจากเดิม

คำสำคัญ: โยเกิร์ต ใยอาหาร อบแห้ง อาหารผง เนื้อสัมผัส

Abstract

To prepare 5 types of insoluble fibers, Nata de coco, pressed coconut pulp, raw banana, carrot and pumpkin were dried by hot air oven until their moisture content less than 5% and subsequently grinded into fine powder. It was found that Nata de coco dried at 70°C gave a good yield with small particle size similarly to raw banana, carrot and pumpkin dried at 60°C, whereas dehydrated coconut pulp released rancid odor and presented medium size particle. Overall Nata de coco powder at the level of 0-4.5% was suitable for the addition into yogurt without changing appearance and texture from the control.

Keywords: yogurt, dietary fiber, drying, food powder, texture

คำนำ

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมชนิดหนึ่งซึ่งเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย เพราะนอกเหนือจากผู้บริโภคจะได้รับประโยชน์จากสารอาหารหลายชนิดที่อยู่ในน้ำนมแล้ว แบคทีเรียแลคติคในโยเกิร์ตยังมีบทบาทที่สำคัญต่อการรักษาสุขภาพของผู้บริโภคอีกด้วย โยเกิร์ตที่วางจำหน่ายทั่วไปมีหลายรูปแบบ เช่น โยเกิร์ตไขมันต่ำ (low fat yogurt) โยเกิร์ตโพรไบโอติก (probiotic yogurt) โยเกิร์ตพร้อมดื่ม (drinkable yogurt) มูสโยเกิร์ต (yogurt mousse) และไอศกรีมโยเกิร์ต (yogurt ice-cream) เป็นต้น คุณลักษณะของโยเกิร์ตที่ได้รับการพัฒนากันอย่างต่อเนื่องมีอยู่ด้วยกันสองประการคือ รสชาติและความมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Tamine and Robinson, 1985)

ใยอาหารมีคุณค่าต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยปริมาณของใยอาหารที่ควรบริโภคในแต่ละวัน (daily intake) สำหรับผู้ใหญ่ คือ 25-30 กรัมต่อวัน (Labell, 1990) โดยส่วนประกอบหลักของใยอาหารจะได้มาจากเซลล์ของผัก ผลไม้ และธัญพืช ซึ่งประกอบไปด้วย โพลีแซคคาไรด์ และลิกนิน ใยอาหารมีทั้งแบบที่ละลายน้ำ (soluble fiber) และไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) ประโยชน์ของใยอาหารที่มีต่อร่างกายมีอยู่ด้วยกันหลายประการ เช่น ช่วยควบคุมน้ำหนักตัว ช่วยในเรื่องการขับถ่าย ลดไขมันอุดตันในเส้นเลือด ลดการเกิดโรคเบาหวาน และลดการเกิดมะเร็งลำไส้ เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาชนิดของใยอาหารกลุ่มที่ไม่ละลายน้ำและวิธีการเตรียม เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบสำหรับเสริมคุณค่างทางโภชนาการให้แก่โยเกิร์ต

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ

การทำวุ้นน้ำมะพร้าว กากมะพร้าว กล้วยดิบ แครอท และฟักทอง ให้เป็นผงแห้งที่มีขนาดเล็ก โดยนำวุ้นน้ำมะพร้าวที่บรรจุในน้ำเชื่อมน้ำหนัก 3,000 กรัม แช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนกากมะพร้าวที่ได้จากการคั้นกะทิชั่ง 500 กรัม แล้วนำวัสดุทั้งสองไปอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 70, 80 และ 90°ซ จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 จากนั้นตีป่นด้วยเครื่องปั่นผสม ร่อนผ่านชุดตะแกรง ส่วนกล้วยดิบ แครอท และฟักทอง นำมาปลอกเปลือกแล้วหั่นฝอย ชั่งให้ได้น้ำหนักตัวอย่างละ 3,000 กรัม อบให้แห้งในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60, 65 และ 70°ซ จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 6 ตีป่นด้วยเครื่องปั่นผสม ร่อนผ่านชุดตะแกรงร่อน (retsch) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1995) ขนาดและปริมาณของอนุภาค โดยกำหนดให้ขนาดอนุภาค >250 - >425, >106 - >180 และ <38 - >75 µm เป็นอนุภาคขนาดใหญ่ กลาง และเล็กตามลำดับ และวัดค่าสีของอนุภาคภายหลังการตีป่นโดยระบบ Hunter (Juki Model JC 801) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การเติมใยอาหารในโยเกิร์ต

เติมใยอาหารที่ได้ลงในโยเกิร์ตพร้อมบริโภครสธรรมชาติในปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 และ 4.5 ผสมทั้งหมดให้เข้ากัน วิเคราะห์ความหนืด (Brookfield model DV-III) ปริมาณน้ำอิสระ (Aqua lab series 3 TE) ค่าสี (Juki model JC 801) เนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการทดลอง

Table 1 การอบแห้งวุ้นน้ำมะพร้าวที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90°ซ พบว่า อุณหภูมิในการอบแห้งดังกล่าว ทำให้ชิ้นวุ้นน้ำมะพร้าวกลายเป็นแผ่นวุ้นแห้งที่มีความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 2.38, 2.70 และ 2.58 ตามลำดับ มีค่า L* (ความสว่าง) เท่ากับ 57.43, 55.50 และ 53.31 ตามลำดับ ค่า a* (แดง-เขียว) เท่ากับ 5.51, 6.04 และ 9.15 ตามลำดับ และค่า b* (เหลือง-น้ำเงิน) เท่ากับ 11.09, 14.04 และ 20.96 ตามลำดับ แผ่นวุ้นแห้งที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อน แต่สีจะเข้มขึ้นถ้าอบที่อุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อนำแผ่นวุ้นแห้งไปตีป่น แล้วนำไปร่อนจะได้อนุภาควุ้นที่มีขนาดและปริมาณแตกต่างกัน ขนาดของอนุภาคที่ได้จะอยู่ในช่วง <38 - >425 µm การอบที่อุณหภูมิ 70°ซ จะให้อนุภาคขนาดเล็กปริมาณมากที่สุด คือ ร้อยละ 24.38 ในขณะที่อุณหภูมิที่ 80 และ 90°ซ จะให้อนุภาคขนาดเล็กในปริมาณที่น้อยกว่า

การอบแห้งกากมะพร้าวที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90°ซ ได้ผลดัง Table 2 พบว่า อุณหภูมิในการอบแห้งดังกล่าว ทำให้กากมะพร้าวมีความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 2.13, 2.35 และ 2.08 ตามลำดับ มีค่า L* เท่ากับ 78.74, 77.86 และ 75.21 ค่า a* เท่ากับ 6.21, 4.34 และ 3.09 ตามลำดับ และค่า b* เท่ากับ 1.86, 2.93 และ 4.62 ตามลำดับ กากมะพร้าวที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อนปะปนด้วยอนุภาคสีคล้ำกระจายตัวอยู่ทั่วไป อนุภาคดังกล่าวเกิดจากเศษเยื่อกะลามะพร้าวที่ติดมาพร้อมกับวัตถุดิบ แต่อย่างไรก็ตามสีของกากมะพร้าวอบแห้งจะเข้มขึ้นไปตามอุณหภูมิที่ใช้อบ นอกจากนั้นยังมีกลิ่นหืน เมื่อนำกากมะพร้าวแห้งไปตีป่น แล้วนำไปร่อนจะได้อนุภาคที่มีขนาดและปริมาณแตกต่างกัน ขนาดของอนุภาคที่ได้อยู่ในช่วง >106 - >425 µm การอบที่อุณหภูมิ 70°ซ จะให้อนุภาคขนาดกลางปริมาณมากที่สุด คือ ร้อยละ 15.34 ในขณะที่อุณหภูมิที่ 80 และ 90°ซ จะให้อนุภาคขนาดกลางในปริมาณที่น้อยกว่า นอกจากนี้ไม่พบอนุภาคขนาดเล็กในทุกอุณหภูมิที่ทดลอง

การอบแห้งกล้วยดิบที่อุณหภูมิ 60, 65 และ 70°ซ ได้ผลดัง Table 3 พบว่า อุณหภูมิในการอบแห้งดังกล่าว ทำให้กล้วยดิบมีความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 4.84, 4.28 และ 3.67 ตามลำดับ มีค่า L* เท่ากับ 80.96, 80.24 และ 81.25 ค่า a* เท่ากับ 8.21, 7.60 และ 7.86 ตามลำดับ และค่า b* เท่ากับ 7.48, 6.02 และ 6.72 ตามลำดับ เมื่อนำกล้วยดิบแห้งไปตีป่น แล้วนำไปร่อนจะได้อนุภาคที่มีขนาดและปริมาณแตกต่างกัน ขนาดของอนุภาคที่ได้จะอยู่ในช่วง <38 - >425 µm

การอบแห้งแครอทที่อุณหภูมิ 60, 65 และ 70°ซ ได้ผลดัง Table 4 พบว่า อุณหภูมิในการอบแห้งดังกล่าว ทำให้แครอทมีความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 4.50, 4.29 และ 4.19 ตามลำดับ มีค่า L* เท่ากับ 76.63, 73.38 และ 70.92 ค่า a* เท่ากับ 13.67, 17.93 และ 15.12 ตามลำดับ และค่า b* เท่ากับ 17.90, 26.71 และ 25.94 ตามลำดับ เมื่อนำแครอทแห้งไปตีป่น แล้วนำไปร่อนจะได้อนุภาคที่มีขนาดและปริมาณแตกต่างกัน ขนาดของอนุภาคที่ได้จะอยู่ในช่วง 38 - >425 µm

การอบแห้งฟักทองที่อุณหภูมิ 60, 65 และ 70°ซ ได้ผลดัง Table 5 พบว่า อุณหภูมิในการอบแห้งดังกล่าว ทำให้ฟักทองมีความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 4.71, 4.61 และ 4.26 ตามลำดับ มีค่า L* เท่ากับ 73.26, 72.58 และ 66.63 ค่า a* เท่ากับ 11.05, 12.52 และ 13.38 ตามลำดับ และค่า b* เท่ากับ 18.12, 24.88 และ 22.44 ตามลำดับ เมื่อนำฟักทองแห้งไปตีป่น แล้วนำไปร่อนจะได้อนุภาคที่มีขนาดและปริมาณแตกต่างกัน ขนาดของอนุภาคที่ได้จะอยู่ในช่วง 38 - >425 µm

จากการศึกษาการเติมผงวุ้นน้ำมะพร้าวในโยเกิร์ตรสธรรมชาติพร้อมบริโภค ได้ผลดัง Table 6 พบว่า การเติมผงวุ้นน้ำมะพร้าวในปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 และ 4.5 โยเกิร์ตที่ได้มีค่า L* เท่ากับ 86.48, 85.23, 84.52, 84.62, 84.30 และ 84.35 ตามลำดับ ค่า a* เท่ากับ 2.15, 2.00, 2.05, 1.99, 2.01 และ 1.93 ตามลำดับ และค่า b* เท่ากับ 5.84, 4.18, 4.41, 4.86, 5.70 และ 6.18 ตามลำดับ ซึ่งการเติมผงวุ้นน้ำมะพร้าวลงไปในปริมาณที่แตกต่างกัน ไม่ทำให้สีของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงจนสังเกตได้ เช่นเดียวกับ a_w ที่มีค่าเท่ากับ 0.99 แต่ค่าความหนืดกลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามปริมาณของผงวุ้นน้ำมะพร้าวที่เติม คือ 1,912.67, 1,955.22, 2,023.67, 2,016.56, 2,168.44 และ 2,173.11 เซ็นติพอยส์ (cp) เนื้อสัมผัสที่ได้จากการเติมผงวุ้นน้ำมะพร้าวลงไปยังคงเป็นปกติ ไม่หยาบ และไม่ขันขึ้น

จากการศึกษาการเติมผงกล้วยดิบในโยเกิร์ตรสธรรมชาติพร้อมบริโภค ได้ผลดัง Table 7 พบว่า การเติมผงกล้วยดิบในปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 และ 4.5 โยเกิร์ตที่ได้มีค่า L* เท่ากับ 85.40, 84.64, 84.01, 82.99, 82.03 และ 81.46 ตามลำดับ ค่า a* เท่ากับ 1.97, 2.30, 3.05, 3.58, 3.82 และ 4.38 ตามลำดับ และค่า b* เท่ากับ 7.00, 6.72, 7.08, 7.11, 6.97 และ 7.86 ตามลำดับ ซึ่งการเติมผงกล้วยดิบลงไปในปริมาณที่แตกต่างกัน ไม่ทำให้สีของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงจนสังเกตได้ เช่นเดียวกับ a_w ที่มีค่าเท่ากับ 0.99 แต่ค่าความหนืดกลับเพิ่มขึ้นตามปริมาณของผงกล้วยดิบที่เติม คือ 1,887.30, 2,071.00, 2,210.30, 2,274.30, 2,305.70 และ 2,385.30 เซ็นติพอยส์ ส่วนเนื้อสัมผัสจากการเติมผงกล้วยดิบลงไปปริมาณร้อยละ 0 และ 0.5 เป็นปกติ การเติมผงกล้วยดิบลงไปปริมาณร้อยละ 1.5, 2.5 และ 3.5 จะหยาบน้อยมาก การเติมผงกล้วยดิบลงไปปริมาณร้อยละ 4.5 จะหยาบมาก ลักษณะที่ปรากฏจากการเติมผงกล้วยดิบลงไปเนื้อโยเกิร์ตจะไม่ข้น

จากการศึกษาการเติมผงแครอทในโยเกิร์ตพร้อมบริโภครสธรรมชาติ ได้ผลดัง Table 8 พบว่า การเติมผงแครอทในปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 และ 4.5 โยเกิร์ตที่ได้มีค่า L* เท่ากับ 85.37, 84.10, 81.61, 79.84, 77.22 และ 76.13 ตามลำดับ ค่า a* เท่ากับ 1.98, 4.35, 6.52, 8.58, 10.41 และ 12.14 ตามลำดับ และค่า b* เท่ากับ 6.87, 9.05, 12.47, 15.52, 19.35 และ 21.32 ตามลำดับ ซึ่งการเติมผงแครอทลงไปในปริมาณที่แตกต่างกัน สีของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงจนสังเกตได้ เช่นเดียวกับ a_w ที่มีค่าเท่ากับ 0.99 แต่ค่าความหนืดกลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามปริมาณของผงแครอทที่เติม คือ 1,879.70, 2,029.30, 2,137.30, 2,174.70, 2,241.70 และ 2,292.30 เซ็นติพอยส์ ส่วนเนื้อสัมผัสจากการเติมผงแครอทลงไปปริมาณร้อยละ 0 และ 0.5 เป็นปกติ การเติมผงแครอทลงไปปริมาณร้อยละ 1.5 จะหยาบปานกลาง การเติมผงแครอทลงไปปริมาณ ร้อยละ 2.5, 3.5 และ 4.5 จะหยาบมาก ลักษณะที่ปรากฏจากการเติมผงแครอทลงไปเนื้อโยเกิร์ตจะไม่ข้น

จากการศึกษาการเติมผงฟักทองในโยเกิร์ตพร้อมบริโภครสธรรมชาติ ได้ผลดัง Table 9 พบว่า การเติมผงฟักทองในปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 และ 4.5 โยเกิร์ตที่ได้มีค่า L* เท่ากับ 85.07,

83.26, 80.62, 78.73, 76.53 และ 75.14 ตามลำดับ ค่า a* เท่ากับ 1.87, 3.24, 5.07, 6.06, 7.22 และ 7.84 ตามลำดับ และค่า b* เท่ากับ 6.48, 10.37, 15.58, 18.39, 21.47 และ 23.74 ตามลำดับ ซึ่งการเติมผงฟักทองลงไปในปริมาณที่แตกต่างกัน สีของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงจนสังเกตได้ เช่นเดียวกับ a_w ที่มีค่าเท่ากับ 0.98, 0.98, 0.98, 0.98, 0.99 และ 0.98 แต่ค่าความหนืดกลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามปริมาณของผงฟักทองที่เติม คือ 1,898.30, 1,945.30, 2,002.30, 2,189.30, 2,269.30 และ 2,301.70 เซ็นติพอยส์ ส่วนเนื้อสัมผัสจากการเติมผงฟักทองลงไปปริมาณร้อยละ 0 และ 0.5 เป็นปกติ การเติมผงฟักทองลงไปปริมาณร้อยละ 1.5, 2.5, 3.5 และ 4.5 จะหยาบน้อยมากหยาบ ลักษณะที่ปรากฏจากการเติมผงฟักทองลงไปเนื้อโยเกิร์ตจะไม่ข้น

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

การเตรียมใยอาหารชนิดไม่ละลายได้แก่ วุ้นน้ำมะพร้าว กากมะพร้าว กล้วยดิบ แครอท และฟักทอง พบว่า อุณหภูมิที่เหมะสมในการอบแห้งวุ้นน้ำมะพร้าวและกากมะพร้าวคือ 70°ซ ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้จะมีความชื้น <3% ซึ่งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน แต่สีของผลิตภัณฑ์จะเข้มขึ้นซึ่งแปรผันตามอุณหภูมิที่ใช้ ค่า L* ที่ได้จะอยู่ในช่วง 5.31-57.43 โดยอุณหภูมิที่ 90°ซ จะให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มอย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งส่วนหนึ่งอาจมาจากปริมาณน้ำตาลบางส่วนที่อาจหลงเหลืออยู่ในวุ้นน้ำมะพร้าว เมื่อถูกความร้อนเป็นระยะเวลานานจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ ในขณะที่สีของกากมะพร้าวอบแห้งสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ยากกว่า เนื่องจากมีสีของเยื่อกะลามะพร้าวปนอยู่ อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งทุกระดับทำให้กากมะพร้าวมีกลิ่นหืน เนื่องจากความร้อนเป็นปัจจัยที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นหืนของไขมันที่ยังคงติดค้างอยู่ในกากมะพร้าว เมื่อนำวุ้นน้ำมะพร้าวแห้งและกากมะพร้าวแห้งมาตีป่นให้เป็นผงจะได้อนุภาคขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ และขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ตามลำดับ

สำหรับกล้วยดิบ แครอท และฟักทอง พบว่า อุณหภูมิที่เหมะสมในการอบแห้งที่ 60°ซ ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้จะมีความชื้น <5% ซึ่งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน ผงกล้วยดิบที่ได้มีสีคล้ำกว่าผงแครอทและผงฟักทอง ซึ่งสังเกตได้จากค่า a* และ b* ของผงกล้วยดิบที่มีค่ามากกว่าของแครอทและฟักทอง ทั้งนี้เนื่องจากกล้วยดิบมีแป้งและน้ำตาลเป็นองค์ประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ง่าย นอกจากนี้แล้วสีของวัตถุดิบทั้งสองชนิดหลังยังช่วยปกปิดสีที่คล้ำลงของผลิตภัณฑ์อบแห้งได้อีกทางหนึ่ง เมื่อนำมาตีป่นให้เป็นผงจะได้อนุภาคขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่สำหรับวัตถุดิบทั้งสามชนิด แต่มีปริมาณของอนุภาคที่มีขนาดแตกต่างกัน คือ ได้ปริมาณอนุภาคขนาดเล็ก ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่มากที่สุด ตามลำดับ

เมื่อนำผงวุ้นน้ำมะพร้าว กล้วยดิบ แครอท และฟักทอง ยกเว้นกากมะพร้าว มาเติมลงในโยเกิร์ตพร้อมบริโภครสธรรมชาติ ปริมาณร้อยละ 0-4.5 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) พบว่า ผงวุ้นน้ำมะพร้าวจะให้โยเกิร์ตที่มีลักษณะใกล้เคียงกับโยเกิร์ตชุดควบคุม (ความเข้มข้นร้อยละ 0) มากที่สุดในทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้ โดยไม่ทำให้ค่าสี ค่า a_w ค่าความหนืด และเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไปมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ผงกล้วยดิบ แครอท และฟักทอง

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. **เคมีอาหาร**. โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ. 504 น.

วรภัทร โตชนะเกษม. 2536. นมเปรี้ยว: การขยายตัวการแข่งขันเข้มข้น. **วารสารสรุปข่าวธุรกิจ.** 24: 3-6.

Dello, S.M., N. Bertola, M. Martino and Y.A. Bevilacqua. 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. **Int. Dairy J**. 14: 263-268.

Kalantzopoulos, G. 1997. Fermented products with probiotic qualities. **Anaerobe**. 3: 185-190.

Labell, F. 1990. Designer food in cancer prevention. **Food Process**. 51: 23-32.

Tamime, A.Y. and R.K. Robinson. 1985. **Yoghurt Science and Technology**. Pergamon Press, Oxford: U.K.

Table 1 Physical properties of Nata de coco powder

Temperature	Moisture content	Color			Particle size (%)		
(°C)	(%)	L*	a*	b*	large	medium	small
70	2.38±0.01	57.43±0.37	5.51±0.03	11.09±0.03	44.34	31.28	24.38
80	2.70±0.02	55.50±0.27	6.04±0.14	14.04±0.06	53.51	29.67	16.82
90	2.58±0.03	53.31±0.10	9.15±0.03	20.96±0.18	48.78	37.32	13.90

Table 2 Physical properties of pressed coconut pulp powder

Temperature	Moisture content	Color			Particle size (%)		
(°C)	(%)	L*	a*	b*	large	medium	small
70	2.13±0.02	78.74±0.17	6.21±0.11	1.86±0.11	84.66	15.34	-
80	2.35±0.07	77.86±0.09	4.34±0.21	2.93±0.12	99.84	0.16	-
90	2.08±0.01	75.21±0.25	3.09±0.50	4.62±0.07	99.282	0.718	-

Table 3 Physical properties of raw banana powder

Temperature	Moisture content	Color			Particle size (%)		
(°C)	(%)	L*	a*	b*	large	medium	small
60	4.84±0.04	80.96±0.18	8.21±0.31	7.48±0.17	37.09	19.84	43.07
65	4.28±0.03	80.24±0.19	7.60±0.17	6.02±0.37	31.65	20.54	47.81
70	3.67±0.03	81.25±0.30	7.86±0.22	6.72±0.51	25.65	30.62	43.73

Table 4 Physical properties of carrot powder

Temperature (°C)	Moisture content (%)	Color			Particle size (%)		
		L*	a*	b*	large	medium	small
60	4.50±0.03	76.63±0.28	13.67±0.38	17.90±0.85	51.46	26.43	22.11
65	4.29±0.02	73.38±0.53	17.93±0.52	26.71±0.63	63.88	32.08	4.04
70	4.19±0.03	70.92±0.51	15.12±0.34	25.94±0.81	63.03	27.33	9.49

Table 5 Physical properties of pumpkin powder

Temperature (°C)	Moisture content (%)	Color			Particle size (%)		
		L*	a*	b*	large	medium	small
60	4.71±0.02	73.26±0.50	11.05±0.46	18.12±0.71	61.86	24.75	13.39
65	4.61±0.02	72.58±0.42	12.52±0.17	24.88±0.30	58.20	33.00	8.80
70	4.26±0.03	66.63±0.53	13.38±0.30	22.44±0.62	70.76	19.84	9.39

Table 6 Physical properties of yogurt fortified with Nata de coco powder

Level of nata de coco powder (%)	Color			a_w	Viscosity (cP)	Texture
	L*	a*	b*			
0	86.48±0.04	2.15±0.22	5.84±0.69	0.99±0.00	1,912.67±34.18	smooth
0.5	85.23±0.15	2.00±0.19	4.18±0.47	0.99±0.00	1,955.22±26.12	smooth
1.5	84.52±0.12	2.05±0.10	4.41±0.28	0.99±0.00	2,023.67±16.90	smooth
2.5	84.62±0.26	1.99±0.07	4.86±0.35	0.99±0.00	2,016.56±316.17	smooth
3.5	84.30±0.02	2.01±0.05	5.70±0.01	0.99±0.00	2,168.44±22.75	smooth
4.5	84.35±0.12	1.93±0.17	6.18±0.15	0.99±0.00	2,173.11±30.66	smooth

Table 7 Physical properties of yogurt fortified with raw banana powder

Level of raw banana powder (%)	Color			a_w	Viscosity (cP)	Texture
	L*	a*	b*			
0	85.40±0.23	1.97±0.22	7.00±0.41	0.99±0.00	1,887.30±20.60	smooth
0.5	84.64±0.29	2.30±0.26	6.72±0.52	0.99±0.00	2,071.00±90.27	smooth
1.5	84.01±0.13	3.05±0.12	7.08±0.24	0.99±0.00	2,210.30±16.26	less rough
2.5	82.99±0.20	3.58±0.31	7.11±0.34	0.99±0.00	2,274.30±37.81	less rough
3.5	82.03±0.36	3.82±0.27	6.97±0.50	0.99±0.00	2,305.70±5.86	less rough
4.5	81.46±0.13	4.38±0.28	7.86±0.20	0.99±0.00	2,385.30±26.63	rough

Table 8 Physical properties of yogurt fortified with carrot powder

Level of carrot powder (%)	Color			a_w	Viscosity (cP)	Texture
	L*	a*	b*			
0	85.37±0.36	1.98±0.23	6.87±0.54	0.99±0.00	1,879.70±41.40	smooth
0.5	84.10±0.11	4.35±0.18	9.05±0.26	0.99±0.00	2,029.30±27.43	smooth
1.5	81.61±0.14	6.52±0.25	12.47±0.23	0.99±0.00	2,137.30±40.05	medium rough
2.5	79.84±0.05	8.58±0.31	15.52±0.19	0.99±0.00	2,174.70±31.53	rough
3.5	77.22±0.08	10.41±0.32	19.35±0.12	0.99±0.00	2,241.70±45.65	rough
4.5	76.13±0.32	12.14±0.22	21.32±0.37	0.99±0.00	2,292.30±12.66	rough

Table 9 Physical properties of yogurt fortified with pumpkin powder

Level of pumpkin powder (%)	Color			a_w	Viscosity (cP)	Texture
	L*	a*	b*			
0	85.07±0.33	1.87±0.08	6.48±0.47	0.98±0.00	1,898.30±56.08	smooth
0.5	83.26±0.32	3.24±0.25	10.37±0.51	0.98±0.00	1,945.30±87.37	smooth
1.5	80.62±0.16	5.07±0.37	15.58±0.30	0.98±0.00	2,002.30±124.34	less rough
2.5	78.73±0.14	6.06±0.19	18.39±0.23	0.98±0.00	2,189.30±25.70	less rough
3.5	76.53±0.24	7.22±0.26	21.47±0.09	0.99±0.00	2,269.30±12.86	less rough
4.5	75.14±0.09	7.84±0.21	23.74±0.19	0.98±0.00	2,301.70±14.50	less rough

การใช้รำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ

Defatted Rice Bran as Filler in Natural Rubber

ดริญญา มูลชัย

Darinya Moonchai

หลักสูตรวัสดุศาสตร์ (อุตสาหกรรมการยาง) คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Materials Science (Rubber Industry), Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

Corresponding author: darinya@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้รำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติต่อสมบัติการคงรูป การบวมพอง และสมบัติเชิงกล โดยแปรปริมาณรำสกัดน้ำมันในช่วง 0-50 phr ผลที่ได้ พบว่า การเพิ่มปริมาณรำสกัดน้ำมันในยางธรรมชาติจะทำให้เวลาในการสกอชและคงรูปของยางลดลง สมบัติความต้านทานแรงดึง ความต้านทานการฉีกขาด และการกระเด้งกระดอนมีค่าลดลง ส่วนความแข็ง มอดูลัส ความต้านทานการสึกหรอ ค่าการเสียรูปหลังการกดอัดมีค่าเพิ่มขึ้น และยางธรรมชาติผสมรำสกัดน้ำมันมีความต้านทานต่อการบวมพองดีขึ้น

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ รำสกัดน้ำมัน สมบัติเชิงกล

Abstract

Curing characteristics, swelling behavior and mechanical properties of rice bran filled natural rubber were studied. Defatted rice bran content was varied at 0-50 phr. The results indicated that scorch time and cure time of natural rubber decreased with increasing filler content. Swelling, tensile strength, tear strength and rebound resilience also decreased with increasing filler content. Hardness, modulus, abrasion resistance and compression set increased with increasing filler content.

Keywords: natural rubber, defatted rice bran, mechanical properties

คำนำ

ปัจจุบันมีการศึกษาการนำวัสดุทางธรรมชาติมาใช้เป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติมากขึ้น เช่น ผงไม้ (wood flour) แป้ง (starch) ชนิดต่างๆ และเส้นใย (fiber) เป็นต้น เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีข้อดี คือ สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ นอกจากวัสดุทางธรรมชาติที่กล่าวมาข้างต้นยังมีวัสดุที่น่าสนใจอีกชนิดหนึ่ง คือ รำสกัดน้ำมันซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตข้าวในประเทศไทย และยังเป็นวัสดุที่มีส่วนประกอบของพอลิเมอร์ธรรมชาติหลายชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เส้นใย เป็นต้น กระบวนการแปรรูปข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสารซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวหลักที่มีการซื้อขายเพื่อบริโภคเป็นอาหารหลักของประชากรกว่าครึ่งโลกนั้น จะมีผลพลอยได้จากการแปรรูป คือ ข้าวหัก ปลายข้าว รำข้าว และแกลบ ในปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของโรงสีข้าวซึ่งโดยทั่วไปจะได้เป็นต้นข้าวสาร (head rice) ประมาณ 48 เปอร์เซ็นต์ ปลายข้าว 17 เปอร์เซ็นต์ รำดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ และแกลบ 25 เปอร์เซ็นต์ ถ้าเป็นโรงสีข้าวขนาดใหญ่จะมีจำนวนผลผลิตจากผลพลอยได้ดังกล่าวจำนวนมาก (อรอนงค์, 2547) รำสกัดน้ำมันเป็นผลพลอยได้จากการนำรำละเอียดไปสกัดเอาน้ำมันออกโดยวิธีทางเคมี น้ำมันรำที่ได้ปัจจุบันนิยมนำมาบริโภค ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารเสริม เครื่องสำอางค์และผลิตภัณฑ์สปา ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันรำข้าวเป็นแหล่งที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) สูงถึงประมาณ 80-85 เปอร์เซ็นต์ (วิทธวัช และคณะ, 2545) และยังมีสารป้องกันการออกซิไดซ์ในปริมาณที่สูง จึงทำให้ในปัจจุบันอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันจากรำข้าวได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภค และในขบวนการสกัดน้ำมันดังกล่าวจึงก่อให้เกิดผลพลอยได้ คือ รำสกัดน้ำมันสูงขึ้นตามไปด้วย ประเทศไทยมีบริษัทผู้ผลิตน้ำมันรำข้าวดิบและรำสกัดน้ำมันมีกำลังการใช้วัตถุดิบรำข้าวมากกว่า 200,000 ตันต่อปี ซึ่งรำละเอียด 1,000 กิโลกรัม เมื่อนำมาสกัดน้ำมันจะได้น้ำมัน 135 กิโลกรัม ได้รำสกัดน้ำมัน 787 กิโลกรัม และสูญเสียไปในรูปของความชื้น 78 กิโลกรัม จะเห็นว่าปริมาณรำสกัดน้ำมันที่ผลิตได้ในประเทศมีปริมาณมาก ปัจจุบันมีการนำรำสกัดน้ำมันมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ได้แต่ไม่เป็นที่นิยมเท่าการใช้รำดิบ เนื่องจากรำสกัดน้ำมันให้ระดับพลังงานต่ำกว่ารำดิบ (1,890 เทียบกับ 2,710 kcal/kg) (วิทธวัช และคณะ, 2545) รำสกัดน้ำมันประกอบด้วยไขมันน้อยมาก ทำให้สามารถเก็บได้นานขึ้น ลดปัญหาการเหม็นหืน และประกอบไปด้วยเส้นใยในระดับสูง งานวิจัยนี้จึงมีการใช้ประโยชน์จากรำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติมสำหรับยางธรรมชาติโดยนำรำสกัดน้ำมันมาผสมเข้ากับยางธรรมชาติที่ปริมาณต่างๆ และศึกษาสมบัติเชิงกลทั้งก่อนและหลังการบ่มเร่ง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางธรรมชาติผสมรำสกัดน้ำมัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมยางผสมสารเคมี

นำยางธรรมชาติ STR 5L มาบดในเครื่องผสมแบบปิดที่อุณหภูมิ 80°ซ เป็นเวลา 4 นาที ก่อนผสมสารเคมีต่างๆ ตามสูตรที่กำหนดใน Table 1 แล้วจึงเติมสารทำให้ยางคงรูป (sulphur) เป็นลำดับสุดท้ายบนเครื่องผสมแบบเปิด (two-roll mill) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นรีดเป็นแผ่น นำยางคอมปาวด์เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบสมบัติการคงรูป และขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดยางด้วยความดันที่อุณหภูมิ 150°ซ ก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ

Table 1 Compound formulation

Ingredients	Phr
Natural rubber	100
Sulphur	2.5
Stearic acid	2
ZnO	4
MBTS	1
TMTD	0.5
CPL	1
Defatted rice bran (150 mesh)	0-50

การทดสอบสมบัติต่าง ๆ

การทดสอบสมบัติการคงรูป

ทดสอบหาเวลาที่ยางเริ่มคงรูป (t_s) เวลาในการคงรูป (t_{90}) ค่าทอร์กต่ำสุด (ML) และค่าทอร์กสูงสุด ด้วยเครื่อง Moving Die Rheometer (MDR) ที่อุณหภูมิ 150°ซ

การทดสอบสมบัติเชิงกล

ทดสอบสมบัติต่างๆดังนี้

- ทดสอบแรงดึง (tensile test) โดยใช้เครื่องวัดแรงดึงเอนกประสงค์ (universal testing machine) ตามมาตรฐาน ISO 37-1

- ทดสอบความต้านทานการฉีกขาด (tear strength) ใช้เครื่องเดียวกันกับการทดสอบความต้านทานแรงดึง แต่เตรียมชิ้นทดสอบแบบมุม (angle test piece) ที่ตัดเป็นมุม 90 องศา ตามมาตรฐาน ISO 34-1

- การทดสอบความแข็ง (hardness) โดยใช้เครื่อง Durometer hardness (shore A) ตามมาตรฐาน ASTM 2240-97

- การทดสอบการเสียรูปเนื่องจากการกดอัด (compression set) ขึ้นรูปชิ้นทดสอบเป็นทรงกระบอก หนา 1.3 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2.9 เซนติเมตร ทดสอบโดยใช้มาตรฐาน ASTM D 395-89

- การทดสอบความต้านทานการสึกหรอ (abrasion resistance) ทดสอบตามมาตรฐาน DIN 53516 โดยใช้ชิ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร และหนาอย่างน้อย 8 มิลลิเมตร

- การทดสอบการกระเด้งกระดอน (rebound resilience) ทดสอบโดยใช้มาตรฐาน ASTM D 1054 (Pendulum) ขึ้นรูปชิ้นทดสอบเป็นทรงกระบอก หนา 1.3 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2.9 เซนติเมตร

การทดสอบการบวมพอง (swelling behavior)

นำตัวอย่างขนาด 1x1 ซม. มาแช่ในโทลูอีนที่เวลาต่างๆ ชั่งจนกระทั่งน้ำหนักชิ้นตัวอย่างคงที่ แล้วคำนวณปริมาณการบวมพองโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$Q = \frac{100 \times (W_s - W_u)}{W_u}$$

เมื่อ Q = ปริมาณการบวมพอง (เปอร์เซ็นต์)

W_s = น้ำหนักของตัวอย่างหลังแช่ในโทลูอีน (กรัม)

W_u = น้ำหนักของตัวอย่างก่อนแช่ในทลูอีน (กรัม)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของปริมาณรำสกัดน้ำมันต่อสมบัติการคงรูป

ผลการทดสอบสมบัติการคงรูป (Table 2) พบว่า เมื่อปริมาณรำสกัดน้ำมันเพิ่มขึ้นค่าทอร์กต่ำสุดและค่าทอร์กสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงว่า การเติมรำสกัดน้ำมันลงไปส่งผลให้ยางมีความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าความแข็งที่ยางจะมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณรำสกัดน้ำมันเพิ่มขึ้น ส่วนค่า scorch time และ cure time จะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณรำสกัดน้ำมันเพิ่มขึ้น แสดงว่า รำสกัดน้ำมันมีผลทำให้ปฏิกิริยาการคงรูปของยางด้วยกำมะถันเกิดได้เร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kuriakose and Rajendran (1995) ที่ได้ศึกษาการเติมน้ำมันรำข้าวในสูตรยางคอมปาวด์ของยางธรรมชาติ พบว่า น้ำมันรำข้าวมีผลทำให้เวลาในการคงรูปของยางสั้นลง ดังนั้นอาจเป็นเพราะว่ารำสกัดน้ำมันที่ใช้ในการทดลองยังคงมีน้ำมันหลงเหลืออยู่ จึงมีผลทำให้เวลาในการคงรูปของยางสั้นลงเมื่อเพิ่มปริมาณรำสกัดน้ำมัน

Table 2 Cure characteristics of natural rubber/defatted rice bran blends

Defatted rice bran (phr)	ML (dN.m)	MH (dN.m)	Scorch time,Ts_2 (min)	Cure time,T_{90} (min)
0	0.90	13.49	3.30	8.08
10	1.28	14.72	3.06	6.40
20	2.12	17.44	2.42	5.40
30	2.48	21.03	2.36	5.09
40	2.24	20.24	2.11	4.43
50	2.66	21.44	2.16	4.18

ผลของปริมาณรำสกัดน้ำมันต่อสมบัติเชิงกล

จากผลการทดสอบสมบัติเชิงกล (Figure 1) พบว่า เมื่อปริมาณรำสกัดน้ำมันเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความต้านทานแรงดึงมีค่าลดลง แต่ระยะยืดเมื่อขาดมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งการที่ความต้านทานแรงดึงมีค่าลดลงเมื่อปริมาณรำสกัดน้ำมันเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะว่ารำสกัดน้ำมันไปยับยั้งความสามารถในการตกผลึกเมื่อถูกดึงยืด (strain induced crystallization) ของยางธรรมชาติ เนื่องจากปกติยางธรรมชาติเป็นยางที่สามารถตกผลึกได้เมื่อถูกดึงยืด ทำให้ยางธรรมชาติมีความต้านทานแรงดึงสูง (พงษ์ธร, 2547)

ส่วนผลของปริมาณรำสกัดน้ำมันต่อค่าความแข็งและค่ามอดูลัส พบว่า ค่าทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณรำสกัดน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้น แสดงว่า รำสกัดนั้นเป็นสารตัวเติมที่เพิ่มความแข็งให้กับยาง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบสมบัติการคงรูปที่ค่าทอร์กของยางผสมมีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับยางธรรมชาติเริ่มต้น จากการทดสอบความต้านทานการฉีกขาดมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของรำสกัดน้ำมัน ซึ่งโดยทั่วไปยางที่มีความสามารถตกผลึกได้เมื่อถูกดึงยืด (strain induced crystallization) จะทำให้แรงที่ได้รับกระจายออกเนื่องจากผลึก ทำให้ความต้านทานการฉีกขาดสูง (พรพรรณ, 2540) ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่ารำสกัดน้ำมันไปขัดขวางความสามารถตกผลึก (strain induced crystallization) ของยางธรรมชาติ จึงทำให้ความต้านทานการฉีกขาดของยางลดลงเมื่อเติมรำสกัดน้ำมัน ในขณะที่ความต้านทานการสึกหรอมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถสังเกตได้จากรูปที่แสดงปริมาตรที่หายไปของชิ้นทดสอบหลังการขัดถูมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณรำสกัดน้ำมัน แสดงว่า รำสกัดน้ำมันส่งผลให้ยางมีค่าความต้านทานการสึกหรอดีขึ้น

สำหรับผลการทดสอบค่าการกระเด้งกระดอนกับค่าการเสียรูปหลังการกดอัด พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณรำสกัดน้ำมันทำให้การกระเด้งกระดอนตัวลดลง สอดคล้องกับค่าการเสียรูปหลังการกดอัดที่พบว่า มีค่าสูงขึ้นตามปริมาณรำสกัดน้ำมันที่เพิ่มขึ้น แสดงว่า รำสกัดน้ำมันที่เติมลงไปไปแทนที่เนื้อยาง ทำให้ยางสูญเสียสมบัติความยืดหยุ่น ทำให้ความสามารถในการคืนรูปหลังการกดอัดและความสามารถในการกระเด้งกระดอนตัวของยางผสมรำสกัดน้ำมันมีค่าลดลง

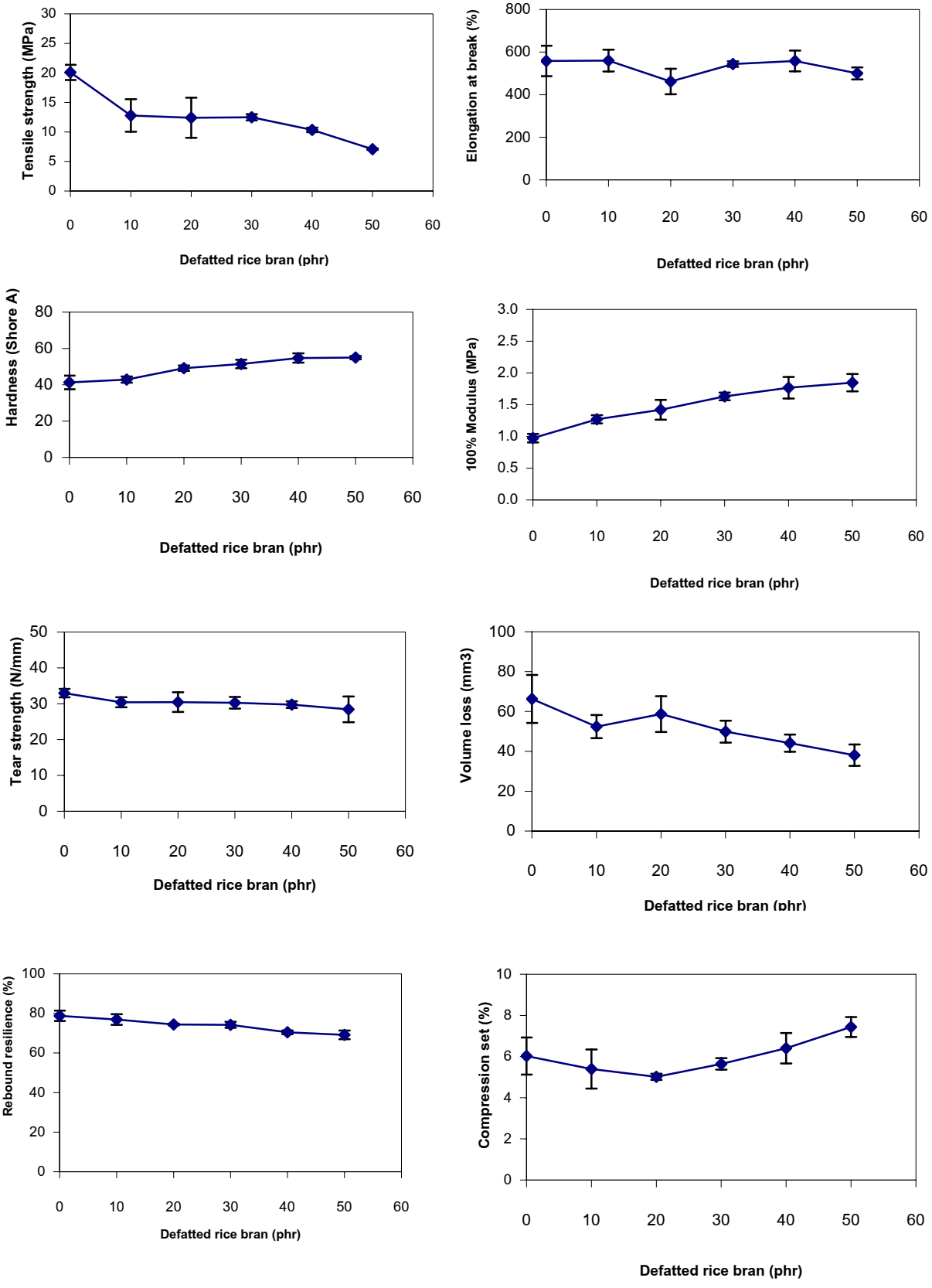


Figure 1 Mechanical properties of natural rubber/defatted rice bran blends

ผลของปริมาณรำสกัดน้ำมันต่อการบวมพอง

เพื่อศึกษาผลของปริมาณรำสกัดน้ำมันต่อพฤติกรรมการบวมพองของยาง ทำโดยนำชิ้นทดสอบไปแช่ในโทลูอีนจนน้ำหนักของชิ้นทดสอบคงที่ ซึ่งในงานวิจัยนี้เวลาที่ใช้แช่ชิ้นทดสอบในโทลูอีนจนน้ำหนักคงที่คือ 48 ชั่วโมง ผลการทดสอบแสดงดัง Figure 2 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณรำสกัดในยางมากขึ้น การบวมพองจะมีค่าลดลง อาจเป็นเพราะว่ารำสกัดน้ำมันที่ผสมอยู่ในเนื้อยางไปขัดขวางการแพร่ผ่านของโทลูอีน ทำให้ยางมีความต้านทานการบวมพองมากขึ้น โดยที่ยางธรรมชาติผสมรำสกัดน้ำมันปริมาณ 50 phr ให้ค่าการบวมพองน้อยที่สุด

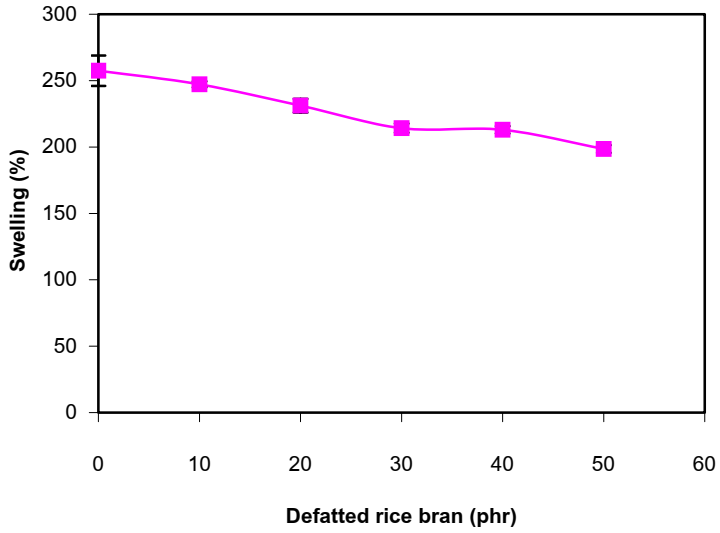


Figure 2 Swelling of natural rubber/defatted rice bran blends

สรุปผลการทดลอง

เมื่อเพิ่มปริมาณรำสกัดน้ำมันส่งผลให้เวลาในการคงรูปและการบวมพองของยางลดลง จากการทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่า การเพิ่มปริมาณรำสกัดน้ำมันจะทำให้ยางมีค่าความต้านทานแรงดึง ความต้านทานการฉีกขาด ความกระเด้งกระดอนลดลง ในขณะที่ค่าความแข็ง มอดูลัส ความต้านทานการสึกหรอ ค่าการเสียรูปหลังการกดอัดมีค่าเพิ่มมากขึ้น ส่วนระยะยืดเมื่อขาดไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่า รำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติมที่ไม่เสริมแรง เนื่องจากทำให้สมบัติส่วนใหญ่มีค่าลดลง ดังนั้นรำสกัดน้ำมันจึงเหมาะกับการนำมาใช้เป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติเพื่อลดต้นทุนในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการการเสริมแรง ซึ่งถือเป็นการนำผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และยังเป็นการลดมลภาวะได้ทางหนึ่งด้วยเนื่องจากรำสกัดน้ำมันเป็นวัสดุทางธรรมชาติที่ช่วยส่งเสริมกระบวนการย่อยสลายทางธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตามยางผสมรำสกัดน้ำมันหลังคงรูปแล้วจะมีสีน้ำตาล จึงไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสีสวยงาม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยชิ้นนี้ และขอขอบคุณนายณัฐพงษ์ หมอยาดี และนายนิพนธ์ ภูสดแสง สำหรับข้อมูลผลการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

พงษ์ธร แซ่อุย. 2547. ยางธรรมชาติ. **ยาง: ชนิด สมบัติ และการใช้งาน.** ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค): กรุงเทพฯ. น 4-15.

พรพรรณ นิธิอุทัย. 2540. การออกสูตรให้ได้สมบัติของยางตามต้องการ. *ใน* **ยาง: เทคนิคการออกสูตร.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์: ปัตตานี. 1-54.

วิทธวัช โมพี เฉลิมชัย หอมตา และเมธา ทองสุก. 2545. ผลของการใช้รำสกัดน้ำมันในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ. **วารสารเทคโนโลยีสุรนารี**. 9: 190-196.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผลพลอยได้ของข้าว**.** *ใน* **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** ศูนย์สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. น 281-330.

Kuriakose, A.P. and G. Rajendran. 1995. Rice bran oil as a novel compounding ingredient in sulphur vulcanization of natural rubber. **Eur. Polym. J**. 31: 595-602.

พอลิเมอร์นาโนคอมโพสิทระหว่างน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำที่มีหมู่อีพอกซีกับมอนท์มอริลโลไนท์ที่ปรับปรุงสมบัติเพื่อใช้เป็นพอลิเมอร์อิเล็คโตรไลต์

Polymer Nanocomposite based on Deproteinized Natural Rubber having Epoxy Group and Modified Montmorrillonite as Polymer Electrolytes

ฐิตินันท์ รัตนพรหม

Tithinun Rattanaplome

หลักสูตรวัสดุศาสตร์ (อุตสาหกรรมการยาง) คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Materials Science (Rubber Industry), Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand, 50290

Corresponding author: tithinun@mju.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีแนวความคิดที่จะพัฒนาวัสดุผสมระหว่างยางธรรมชาติโปรตีนต่ำที่มีหมู่อีพอกซีกับมอนท์มอริลโลไนท์ที่มีการปรับปรุงสมบัติด้วยออกตะเดซิลเอมีนและลิเทียมไทรเฟทให้มีการนำไฟฟ้าจากไอออนสูงและสามารถใช้ทำเป็นพอลิเมอร์อิเล็คโตรไลท์ชนิดของแข็ง การลดโปรตีนในน้ำยางธรรมชาติเริ่มจากการเจือจางน้ำยางข้น 60% เป็นน้ำยางข้น 20% ด้วยน้ำกลั่น แล้วบ่มกับเอ็นไซม์ปาเปนเป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นเพิ่มหมู่อีพอกซีด้วยกรดเปอร์อะซีติก ส่วนการปรับปรุงสมบัติมอนท์มอริลโลไนท์ด้วยออกตะเดซิลเอมีนเพื่อขยายระยะห่างระหว่างชั้นของมอนท์มอริลโลไนท์จะได้ออร์แกโนเคลย์ ผลการทดลองพบว่า โมลเปอร์เซ็นต์ของหมู่อิพอกไซด์มีประมาณ 25% ปริมาณลิเทียมไทรเฟตเท่ากับ 20% ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนอยู่ในช่วง 10^{-5}S.cm^{-1} ออร์แกโนเคลย์ไม่ทำให้ EDPNR ที่เติม LiTF20% มีค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนเพิ่มขึ้น ออร์แกโนเคลย์ปริมาณเพียง 5% ก็ทำให้ NR ที่เติม LiTF20% มีค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนอยู่ในช่วง 10^{-5}S.cm^{-1} โดยที่ยางธรรมชาติที่เติมออร์แกโนเคลย์ 5% และลิเทียมไทรเฟต 20% มีค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนสูงกว่ายางธรรมชาติที่มีโปรตีนต่ำอิพอกไซด์กับลิเทียมไทรเฟต 20% เล็กน้อย

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ อิพอกซิเดชั่น ออร์แกโนเคลย์ พอลิเมอร์อิเล็กโตรไลท์

Abstract

Polymer nanocomposite films based on deproteinized natural rubber having epoxy group, modified montmorrillonite and lithiumtriflate were prepared for using as solid polymer electrolytes. To reduce protein content in natural rubber latex, concentrated latex 60% was diluted to 20% by using distilled water and then was incubated with papain for 12 hours. This resulted in deproteinized natural rubber, DPNR. Subsequently, deproteinized natural rubber having epoxy group (EDPNR) was obtained from DPNR and peracetic acid resulting in 25% of mole epoxy. Montmorrillonite was modified by octadecylamine to expand the interlayer of montmorrillonite resulting in organoclay. It was found that the lithiumtriflate (LiTF) content of 20% yielded the ionic conductivity in the range of 10^{-5}S.cm^{-1}. Organoclay had no effect on EDPNR with 20% of LiTF. 5% of organoclay which caused natural rubber (NR) with 20% of LiTF having the ionic conductivity in the range of 10^{-5}S.cm^{-1}. The ionic conductivity of NR with 5% organoclay and 20% LiTF was higher than that of the EDPNR with 20% of LiTF.

Keywords: deproteinized natural rubber, epoxidation, organoclay, polymer electrolyte

คำนำ

ปัจจุบันได้มีการปลูกยางพาราในภาคเหนือ งานวิจัยด้านพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางจากน้ำยางจึงเป็นการวางรากฐานการแก้ไขปัญหาเนื่องจากราคาน้ำยางตกต่ำที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำยางเพื่อเพิ่มมูลค่าน้ำยางจึงเป็นการรองรับอุตสาหกรรมน้ำยางทางภาคเหนือ งานวิจัยนี้จึงได้มีแนวความคิดที่จะพัฒนา nanocomposite ระหว่างยางธรรมชาติโปรตีนต่ำกับมอนท์มอริลโลไนท์ที่มีการปรับปรุงสมบัติด้วย octadecylamine ให้มีการนำไฟฟ้าจากไอออน (ion conductivity) โดยระบบที่มีค่า ion conductivity สูงสามารถใช้ทำเป็น solid polymer electrolytes ในการทำแบตเตอรี่

งานวิจัยที่มีมาก่อนได้นำเอาพอลิเมอร์อิเลคโทรไลท์มาทำเป็นพอลิเมอร์อิเลคโทรไลท์ในสถานะของแข็ง (Solid polymer electrolytes, SPE) สำหรับ rechargeable batteries เช่น polyethyleneoxide (PEO) ผสมกับเกลือของโลหะอัลคาไลน์เป็นระบบที่น่าสนใจในการทำเป็นพอลิเมอร์อิเลคโตรไลท์สำหรับแบตเตอรี่ที่มีพลังงานสูง (high energy specific energy) (Armand,1990; Gray, 1997; Vaia *et al*., 1995; Puatrakul, 2005; Puatrakul and Min, 2005)

พอลิเมอร์อิเลคโทรไลท์มีข้อเด่นสำหรับการใช้ทำแบตเตอรี่คือ พอลิเมอร์สามารถรักษาพื้นที่ผิวสัมผัสกับอิเลคโทรดได้ดีแม้ได้รับความเค้น สามารถทำเป็นแผ่นฟิล์มด้วยวิธี solution casting ได้ฟิล์มที่มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวกับความหนาสูง และเป็นทางผ่านในการเคลื่อนที่ของตัวนำพาประจุ เช่น ลิเทียมไอออนที่มีประสิทธิภาพ งานวิจัยส่วนใหญ่พยายามเพิ่มค่า ionic conductivity ของ SPE ด้วยการเพิ่มเคลื่อนไหวของสายโซ่พอลิเมอร์เพื่อให้แคทไอออนเคลื่อนไหวได้ง่าย และการเพิ่มปริมาณของไอออน โดยที่

ปริมาณของไอออนต้องไม่มากจนเกินไปจนทำให้การเคลื่อนที่ของประจุลดลง ดังนั้นพอลิเมอร์ที่มีความเป็นขั้วสูง อุณหภูมิกลาสทรานซิชันและอุณหภูมิ ณ จุดหลอมเหลวต่ำจึงเหมาะสมในการทำ SPE ยางธรรมชาติ (natural rubber, NR) เป็นวัสดุที่หาง่าย เป็นพอลิเมอร์ที่มีความยืดหยุ่นสูงที่อุณหภูมิห้อง มีค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชันต่ำ แม้ยางพาราจะมีความเป็นขั้วต่ำจึงควรเพิ่มความเป็นขั้วโดยการเตรียม epoxidized natural rubber (ENR) ENR จึงเป็นวัสดุที่น่าสนใจสำหรับการทำ SPE

Idris *et al.* (2001) พบว่า ค่า ionic conductivity ของระบบ ENR กับเกลือ lithiumtriflate ($LiCF_3SO_3$) เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น เช่น ค่า ionic conductivity มีค่าประมาณ $10^{-4}S.cm^{-1}$ ที่มีปริมาณเกลือ $LiCF_3SO_3$ ปริมาณ 60% โดยน้ำหนัก การเพิ่มแบบนี้ Klinklai *et al*. (2003) เสนอว่าอาจเกิดเนื่องจากน้ำที่มีอยู่ในระบบอาจทำให้เกิดโครงสร้างแบบ dendrite (dendrite formation) และอาจทำให้อิเลคโทรดผุกร่อนได้ ปกติยางธรรมชาติจะมีปริมาณโปรตีนประมาณ 2% โดยน้ำหนัก ซึ่งโปรตีนมักจะดึงดูดน้ำ การทำ polymer electrolytes จึงต้องกำจัดโปรตีนออก งานวิจัยนี้ต้องกำจัดโปรตีนโดยใช้ papain ทางการค้า

ยาง ENR (epoxidized natural rubber) เป็นยางชนิดใหม่ที่ได้จากการเติมออกซิเจนเข้าไปในโมเลกุลของยางตรงพันธะคู่เกิดเป็นวงแหวนอีพอกไซด์โดยผ่านปฏิกิริยาอีพอกซิเดชั่น (epoxidation) โดยมีระดับโมเลกุลของการเกิดอีพอกซิเดชั่นตั้งแต่ 10-50% ยาง ENR จึงมีความเป็นขั้วสูงกว่ายางธรรมชาติทั่วไป ยางจึงทนต่อความร้อนและน้ำมันได้ดี ยาง ENR มีสมบัติเหล่านี้ดีกว่ายางธรรมชาติ นั่นคือ ความทนทานต่อสารละลาย การป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ ความแข็งแรงต่อแรงดึงสูง สมบัติทนต่อการฉีกขาด การทำ epoxidation มักทำกับน้ำยางโดยใช้ peracetic acid, performic acid หรือส่วนผสมของ hydrogen peroxide กับ formic acid (พงษ์ธร, 2547 และ Klinkai *et al.,* 2004) งานวิจัยนี้จึงจำเป็นต้องเพิ่มความเป็นขั้วของยางโดยการเตรียม ENR จากน้ำยางธรรมชาติที่มีโปรตีนต่ำกับ peracetic acid (hydrogen peroxide กับ formic acid)

ดินเหนียวประเภทมอนท์มอริลโลไนท์ (montmorillonite, MMT) เป็นแร่ธาตุที่หาได้ง่ายในธรรมชาติ อนุภาคปฐมภูมิ (primary particles) ของ MMT ประกอบด้วยแผ่นหนาประมาณ 1 nm เรียงซ้อนตัวกันเป็นชั้น โดยแต่ละชั้นประกอบด้วยอะตอมอลูมิเนียมที่มีโครงสร้างแบบ Octahedral ขนาบด้วยอะตอมซิลิกาที่มีโครงสร้างแบบ tetrahedral บางครั้งเรียกรวมว่าแผ่นซิลิเคท โดยไอออนออกซิเจนจะเป็นส่วนประกอบของทั้งแผ่น tetrahedral และแผ่น octahedral ความสูงของอนุภาคปฐมภูมิมีค่าประมาณ 8-10 นาโนเมตร โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30 นาโนเมตร พื้นผิวของ MMT เป็นประจุลบแบบถาวร และมีแคทไอออนที่มีโมเลกุลของน้ำล้อมรอบอยู่ระหว่างชั้นของ MMT (MMT interlayer) แคทไอออนเหล่านี้ได้แก่ Na^+ และ Ca^+ ลักษณะดังกล่าวที่ทำให้เกิดพันธะ van de Waals ดังนั้นอนุภาคปฐมภูมิของ MMT จึงเกิดการรวมตัวใหญ่ขึ้นเป็นอนุภาคทุติยภูมิ (secondary particles) ขนาดประมาณ 200-300 นาโนเมตร และอนุภาคทุติยภูมิเหล่านี้มักรวมตัวกันใหญ่ขึ้นไปอีกเป็นอนุภาคตติยภูมิ (tertiary particles) ซึ่งมีขนาดต่างๆ กันตั้งแต่ 0.1 ถึง 10 μm ระยะห่างระหว่างชั้นของ MMT ขึ้นกับความหนาแน่นของโมเลกุลน้ำ ความหนาแน่นและชนิดของแคทไอออน ประจุบนพื้นที่ผิวของ MMT และการกระจายของประจุบนพื้นผิวของ MMT (Grim and Güven, 1978) การเพิ่มระยะห่างของชั้นโดยการเติมสารอินทรีย์ประเภทแอมโมเนียจะทำให้พอลิเมอร์สามารถเข้าไปแทรกอยู่ในระหว่างชั้นของ MMT ได้ในขั้นตอน Intercalation หรือทำให้ MMT กระจายตัวในขั้นตอน exfoliation (Arroyo *et al*., 2003 และ Magaraphan *et al*., 2003) งานวิจัยที่มีมาก่อนได้แสดงว่าดินเหนียว

ชนิด layered silicates นี้เป็นสารตัวเติม (fillers) ในระบบพอลิเมอร์นาโนคอมโพสิท ทำให้ได้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธความยืดหยุ่น (elastic modulus) และความแข็งแรง (strength) สูงขึ้น การป้องกัน การซึมผ่านดีมาก (barrier properties) มีความคงทนต่อสารละลายและความร้อนสูง (Alexandre *et al*. 2000; Varghese and Karger-Kocis, 2003) งานวิจัยนี้จึงได้มีการปรับปรุงสมบัติของ MMT เพื่อให้ยางพาราได้สอดแทรกเข้าไปในระหว่างชั้นของ MMT ได้ดีขึ้น โดยใช้ Octadecylamine

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำยางธรรมชาติที่มีโปรตีนต่ำ (deproteinized natural rubber, DPNR)

นำน้ำยางข้น 60% มาเจือจางเป็นน้ำยางข้น 20% ด้วยน้ำกลั่น เติมสารเอนไซม์ปาเปน (papain) 0.04% w/v บ่มที่อุณหภูมิ 37°ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 20,000 เป็นเวลา 30 นาทีจำนวน 2 รอบ นำสารที่ปั่นได้ซึ่งมีลักษณะเป็นครีมข้นขาว ไปอบให้แห้ง หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์โปรตีนจากปริมาณไนโตรเจน โดย modified Lowry method จะพบว่าน้ำยางข้น 20% และเอนไซม์ปาเปนทำปฏิกิริยา 12 ชั่วโมง มีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ 39 μg/g ลดลงจากน้ำยางข้น 60% ที่มีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ 386 μg/g (Klinpituksa and Wongboontarig, 1997)

การทำอิพอกซิเดชั่นจากน้ำยางโปรตีนต่ำ (epoxidation)

นำน้ำยางขันที่มีโปรตีนต่ำมาละลายน้ำอัตราส่วน 1:1 เติมสาร stabilizer (polyoxyethylene (12) tridecyl ether) 5 phr คนให้เข้ากันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เติม 0.75 M of 98% Formic acid (CH_2O_2) 50 ส่วนโดยปริมาตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ เติม 0.75 M of 30% hydrogenperoxide (H_2O_2) 50 ส่วนโดยปริมาตร รอให้เกิดปฏิกิริยาที่เวลา 10 ชั่วโมง โดยคนไว้ตลอดเวลา เติม methanol 95% เพื่อให้จับตัวเป็นก้อน ล้างด้วยโซเดียมคาร์บอเนตและน้ำเพื่อทำความสะอาด นำไปรีดเพื่อให้เป็นแผ่นบาง อบให้แห้ง ยางพาราที่ได้จากขั้นตอนนี้จะเรียกว่า epoxidized deproteinized natural rubber (EDPNR) นำไปวัดหาค่าปริมาณอีพอกซี่ (epoxy) โดยใช้เครื่อง NMR (nuclear magnetic resonance) จากผลของสเปกตรัม ^{1}H-NMR พบว่าโมลเปอร์เซ็นต์ของหมู่อิพอกไซด์ คือ 25% (Chuayjuljit *et al*., 2006)

การปรับปรุงสมบัติมอนท์มอริลโลไนท์ (MMT)

การขยายระยะห่างระหว่างชั้นของ Na^+-MMT โดยใช้ octadecylamine ได้ออร์แกโนเคลย์ (organoclay) เริ่มจากกวน MMT ในน้ำที่อุณหภูมิ 80°ซ เป็นเวลา 40 นาที แล้วเติมสารละลาย octadecylamine ในกรดไฮโดรคลอริกที่เข้มข้น กวนต่อไปเป็นเวลา 15 นาที กรองเอาเนื้อสารที่ได้ ไปอบในตู้อบลมร้อนที่ 100°ซ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง octadecylamine จะทำให้ระยะห่างระหว่างชั้น (interlayer spacing) ของ MMT เพิ่มขึ้น พิสูจน์โดย X-ray diffraction (XRD)

การเตรียมแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์อิเลคโทรไลท์

นำ EDPNR มา 1 กรัมละลายด้วยคลอโรฟอร์ม 200 ml รอจนกว่าจะละลายเข้ากันได้ดีใช้เวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50°ซ เติมปริมาณออร์แกโนเคลย์ 5 และ 10% คนให้เข้ากันเป็นเวลา 72 ชั่วโมงที่

อุณหภูมิ 50°ซ รอจนกระทั่งสารละลายเข้ากันดี แล้วเติม lithiumtrifate 10 และ 20% คนให้เข้ากันเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50°ซ นำสารละลายที่ได้เทลงในจานแก้วซึ่งมีแผ่นทองแดงวางอยู่ นำไปวางไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อดูดสารละลายคลอโรฟอร์ม เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจนแห้ง จะได้แผ่นฟิล์มซึ่งเคลือบบนแผ่นทองแดงเก็บไว้ในตู้อบสุญญากาศ ก่อนนำไปวัดหาค่าการนำไฟฟ้า

การตรวจสอบหาค่าการนำไฟฟ้าจากไอออน (ionic conductivity)

Bruce (1995) ได้อธิบายว่าเมื่อให้กระแสไฟฟ้าสลับที่หลายค่าความถี่แก่พอลิเมอร์อิเล็คโตรไลท์ จะได้กราฟ complex impedance แสดงถึงจำนวนเชิงซ้อน Z' และ Z" หน่วย ohm.cm^{-1} โดยค่าความต้านทานทั้งหมด (Bulk resistance, R_b) หาจากจุดตัดระหว่างรูปครึ่งทรงกลมตัดกับเส้นตรงในแนวเฉียง ค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนประมาณจากสูตร $\sigma = d/(R_bA)$ เมื่อ d แทนความหนาของฟิล์ม และ A แทนพื้นที่ของอิเลคโทรด การหาค่าการนำไฟฟ้าตรวจสอบโดยใช้ impedance analyzer ที่ความถี่ 100Hz-15MHz

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดสอบสมบัติเบื้องต้นของฟิล์มโดย XRD

ถ้าออกตะเดซิลอะมีนสามารถเพิ่มระยะห่างระหว่างชั้น (interlayer spacing) ของโซเดียมมอนท์มอริลโลไนท์ได้จริง ระยะห่างของ MMT interlayer จะต้องเพิ่มขึ้น ระยะห่างของ MMT interlayer สัมพันธ์กับค่าระยะห่างของระนาบ (001) (d_{001}) อีกนัยหนึ่ง พีคที่เกิดขึ้น ณ ค่า 2θ น่าจะเลื่อนไปปรากฏค่า 2θ ที่น้อยลง (Figure 1) (Arroyo *et al*., 2003)

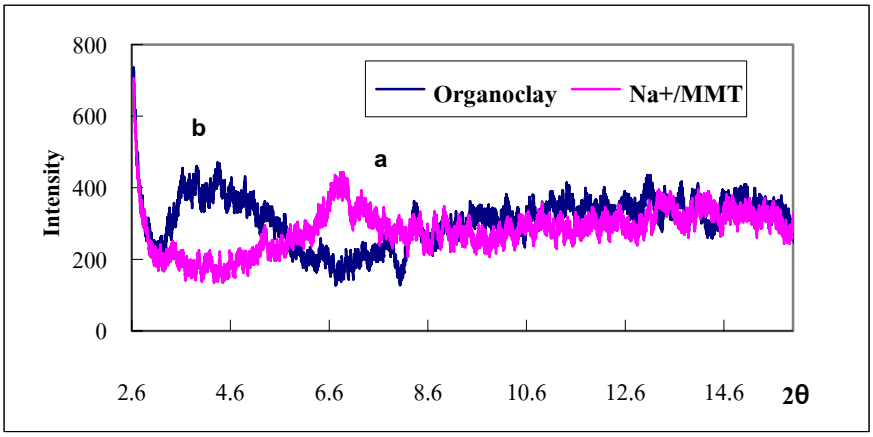


Figure 1 XRD pattern (a) Na^+-montmorrilonite (b) Organoclay

โซเดียมมอนท์มอริลโลไนท์ปรากฏพีคที่ 6.83° แสดงว่าระนาบ (001) มีระยะห่าง 13.06 Å ออร์แกโนเคลย์ปรากฏพีคที่ 4.38° แสดงว่าระนาบ (001) มีระยะห่าง 20.29 Å ดังนั้นการปรับปรุงพื้นผิวโซเดียมมอนท์มอริลโลไนท์ด้วยออกตะเดซิลอะมีน จึงสามารถเพิ่มระยะห่างระหว่างชั้นของโซเดียมมอนท์มอริลโลไนท์ได้ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Arroyo *et al*. (2003) ที่พบพีคของโซเดียมมอนท์มอริลโลไนท์ที่ 7° (12.6 Å) และพบพีคออร์แกโนเคลย์ที่ 5° (17.6 Å)

ผลการทดสอบ XRD ของออร์แกโนเคลย์ใน EDPNR สัดส่วน 5 และ 10% (Figure 2) ไม่ปรากฏพีคที่ชัดเจนอาจเป็นเพราะว่า EDPNR ผสมกับออร์แกโนเคลย์แล้วเกิดเป็นโครงสร้างที่ไม่มีระเบียบเกิดเป็นวัสดุผสมแบบอินเตอร์คาเลทนาโนคอมโพสิท (intercalated nanocomposite) หรือแบบเอกซ์โฟลิเอทนาโนคอมโพสิท (Exfoliated nanocomposite) ก็เป็นได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Magaraphan *et al.* (2003) และ Arroyo *et al.* (2003)

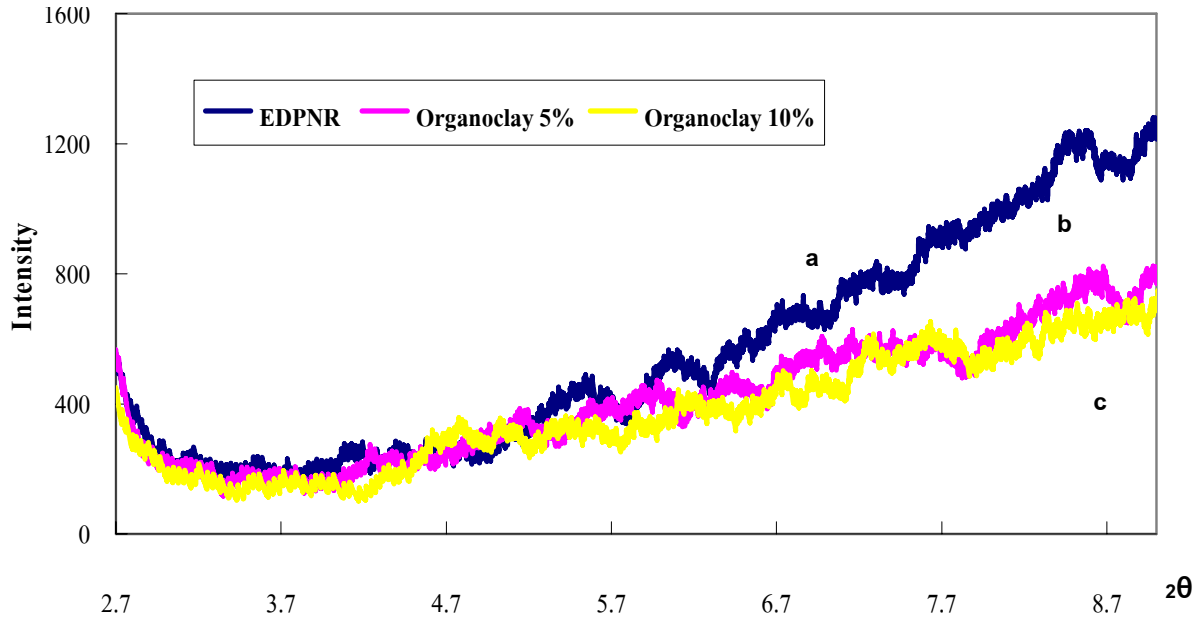


Figure 2 XRD pattern (a) EDPNR (b) EDPNR/Organoclay 5% (c) EDPNR/Organoclay 10%

ผลการตรวจสอบหาค่าการนำไฟฟ้าจากไอออน (Ionic conductivity)

ทำโดยวิธี Complex impedance method ได้กราฟ (Figure 3, 4) และค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนแสดงในตาราง (Table 1)

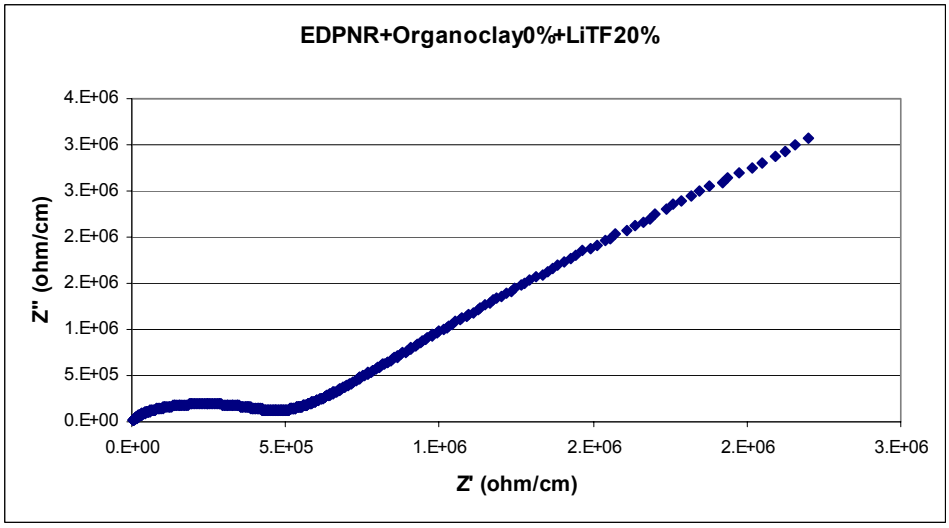


Figure 3 Complex impedance plot of EDPNR with LiTF 20%

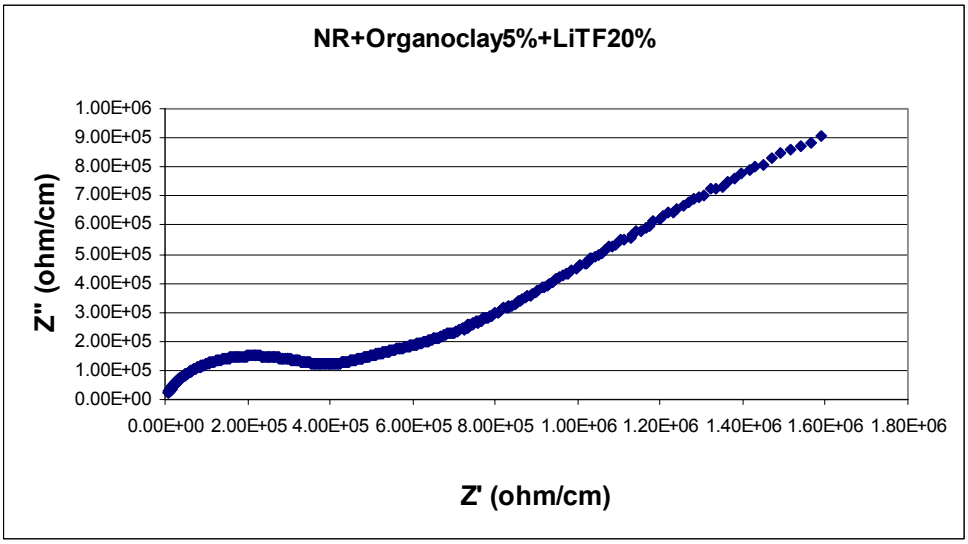


Figure 4 Complex impedance plot of NR and organoclay 5% with LiTF 20%

Table 1 Ionic conductivity of various samples

Samples	Lithiumtriflate content	Ionic conductivity ($S.cm^{-1}$)
EDPNR	20%	$1.1x10^{-5}$
EDPNR + Organoclay 5%	20%	$9.3x10^{-8}$
EDPNR + Organoclay 10%	20%	$7.8x10^{-9}$
NR+ Organoclay 5%	10%	$2.0x10^{-8}$
NR+ Organoclay 5%	20%	$1.2x10^{-5}$

จากสมมติฐานงานวิจัยระบบที่น่าจะดีที่สุดน่าจะเป็น EDPNR+Organoclay 5%+LiTF20% หรือ EDPNR+organoclay 10%+LiTF20% แต่ผลการทดลองพบว่ามีเพียง EDPNR+LiTF20% และ NR+ organoclay 5%+LiTF20% ที่มีค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนอยู่ในช่วง $10^{-5}S.cm^{-1}$ ใกล้เคียงกับงานวิจัยที่มี มาก่อนอาจเป็นเพราะปริมาณ LiTF เหมาะสมที่ 20% (Klinklai *et al*., 2004; ศรีสุดา, 2548)

NR+Organoclay 5%+LiTF20% มีค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนสูงกว่า EDPNR+LiTF20% เล็กน้อย อาจเป็นเพราะตัวทำละลายที่เลือกใช้คลอโรฟอร์มไม่เหมาะสม ในการศึกษาขั้นต่อไปอาจต้องพิจารณาตัวทำละลายที่มีค่า solubility parameter ที่ใกล้เคียงกับ EDPNR มากขึ้น เช่น toluene หรือใช้ tetrahydrofuran ในการเตรียม ENR กับเกลือลิเทียมเช่นเดียวกับ Idris *et al.* (2001)

ปริมาณ organoclay 10% ทำให้ฟิล์มไม่สม่ำเสมอทำให้ค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนต่ำ นอกจากนี้การเติม Organoclay ไม่ทำให้ EDPNR มีค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนเพิ่มขึ้นอาจเป็นเพราะ EDPNR ละลายในคลอโรฟอร์มยากกว่า NR จึงเข้าไปแทรกสอดใน organoclay ได้ยากกว่า

การทดสอบสมบัติเชิงกล เช่น elastic modulus, strength, barrier properties และความทนทานต่อสารละลาย จะทำให้ได้ข้อมูลเพียงพอว่าแผ่นฟิล์มนี้เหมาะเป็นพอลิเมอร์อิเล็คโตรไลต์

สรุปผลการทดลอง

1. ปริมาณลิเทียมไทรเฟตที่ 20% ทำให้วัดค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนได้อยู่ในช่วง 10^{-5}S.cm^{-1}
2. ออร์แกโนเคลย์ไม่ทำให้ EDPNR ที่เติม LiTF20% มีค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนเพิ่มขึ้น
3. ออร์แกโนเคลย์ปริมาณเพียง 5% ก็ทำให้ NR ที่เติม LiTF20% มีค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนอยู่ในช่วง 10^{-5}S.cm^{-1}
4. ออร์แกโนเคลย์ปริมาณ 10% ทำให้ฟิล์มไม่สม่ำเสมอ ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าจากไอออนต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ประสานงานนักเรียนทุนรัฐบาลทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้วิจัยขอขอบคุณคำแนะนำจากรองศาสตราจารย์ ดร.รัตนวรรณ มกรพันธ์ และความร่วมมือจากนางสาวอรุณศรี เอี่ยมรัมย์

เอกสารอ้างอิง

พงษ์ธร แซ่อุย 2547 **ยาง: ชนิด สมบัติ และการใช้งาน** ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ: ปทุมธานี 8 น.

ศรีสุดา เทพไพฑูรย์ 2548. **การผลิตพอลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์จากยางธรรมชาติอิพอกไซด์** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางชีวภาพ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

Alexndre, M. and Dubois, P. 2000. Polymer-layerred silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new of materials. **Materials Science and Engineering.** 28: 1-63.

Armand, M. 1990. Polymers with ionic conductivity, **Adv. Mat.** 2: 278-286.

Arroyo, M., M.A. Lopez-Manchado and B. Herrero. 2003. Organo-montmorillonite as substitute of carbon black in natural rubber compounds. **Polymer**. 44: 2447-2453.

Bruce, P.G.1995. **Solid States Electrochemistry.** Cambridge Univ. Press: London. p.344.

Chuayjuljit, S., C. YaowSang, N, Na-Ranong and P. Potiyaraj. 2006. Oil resistance and physical properties of In situ epoxidized natural rubber from high ammonia concentrated latex. **J. Appl. Polym. Sci.** 100(3): 948-3955.

Gray, F.M. 1997. **Polymer electrolytes**. The Royal society of Chemistry.

Grim, R.E. and N. Güven. 1978. **Bentonites: Geology, Mineralogy, Properties and Uses**, Eisevier, Amsterdam-Oxford: New York.

Idris, R., M.D. Glasse, R.G. Latham and W.S. Schlindwein. 2001. Polymer electrolytes based on modified natural rubber for use in rechargeable lithium batteries. **J. Power Sources**. 94: 206-211.

Klinklai, W., S. Kawahara, T. Mizumo, M. Yoshizawa, Y. Isono and H. Ohno. 2004. Ionic conductivity of highly deprotenized natural rubber having epoxy group mixed with alkali metal salts. **Solid State Ionics**. 168: 131-136.

Klinpituksa, P. and P. Wongboontarig. 1997. Preparation and some properties of deproteinized natural rubber, **Songklanakarin J. Sci. Technol**. 19(2): 223-229.

Magaraphan, R., W. Thaijaroen and R. Lim-Ochakun. 2003. Structure and properties of natural rubber and modifiled montmorrillonite nanocomposites. **Rubb. Chem. Tech.** 76(2): 406-418.

Puatrakul, T. 2000. **Studies of ionic conductivity of uniaxially stretched polymer electrolyte films**. Dissertation, University of Akron.

Puatrakul, T. and K. Min. 2005. PEO-Na^{+}/MMT nanocomposite film as polymer electrolytes. **Proceedings of an Annual technical conference**. May 1-5: Boston. pp. 1709-1713.

Vaia, R.A., S. Vansudevan, W. Krawiec, L.G. Scanlon and E.P. Giannellis. 1995. New Polymer Electrolyte Nanocomposites: Melt intercalation of Poly(ethylene oxide) in Mica-Type Silicates. **Adv. Mat.** 7(2): 154-156.

Verghese, S. and J. Karger-Kocis. 2003. Natural rubber-based nanocomposites by latex compounding with layered silicates. **Polymer.** 44: 4921-4927.

การพัฒนาเครื่องมือวัดความแข็งแรงของบุคคล โดยใช้ Load Cell และ Digital Display

Equipment Development for Testing of Human Static Muscle Strength with Digital Display Load Cell

วรลักษณ์ จันทร์กระจ่าง* ภูวนัย ประสมเพชร วรวุธ เพชรไพร และณัฐพงษ์ นนทสิทธิ์

Worlaluck Jankrajang*, Poowanai Prasomped, Worrawut Phetpri and Natthapong Nonthasit

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ปทุมธานี 12110

Department of Industrial Engineering, Eastern Asia University, Pathumthani, Thailand 12110

*Corresponding author: worlaluck@eau.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบเครื่องวัดความแข็งแรงของบุคคล โดยใช้ load cell และ digital display เป็นเครื่องมือหลัก และสร้างฐานข้อมูลลักษณะมนุษย์ในเรื่องเกี่ยวกับกำลังสถิตของกล้ามเนื้อส่วนแขนและขา ผลจากการวิจัย สามารถพัฒนาและสร้างเครื่องมือวัดที่เสียค่าใช้จ่ายในการสร้างต่ำเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบท่าทางการทำงานของเกษตรกร และเครื่องมืออุปกรณ์ทางการเกษตรที่เหมาะสมกับความแข็งแรงของเกษตรกรต่อไป

คำสำคัญ: คุณลักษณะมนุษย์ เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนและขา

Abstract

The objectives of this research were to develop and test static strength device, i.e., a load cell with digital display and develop human characteristic database such as static muscle strength of arm and leg muscle. Benefit of this research brings the development of static strength test device for human. The device is efficiently workable with low-construction costs. Furthermore, these human data are vital to agriculture equipment design process as criteria for work motions.

Keywords: human characteristics, static muscle strength test device, arms and legs strength

คำนำ

อาชีพเกษตรกรถือว่าเป็นอาชีพที่ต้องให้ความสำคัญด้านสุขภาพและความปลอดภัยอาชีพหนึ่งของประเทศ ปัจจุบันเกษตรกรประสพปัญหาสุขภาพที่สืบเนื่องมาจากท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมอย่างต่อเนื่อง การทำงานของเกษตรกรโดยใช้แรงมากเกินกว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนที่ทำงานนั้นจะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ การประเมินค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ จะช่วยให้ทราบถึงขีดความสามารถ ในการทำงานโดยใช้แรงที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย ใช้ออกแบบท่าทางการทำงานที่เหมาะสมและใช้ออกแบบเครื่องมือ เครื่องจักรกลการเกษตรที่เหมาะสมกับความแข็งแรงของเกษตรกรกลุ่มนั้นๆ ซึ่งเป็นการลดการใช้แรงมากเกินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนที่ใช้ทำงานได้ ถ้าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไม่เพียงพอ จะทำให้เกิดอันตรายได้หลายแบบ เช่น กล้ามเนื้อส่วนที่ใช้ฉีกขาด ของที่ยกหรือผลักอยู่นั้นหล่นทับหรือได้รับอันตรายจากเครื่องจักร และเครื่องมือที่ควบคุมหรือใช้งานขณะนั้น สิ่งหนึ่งที่แสดงถึงความสามารถในการทำงานโดยใช้แรงงานคนก็คือ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (static muscle strength) ซึ่งเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการสร้างแรงหรือกำลังบิด (torque) สูงสุดในเวลาสั้นๆ โดยร่างกายไม่เคลื่อนที่ (ชยานนท์ และวีระวุฒิ, 2538)

งานวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้างเครื่องมือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบระบบดิจิตอลที่มีค่าของการวัดอยู่ในช่วง 0-200 กิโลกรัม เพื่อเป็นอุปกรณ์ในการทำวิจัยในเชิงการยศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนแขนและขาของเกษตรกรซึ่งอุปกรณ์นี้จะช่วยให้ทราบถึงขีดความสามารถ ในการทำงานโดยใช้แรงที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย เพื่อใช้ออกแบบท่าทางการทำงานที่เหมาะสมและใช้ออกแบบเครื่องมือ เครื่องจักรทางการเกษตรกรในงานวิจัยต่อเนื่องต่อไป งานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ฐานข้อมูลสัดส่วนร่างกายมาตรฐานมาช่วยในการออกแบบขนาดของเครื่องมือนี้ ก่อนการนำเครื่องมือนี้ไปใช้คณะผู้วิจัยได้ทำการ ทดสอบการใช้เครื่องมือวัดโดยการสอบเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐาน เพื่อทำการวัดและรวบรวมข้อมูลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนและขา ของชายไทยที่มีอายุ 18-24 ปี ซึ่งเป็นช่วงอายุที่มีการใช้แรงงานเป็นส่วนมาก และจัดทำคู่มือการใช้งานเพื่อให้การนำเครื่องมือนี้ไปใช้งานเป็นไปอย่างมีมาตรฐานเดียวกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือ

1. สเตรนเกจแบบเส้นลวด
2. โหลดเซลล์ ชนิด link-type load cell (ใช้สำหรับในงานรับแรงดึง ที่อยู่ในช่วงย่านวัด 0-200 kgf)
3. จอแสดงผลแบบดิจิตอล (digital indicator) รุ่น weight controller WC 1-B11
4. ลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน
5. โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ Minitab 14 for Windows, Auto CAD
6. ส่วนโครงสร้าง ประกอบด้วยเหล็กแผ่นฐาน เสา ด้ามจับ โซ่ และตะขอ

การออกแบบและสร้างต้นแบบ

เครื่องมือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ มีส่วนที่สำคัญ แบ่งเป็น 3 ส่วน ใหญ่ๆ คือ ส่วนรับแรง (load cell) ตัวแสดงผล (digital Indicator) และส่วนโครงสร้างหรือตัวเครื่องภายนอกดังนี้

1. ส่วนรับแรง (load cell) ทำหน้าที่รับแรงที่เกิดขึ้น ส่วนรับแรงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นแบบรับแรงดึง (tension) สามารถรับแรงหรือเรตคาปาซิตี้ (rete cabacity) 0-200 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ 220 โวลต์ และเมื่อมีแรงจากภายนอก (แรงดึงจากผู้ทดสอบ) กระทำต่อโหลดเซลล์ โหลดเซลล์จะเกิดแรงต้านจากภายในเนื่องจากมีความเค้นและความเครียดเกิดขึ้นภายในตัวโหลดเซลล์ และในขณะเดียวกันสเตรนเกจที่ติดอยู่ภายในตัวโหลดเซลล์จะทำหน้าที่รับรู้ความเค้นและความเครียดที่กระทำต่อโหลดเซลล์ดังกล่าวและความต้านทานภายในตัวสเตรนเกจเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นแรงดันทางไฟฟ้า ซึ่งจะได้เอาท์พุตที่เป็นแรงดันที่แปรผันโดยตรงกับแรงที่มากระทำ จากนั้นจะได้สัญญาณแรงดันทางไฟฟ้า ส่งต่อไปยังชุดแสดงผล

2. ตัวแสดงผล (digital indicator) ทำหน้าที่ รับสัญญาณแรงดันทางไฟฟ้าจากโหลดเซลล์ที่ถูกแรงกระทำ จากนั้นชุดแสดงผลทำหน้าที่แปลงสัญญาณแรงดันทางไฟฟ้าออกมาในรูปแบบดิจิตอลในหน่วย (kgf) ซึ่งในทางปฏิบัติเมื่อต้องการใช้ชุดแสดงผลดังกล่าว ต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่ 220 โวลต์ เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับชุดแสดงผล ซึ่งการต่อโหลดเซลล์เข้ากับชุดแสดงผล จะประกอบด้วยสายไฟ 4 เส้นของโหลดเซลล์ คือ สีแดง สีขาว สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่ง 2 สายแรกจะเป็นสายที่รับสัญญาณแรงดันทางไฟฟ้าจากโหลดเซลล์เข้าสู่ชุดแสดงผล คือ สายสีน้ำเงิน จะต่อเข้าช่อง IN (-) ส่วนสีเขียวจะต่อเข้าช่อง IN (+) ส่วนอีก 2 สายจะเป็นสายไฟที่ป้อนแรงดันทางไฟฟ้ากระแสตรงที่ 220 โวลต์ ให้กลับโหลดเซลล์ เพื่อเป็นไฟเลี้ยง คือ สายสีแดงต่อเข้าช่อง OVdc ส่วนสายสีขาวต่อเข้าช่อง Vexac

3. ส่วนโครงสร้าง ประกอบด้วยแผ่นฐาน เสา ด้ามจับ โซ่ และตะขอ ทำหน้าที่ยึดส่วนต่างๆ ในขณะทำการทดลอง

ในการทดลองนี้การออกแบบสำหรับบุคคลที่มีขนาดใหญ่สุด (design for the extremes) เนื่องจากเป็นการออกแบบเพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้ทั้งหมดซึ่งต้องการใช้ค่าข้อมูลที่เป็นเปอร์เซ็นไทล์สูงๆ คือ เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 ของผู้ชายในการออกแบบ สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากสัดส่วนร่างกายมีขนาดไม่เท่ากัน ดังนั้น ในการออกแบบจึงใช้ข้อมูลของสัดส่วนร่างกายแต่ละส่วนของผู้ที่มีขนาดใหญ่สุด มาใช้ในการออกแบบ เช่น ใช้ข้อมูลความกว้าง-ยาวของเท้าที่มีขนาดใหญ่สุดมากำหนดขนาดสำหรับใช้ในการออกแบบ ซึ่งทำให้คนที่มีขนาดเท้าเล็กกว่าสามารถใช้งานได้โดยไม่เป็นอุปสรรค

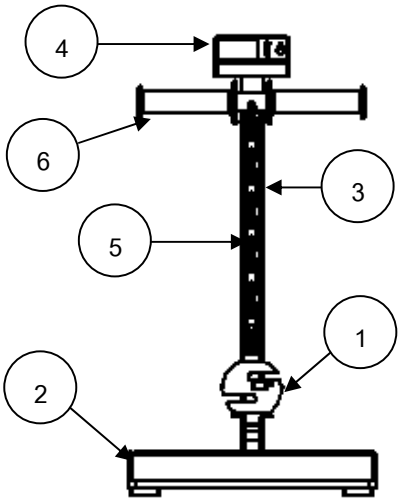
ครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ฐานข้อมูล ขนาดความกว้าง-ความยาว ของเท้า ขนาดความกว้าง-ความยาวของมือ และความสูงระดับเท้าถึงข้อศอก ที่ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 ของสัดส่วนดังกล่าว จากกิตติ และคณะ (2531) มาใช้ในการออกแบบเครื่องมือ เพื่อให้เครื่องมือวัดมีขนาดเหมาะสมกับผู้ใช้งานมากที่สุด ดังนี้

1. ความกว้างเท้า (foot breadth) ค่าที่ใช้จริงในการออกแบบ = 12.00 เซนติเมตร
   (ค่าประมาณที่ใช้จากงานวิจัย = 11.29 เซนติเมตร)
2. ความยาวเท้า (foot length) ค่าที่ใช้จริงในการออกแบบ = 27.00 เซนติเมตร
   (ค่าประมาณที่ใช้จากงานวิจัย = 26.78 เซนติเมตร)

3. ความกว้างมือ (hand breadth) ค่าที่ใช้จริงในการออกแบบ = 9.00 เซนติเมตร
(ค่าประมาณที่ใช้จากงานวิจัย = 8.99 เซนติเมตร)

4. ความยาวมือ (hand length) ค่าที่ใช้จริงในการออกแบบ = 20.00 เซนติเมตร
(ค่าประมาณที่ใช้จากงานวิจัย = 19.22 เซนติเมตร)

5. ความสูงระดับเท้า-ข้อศอก (shoulder hight) ค่าที่ใช้จริง = 119.00 เซนติเมตร
(ค่าประมาณที่ใช้จากงานวิจัย = 119.00 เซนติเมตร)



1. โหลดเซลล์
2. ฐาน
3. เสา
4. ตัวแสดงผล
5. โซ่
6. ด้ามจับ

ภาพที่ 1 ส่วนประกอบเครื่องมือวัด

การทดสอบและปรับปรุงด้านเทคนิค

ในการตั้งค่า (set up) เครื่องมือวัดหาค่าภาระจำเป็นต้องมีลูกตุ้มน้ำหนักที่ทราบขนาดและชุดทดสอบที่ได้มาตรฐานเพื่อใช้ในการทดสอบเครื่องมือวัดหาค่าภาระในสภาวะที่รับแรงดึง สำหรับงานวิจัยครั้งนี้จะทำการทดสอบโดยการเพิ่มลูกตุ้มน้ำหนักจาก 0-40 นิวตัน โดยมีอัตราการเพิ่มครั้งละ 10 นิวตัน เพราะเป็นเพียงการทดสอบว่าเครื่องสามารถใช้งานได้ตามที่ได้ทำการชั่งลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐานไปหรือไม่ จึงใช้ที่น้ำหนักที่ค่าน้อยๆ ก่อนและเป็นเพียงการกำหนดค่าตัวเลขที่ต้องการแสดงผลบนตัวแสดงผลก่อน การตั้งค่าเครื่องมือวัด มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ลูกตุ้มน้ำหนัก โหลดเซลล์ (load cell) และตัวแสดงผลแบบดิจิตอล (digital indicator) ให้พร้อม

2. ยึดโหลดเซลล์ (load cell) ไว้กับตัวยึดด้านบนของเครน พร้อมกับติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ และต่อตัวแสดงผลแบบดิจิตอล (digital Indicator) เข้ากับโหลดเซลล์

3. แขวนลูกตุ้มน้ำหนักที่ 10 นิวตัน ทำการป้อนค่าในตัวแสดงผลแบบดิจิตอล (digital indicator) ให้แสดงหน้าจอ เป็น 1.02 กิโลกรัม (10 นิวตัน มีค่าเท่ากับ 1.02 กิโลกรัม)

4. เพิ่มลูกตุ้มน้ำหนักครั้งละ 10 นิวตัน แล้วอ่านค่าที่ได้จากตัวตัวแสดงผลแบบดิจิตอล (Digital Indicator) พร้อมจดบันทึกค่าที่ได้ ทำซ้ำ จนถึง 40 นิวตัน

5. ตรวจสอบค่าที่อ่านได้จริงกับตุ้มน้ำหนักเพื่อดูว่าเครื่องวัดสามารถแสดงผลได้ตรงตามค่ามาตรฐานหรือไม่ ดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าการตั้งค่าเครื่องมือวัด

น้ำหนักจริง (นิวตัน)	แสดงที่หน้าจอ (กก.)	ผลสรุป
10 (1.02 กก.)	1.02	ผ่าน
20 (2.04 กก.)	2.04	ผ่าน
30 (3.06 กก.)	3.06	ผ่าน
40 (4.08 กก.)	4.08	ผ่าน

ผลจากตารางข้างต้นแสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดสามารถแสดงผลได้ตรงตามค่ามาตรฐาน

การสอบเทียบ (calibration)

การสอบเทียบเป็นการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องมือวัดที่เราใช้กับค่ามาตรฐานการวัด หรืออุปกรณ์มาตรฐานการวัดที่รู้ค่า และสอบกลับถึงค่ามาตรฐานการวัดสากลได้ การสอบเทียบนี้จะแสดงให้เห็นค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าอ่านของเครื่องมือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และค่ามาตรฐาน เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าเครื่องมือวัดที่เราใช้ยังคงวัดได้ไม่ผิดไปมากกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ การสอบเทียบเครื่องมือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งมีน้ำหนักสูงสุดที่ 200 กิโลกรัม จะแบ่งเป็น 3 ช่วงดังนี้ 50 นิวตัน 100 นิวตัน 150 นิวตัน เหตุผลที่เลือก 3 ช่วงน้ำหนักดังกล่าว เนื่องจากจำนวนของตุ้มน้ำหนักที่เป็นมาตรฐานที่นำมาสอบเทียบในงานวิจัยครั้งนี้มีจำนวนน้อย จึงเลือกเฉพาะ 3 ช่วงดังกล่าว เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของเครื่องมือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ว่าในช่วงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจะมีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการสอบเทียบจากการชั่งตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่ 50 นิวตัน 100 นิวตัน 150 นิวตัน มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.006 ดังนั้น ความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจึงเท่ากับ 0.006 ซึ่งค่า repeatability ซึ่งกำหนดมาจากตุ้มน้ำหนักเท่ากับ 0.05 ดังนั้น ความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนี้จึงเท่ากับ 0.006 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้สำหรับการทดสอบที่ต้องการความถูกต้องที่ 0.05 กิโลกรัม การตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่อ่านได้ในการสอบเทียบจะเห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านได้ที่แสดงบนหน้าจอแสดงผลกับตุ้มน้ำหนักจะต้องแสดงค่าตามตุ้มน้ำหนักที่นำมาสอบเทียบ เช่นตุ้มน้ำหนักหนัก 50 นิวตัน ต้องแสดงบนจอแสดงผล เป็น 5.10 กิโลกรัม เป็นต้น ดังนั้น จึงสามารถตัดสินใจได้ว่าเครื่องมือวัดที่สร้างนี้สามารถวัดได้ไม่ผิดไปมากกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงน่าเชื่อถือที่จะนำไปใช้วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้โดยไม่ต้องมีค่า บวก-ลบ จากค่าที่อ่านได้จากการแสดงผลของเครื่องมือ ดังแสดงในภาพที่ 2

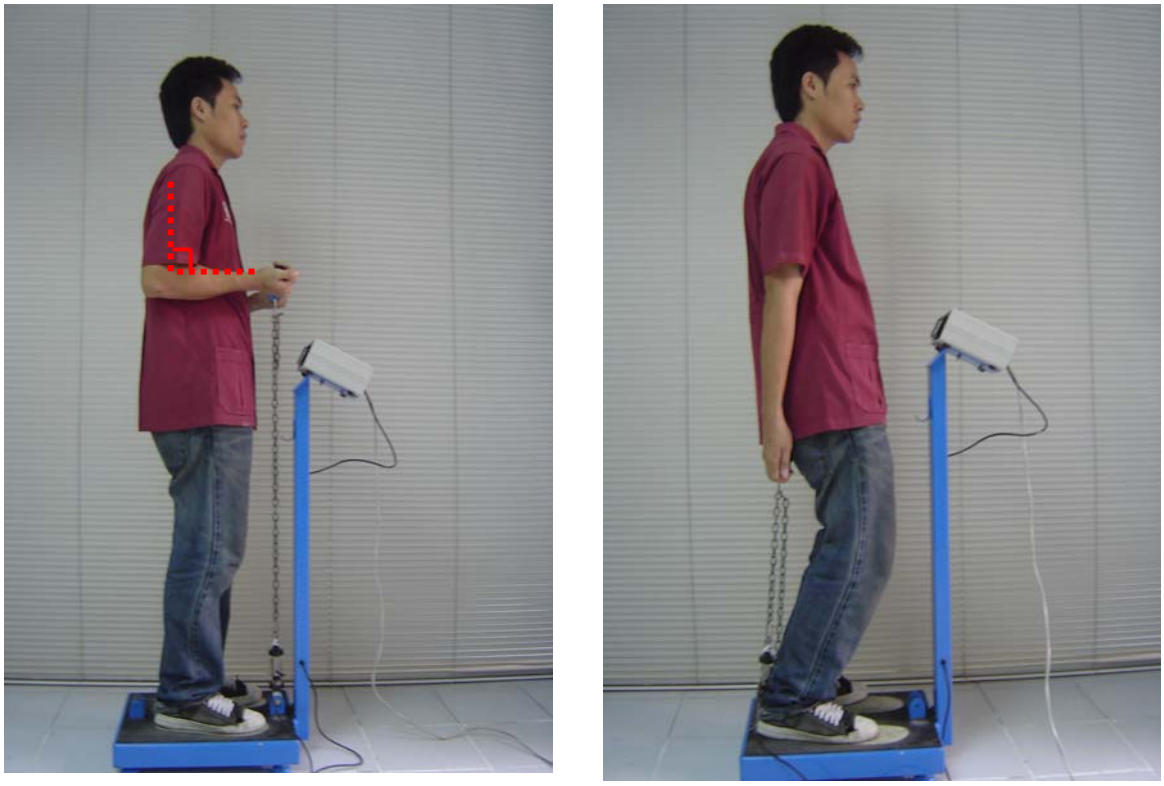
ภาพที่ 2 การสอบเทียบเครื่องมือวัด

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้การทำฐานข้อมูล ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อซึ่งเก็บข้อมูลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนแขนและขาโดยการ กำหนดกลุ่มประชากรเป็นนักศึกษาชายระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ที่มีอายุ ระหว่าง 18-24 ปี จำนวน 100 คน โดยแสดงท่าทางการวัดดัง ภาพที่ 3 ผลที่ได้แสดงดัง Table 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และต่ำสุดของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อ	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	เปอร์เซ็นไทล์ที่				
	(kgf)	(kgf)			5	10	50	90	95
แขน	33.96	4.95	24.34	47.98	27.24	28.80	32.42	41.89	44.46
ขา	106.05	9.68	72.43	145.55	94.15	95.76	106.10	116.66	119.50



ภาพที่ 2 ท่าทางการวัดกำลังของกล้ามเนื้อ แขนและขา

การเลือกกลุ่มประชากรชายที่มีอายุระหว่าง 18-24 ปี เนื่องจากเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีช่วงอายุในการใช้แรงงานในภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก และประโยชน์ของการทำฐานข้อมูลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นเพื่อประโยชน์ในอนาคตของการศึกษาวิจัยทางการยศาสตร์โดยสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบ สร้างเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติงานและออกแบบท่าทางการปฏิบัติงานทั้งงานในอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม เพื่อลดการบาดเจ็บของหลังและแขนในการทำงานลักษณะ งานยก ผลัก หรือลาก เป็นต้น นอกจากนี้ การนำค่าเปอร์เซ็นไทล์ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบท่าทางการทำงาน ในช่วงค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 50 ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน จากกลุ่มนักศึกษาชายจำนวน 100 คน ที่มีอายุ 18-24 ปี สามารถยกหรือผลักสิ่งของในหน้าที่การปฏิบัติงานโดยไม่เกิดอาการบาดเจ็บและการฉีกขาดของกล้ามเนื้อ โดยที่สิ่งของเหล่านั้นต้องมีน้ำหนักไม่เกิน 32 กิโลกรัม ในลักษณะท่ายืนตรงขณะยกสิ่งของนั้นๆ และเช่นเดียวกับในช่วงค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 สามารถปฏิบัติงาน เช่น ยกหรือผลักสิ่งของโดยไม่เกิดอาการบาดเจ็บและการฉีกขาดของกล้ามเนื้อ โดยที่สิ่งของเหล่านั้นต้องมีน้ำหนักไม่เกิน 44 กิโลกรัม ในลักษณะท่ายืนตรงขณะยกสิ่งของนั้นๆ เช่นกัน ซึ่ง ลักษณะงานดังกล่าว เช่น การยกสิ่งของบนโต๊ะ หรือที่มีความสูงระดับอก และในลักษณะเดียวกันในช่วงค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 50 ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา จากกลุ่มนักศึกษาชายจำนวน 100 คน ที่มีอายุ 18-24 ปี สามารถยกสิ่งของในหน้าที่การปฏิบัติงานโดยไม่เกิดอาการบาดเจ็บและการฉีกขาดของกล้ามเนื้อ โดยที่สิ่งของเหล่านั้นต้องมีน้ำหนักไม่เกิน 106 กิโลกรัม ในลักษณะท่ายืนแบบงอเข่าขณะยกสิ่งของนั้นๆ และเช่นเดียวกับในช่วง

ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 สามารถปฏิบัติงาน เช่น ยกสิ่งของโดยไม่เกิดอาการบาดเจ็บและการฉีกขาดของกล้ามเนื้อ โดยที่สิ่งของเหล่านั้นต้องมีน้ำหนักไม่เกิน 119 กิโลกรัม ในลักษณะท่ายืนแบบงอเข่าขณะยกสิ่งของนั้นๆ เช่นกัน ซึ่ง ลักษณะงานดังกล่าว เช่น การยกสิ่งของที่วางบนพื้น หรือสิ่งของที่วางบนโต๊ะที่มีความสูงระดับเข่า เป็นต้น

ผลการทดลองและวิจารณ์

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบสร้างเครื่องมือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบระบบดิจิตอลที่มีค่าของการวัดอยู่ในช่วง 0-200 กิโลกรัม เพื่อเป็นอุปกรณ์ในการทำวิจัยในเชิงการยศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนแขนและขาในการออกแบบเครื่องมือได้ใช้ฐานข้อมูลสัดส่วนร่างกายมาตรฐานมาช่วยในการออกแบบขนาดของเครื่องมือและได้มีการสอบเทียบ (calibration) โดยใช้ลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐานจากห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล ของทางมหาวิทยาลัย มาเป็นอุปกรณ์ ใช้ในการสอบเทียบ โดยการทดสอบกับตุ้มน้ำหนักมาตรฐานจำนวน 3 ค่า คือ ที่น้ำหนัก 50 นิวตัน 100 นิวตัน และ 150 นิวตัน โดยทำการชั่งซ้ำน้ำหนักละ 10 ครั้ง ซึ่งผลของการสอบเทียบสามารถสอบกลับหาค่ามาตรฐานของตุ้มน้ำหนักได้จริง

นอกเหนือจากนั้นยังได้ทำฐานข้อมูล ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนและขานักศึกษาชาย จำนวน 100 คน ซึ่งอยู่ในช่วงของข้อมูลมาตรฐาน โดยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.96±4.95 กิโลกรัม และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา 106.05±9.68 กิโลกรัม ตามลำดับ

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน คือ ท่าทางการทดสอบ ระยะเวลาการดึง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้กำหนดท่าทางและเวลาในการดึงให้เป็นมาตรฐานโดยการระบุลงในคู่มือขั้นตอนการปฏิบัติงาน (work instruction) และคู่มือการใช้เครื่องมือวัด เพื่อควบคุมปัจจัยดังกล่าว กลุ่มประชากรชายที่มีอายุระหว่าง 18-24 ปี เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีช่วงอายุในการใช้แรงงานในภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก และประโยชน์ของการทำฐานข้อมูลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นเพื่อประโยชน์ในอนาคตของการศึกษาวิจัยทางการยศาสตร์โดยสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบ สร้างเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติงานและออกแบบท่าทางการปฏิบัติงานทั้งงานในอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม เพื่อลดการบาดเจ็บของหลังและแขนในการทำงานลักษณะ งานยก ผลัก หรือลาก

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้สามารถ พัฒนาเครื่องวัดความแข็งแรงของบุคคลโดยใช้ load cell และ digital display ผู้วิจัยได้การทดสอบเครื่องวัดความแข็งแรงของบุคคล และสร้างฐานข้อมูล กำลังสถิตของกล้ามเนื้อส่วนแขนและขา ซึ่งเครื่องมือวัดที่ได้มีค่าใช้จ่ายในการสร้างต่ำ และสามารถนำไปใช้ในการศึกษาวิจัยทางกายศาสตร์เพื่อออกแบบท่าทางการทำงานของเกษตรกรและเครื่องมืออุปกรณ์ทางการเกษตรที่เหมาะสมกับความแข็งแรงของเกษตรกรในการวิจัยอื่นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียที่สนับสนุนงบประมาณในงานวิจัยชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

กิตติ อินทรานนท์. 2531. **สัดส่วนร่างกายและความสามารถสูงสุดในการทำงานของกลุ่มประชากรอาชีพเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.** องค์การเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศแห่งสหรัฐอเมริกา (USAID)และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ขอนแก่น.

กิตติ อินทรานนท์. 2532. **การพัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้ในการทดสอบลักษณะมนุษย์ของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.** โครงการวิจัยทุนส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

กิตติ อินทรานนท์. 2548. **การยศาสตร์ (Ergonomics).** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย. 2547. **การออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องมือวัดสำหรับแรงดึงและแรงกด.** รายงานการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ขอนแก่น.

กิตติศักดิ์ พลอยพาณิชเจริญ. 2549. **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ.** พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น): กรุงเทพฯ.

กิตติศักดิ์ พลอยพาณิชเจริญ. 2550. **การวิเคราะห์ระบบการวัด(MSA) [ประมวลผลด้วยMINITAB].** พิมพ์ครั้งที่ 6. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น): กรุงเทพฯ.

ขจรศักดิ์ ปิ่นวิเศษ. 2547. **การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องวัดแรงระบบดิจิตอล.** วิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: กรุงเทพฯ.

ชยานนท์ วีระวุฒิ. 2538. **การทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ.** ปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: กรุงเทพฯ.

นิศากร แสงไชยญา. 2545. **การวัดขนาดมือของคนงานหญิงไทยที่ทำงานในอุตสาหกรรม.** วิทยานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: กรุงเทพฯ.

ปัญญา วีระชัย. 2546. **การออกแบบโหลดเซลล์.** ปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ขอนแก่น.

สมหมาย เถื่อนเมือง. 2536. **การเปรียบเทียบความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาระหว่างมุมเริ่มต้นในการเหยียดของข้อเข่าที่ต่างกัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

สุทธิรักษ์. 2538. **การสร้างและทดสอบการใช้โหลดเซลล์สำหรับวัดน้ำหนัก.** ปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: กรุงเทพฯ.

สุทธิ์ ศรีบูรพา. 2540. **เออร์กอนอมิกส์: วิศวกรรมมนุษยปัจจัย.** ซีเอ็ดยูเคชั่น: กรุงเทพฯ.

การประยุกต์ใช้เครื่องวัดความขุ่นในการตรวจวัดปริมาณสารแขวนลอย ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง

Application of Turbidimeter for Measurement of Suspended Solids in Activated Sludge Wastewater Treatment System

อรณิชา ศรีจันทร์* และฉัตรเพชร ยศพล

Onnicha Srichun* and Chatpet Yossapol

สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

School of Environmental Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology Nakhon Ratchasima, Thailand 30000

*Corresponding author: onnicha22@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เครื่องวัดความขุ่น HACH รุ่น 2100N ในการตรวจวัดปริมาณสารแขวนลอย สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งในน้ำทิ้งที่บำบัดแล้ว และบ่อเติมอากาศของโรงพยาบาลมหาราช จังหวัดนครราชสีมา (ME, MA) โรงพยาบาลศูนย์อนามัยที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา (PE, PA) และบริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด(มหาชน) (CE, CA) พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณสารแขวนลอยและค่าความขุ่น ของ ME, PE และ CE มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (R) เท่ากับ 0.98, 0.87 และ 0.96 ตามลำดับ ส่วนที่จุดเก็บน้ำตัวอย่างในบ่อเติมอากาศของ MA, PA และ CA มีค่า R เท่ากับ 0.99, 0.99 และ 0.99 ตามลำดับ การใช้เครื่องวัดความขุ่นนี้สามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจติดตามปริมาณสารแขวนลอย ได้อย่างง่าย รวดเร็ว ประหยัด อันจะเป็นประโยชน์ต่อการเดินระบบและการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

คำสำคัญ: เครื่องวัดความขุ่น สารแขวนลอย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ระบบตะกอนเร่ง

Abstract

This research is using a HACH 2100N turbidimeter for the measurement of suspended solids (SS) in treatment plant. Performance of activated sludge treating wastewater was studied by measuring of wastewater treatment pond and aeration pond at Maharath Nakornratchasima hospital (ME, MA), Central healthy 5 hospital (PE, PA) and Coca-Cola co, Ltd (CE, CA). The relation between of suspended solid (SS) (mg/L) and nephelometric turbidity units (NTU) of ME, PE and CE was analyzed using Pearson's correlation coefficient have R of 0.98, 0.87, and 0.96 respectively. For the MA, PA and CA have R of 0.99, 0.99, and 0.99 respectively. Although, the turbidity measurement was perform with a SS in water are easier quickly and saving the plant. However this process are useful monitor sample quality in process environments.

Keywords: turbidimeter, suspended solid, pearson's correlation coefficient, activated sludge

คำนำ

ความขุ่นเป็นลักษณะสำคัญประการหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำไม่ว่าจะเป็นน้ำดื่ม น้ำใช้ น้ำอุปโภคบริโภคไปจนถึงแหล่งน้ำธรรมชาติ ความขุ่นเกิดจากสารแขวนลอยจำพวกคอลลอยด์หรือมลทินในน้ำที่มีขนาดระหว่าง 1-1,000 นาโนเมตร (Brown *et al*., 2005) สารแขวนลอยเหล่านี้ ได้แก่ อนุภาคดิน เหนียว สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ แพลงก์ตอน หรือจุลินทรีย์ ถ้าในน้ำมีปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในปริมาณมากเมื่อแสงส่องมากระทบสารแขวนลอยจะทำให้เกิดการหักเหของแสงกระจัดกระจายไปทำให้มองเห็นน้ำมีลักษณะขุ่น ทำให้น้ำนั้นไม่น่านำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค ทำให้น่ารังเกียจและมีผลต่อระบบการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ ความขุ่น (turbidity) และสารแขวนลอย (suspended solid, SS) สามารถวัดได้ในรูปของค่าความขุ่นและค่าสารแขวนลอย ในการวิเคราะห์น้ำธรรมชาตินิยมวัดค่าความขุ่นมากกว่าวัดปริมาณสารแขวนลอยเนื่องจากสามารถวัดได้ง่ายกว่ามาก (มั่นสิน, 2543) ตัวอย่างน้ำที่มีค่าความขุ่นมากย่อมมีค่าปริมาณสารแขวนลอยสูงด้วย ในทางตรงกันข้าม น้ำเสียมักมีสารแขวนลอยสูงกว่าน้ำธรรมชาติ การนำเครื่องวัดความขุ่นมาใช้บอกความสัมพันธ์ของค่าปริมาณสารแขวนลอยและค่าความขุ่นนั้น สามารถสร้างความสัมพันธ์สำหรับหาค่าปริมาณสารแขวนลอยได้ในตรวจติดตามปริมาณสารแขวนลอยในน้ำผิวดิน และน้ำธรรมชาติ (Packman *et al*., 2000; Pavelich, 2002) และใช้เป็นพารามิเตอร์สำหรับการประเมินคุณภาพน้ำด้วยการใช้วิธีการวัดความขุ่น ซึ่งทำให้เกิดความสะดวก รวดเร็วและทุ่นค่าใช้จ่ายมากกว่าการวิเคราะห์หาค่าของแข็งแขวนลอยทั่วไป

อุปกรณ์และวิธีการ

จุดเก็บตัวอย่าง

การศึกษาวิจัยนี้ได้เก็บน้ำตัวอย่างจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งจากบ่อเติมอากาศและน้ำทิ้งที่บำบัดแล้วของโรงพยาบาลมหาราช จังหวัดนครราชสีมา ใช้คำย่อเรียกว่า MA และ ME ตามลำดับ บ่อเติมอากาศและน้ำทิ้งที่บำบัดแล้วของโรงพยาบาลศูนย์อนามัยที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา ใช้คำย่อเรียกว่า PA และ PE และบ่อเติมอากาศและน้ำทิ้งที่บำบัดแล้วของบริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด (มหาชน) ใช้คำย่อเรียกว่า CA และ CE น้ำตัวอย่างจากแต่ละสถานที่จะไม่นำมาเจือจางและนำมาเจือจางโดยประมาณที่ร้อยละการเจือจางที่ 20, 10, 5, 2 และ 0.1 ตามลำดับ โดยใช้หมายเลข 1 ต่อท้ายคำย่อแทนน้ำตัวอย่างที่ไม่มีการเจือจางและหมายเลข 2, 3, 4, 5 และ 6 แทนน้ำตัวอย่างที่มีการเจือจางโดยประมาณตามลำดับร้อยละการเจือจางข้างต้น ในการเก็บข้อมูลวิจัยนี้ได้ใช้ระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน-เดือนตุลาคม 2552

วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอยและค่าความขุ่นจะใช้วิธีการกรองด้วยกระดาษกรองตามมาตรฐาน 2540D. Total suspended solids dried at 103-105°ซ และวิเคราะห์ค่าความขุ่นตามวิธีมาตรฐานเนเฟโลเมตริก 2130B. ในหน่วยเอนทียู (Nephelometric Turbidity Unit, NTU) ที่สามารถวัดได้สะดวกและรวดเร็ว (APHA, 1998) น้ำตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์นี้จะวัดค่าปริมาณสารแขวนลอยและค่าความขุ่นที่ไม่ได้มีการเจือจางและมีการเจือจางน้ำตัวอย่างโดยประมาณที่ร้อยละการเจือจางที่ 20, 10, 5, 2 และ 0.1 ตามลำดับ (Sadar, 2002)

การคำนวณปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ได้รับการบำบัดแล้วทำการคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$SS = \frac{(B - A) \times 10^{6}}{V} \quad (1)$$

โดยที่ SS คือค่าปริมาณสารแขวนลอย (มก/ล) A คือน้ำหนักของกระดาษกรองเริ่มต้น (กรัม) B คือน้ำหนักของกระดาษกรองสุดท้าย (กรัม) และ V คือปริมาตรของน้ำตัวอย่าง (มล.)

เครื่องวัดความขุ่น ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเป็นชนิดเครื่องวัดความขุ่นในห้องปฏิบัติการ ยี่ห้อ HACH รุ่น 2100N (Figure 1) ใช้หลักการออกแบบตามมาตรฐานของ EPA method 180.1 (Appendix C) (USEPA, 1993) ชนิดการออกแบบด้วยอัตราส่วนของแสง หรือเรียกว่า “ratio design” สามารถวัดความขุ่นอยู่ในช่วงระหว่าง 0-4000 NTU เครื่องมือนี้ต้องสอบเทียบด้วยสารละลายมาตรฐานฟอร์มาซิน (formazin standard) ซึ่งจะนำมาเจือจางให้อยู่ในช่วงค่าความขุ่นที่ต้องการวัดเพื่อทำเป็นกราฟมาตรฐาน

Figure 1 Bench top turbidimeter (Hach company, 1995)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

คัดเลือกตัวอย่างโดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างในแต่ละจุดเก็บตามวิธีของทาโร ยามาเน (Yamene, 1970) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สุ่มจำนวน 30 ตัวอย่าง จากแต่ละสถานที่ โดยกำหนดตัวแปรอิสระ (X) คือค่าความขุ่น และตัวแปรตาม (Y) คือ ค่าปริมาณสารแขวนลอย ใช้วิธีทางสถิติในการทดสอบความถูกต้องโดยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยใช้สัญลักษณ์ R แทนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson’s Correlation Coefficient) สามารถหาได้จากสมการที่ (2) และวัดค่าการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE; Standard Error of Estimate) (กัลยา, 2551) ได้จากสมการที่ (3)

$$R = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^{2} \sum (Y - \bar{Y})^{2}}} \quad (2)$$

โดยที่ R คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน X คือตัวแปรอิสระ และ Y คือตัวแปรตาม

$$SE = \frac{STD}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

โดยที่ SE คือ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน STD คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ n คือจำนวนตัวอย่าง

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารแขวนลอยและความขุ่นจากหลายงานวิจัยที่ได้มีการศึกษานำเครื่องวัดความขุ่นมาใช้เพื่อดูแนวโน้มของปริมาณสารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำว่ามีปริมาณสูงหรือต่ำ เพราะจะมีผลต่อค่าความขุ่นของน้ำ การกัดเซาะ การพังทลายของหน้าดิน และความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตที่จะอยู่ในน้ำได้ (Downing, 2008) และความแตกต่างของสถานที่และอัตราการไหลของน้ำที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อสมการถดถอย (Randerson *et al*., 2005) ซึ่งจากงานวิจัยนี้การวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอยและค่าความขุ่นจากจุดเก็บน้ำต่าง ๆ ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งและน้ำทิ้งที่บำบัดแล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยการเจือจางโดยประมาณและไม่มีการเจือจางโดยประมาณ พบว่า น้ำเสียของโรงพยาบาลมหาราช จังหวัดนครราชสีมา จากบ่อเติมอากาศที่ MA1 ที่ไม่มีการเจือจางโดยประมาณนั้นไม่สามารถวัดค่าความขุ่นได้ในบ่อเติมอากาศ (Table 1) เนื่องจากมีค่าความขุ่นเกินช่วงการวัดได้ของเครื่องมือวัด นั่นคือ 0-4,000 NTU จึงต้องวิเคราะห์น้ำตัวอย่างได้ด้วยการประมาณการเจือจางก่อนที่ร้อยละการเจือจางที่ 20, 10, 5, 2 และ 0.1 ตามลำดับ ผลการศึกษานี้ MA2, MA3, MA4, MA5 และ MA6 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (R) เท่ากับ 0.96, 0.91, 0.90, 0.86 และ 0.83 ตามลำดับ และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) เท่ากับ 19.98, 14.09, 13.53, 7.69 และ 8.27 ตามลำดับ ซึ่ง MA2-MA6 (n=150) สามารถวัดค่าปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วงระหว่าง 88.40-1000.00 mg/L และวัดค่าความขุ่นอยู่ในช่วงระหว่าง 19.00-1178.00 NTU ผลของค่า R มีค่าเท่ากับ 0.99 ค่า SE มีค่าเท่ากับ 16.26 โดยมีสมการถดถอยอย่างง่ายคือ SS(mg/L) = 0.73 (Turbidity)+85.26 และน้ำทิ้งที่บำบัดแล้วของโรงพยาบาลมหาราช จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ME1, ME2, ME3, ME4, ME5 และ ME6 มีค่า R เท่ากับ 0.94, 0.94, 0.92, 0.88, 0.85 และ 0.93 ตามลำดับ และค่า SE เท่ากับ 2.22, 1.69, 1.19, 1.05, 1.05 และ 0.82 ตามลำดับ ซึ่ง ME1-ME6 (n=180) สามารถวัดค่าปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วงระหว่าง 14.00-83.00 mg/L และวัดค่าความขุ่นอยู่ในช่วงระหว่าง 0.58-66.80 NTU ผลของค่า R มีค่าเท่ากับ 0.98 ค่า SE มีค่าเท่ากับ 3.56 โดยมีสมการถดถอยอย่างง่ายคือ SS(mg/L) = 0.85(Turbidity) +18.98

ส่วนน้ำเสียของโรงพยาบาลศูนย์อนามัยที่ 5 จังหวัดนครราชสีมาจากบ่อเติมอากาศที่ PA1 ที่ไม่มีการเจือจางโดยประมาณนั้นไม่สามารถวัดค่าความขุ่นได้ในบ่อเติมอากาศ และ PA2, PA3, PA4, PA5 และ PA6 มีค่า R เท่ากับ 0.89, 0.86, 0.83, 0.77 และ 0.79 ตามลำดับ และค่า SE เท่ากับ 20.55, 20.53, 10.77, 3.88 และ 3.59 ตามลำดับ ซึ่ง PA2-PA6 (n=150) สามารถวัดค่าปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วงระหว่าง 23.00-1126.00 mg/L และวัดค่าความขุ่นอยู่ในช่วงระหว่าง 10.00-396.10 NTU ผลของค่า R มีค่าเท่ากับ 0.99 ค่า SE มีค่าเท่ากับ 33.47 โดยมีสมการถดถอยอย่างง่ายคือ SS(mg/L) = 3.14(Turbidity)-17.69 และน้ำทิ้งที่บำบัดแล้วของโรงพยาบาลศูนย์อนามัยที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา พบว่า PE1, PE2, PE3, PE4, PE5 และ PE6 มีค่า R เท่ากับ 0.91, 0.91, 0.86, 0.79, 0.76 และ 0.47 ตามลำดับ และค่า SE เท่ากับ 1.83, 2.27, 1.16, 0.83, 0.53 และ 1.35 ตามลำดับ ซึ่ง PE1-PE6 (n=180) สามารถวัดค่าปริมาณสารแขวนลอยได้อยู่ในช่วงระหว่าง 2.00-55.20 mg/L และวัดค่าความขุ่นได้อยู่ในช่วงระหว่าง 0.22-7.97 NTU โดยมีผลของค่า R เท่ากับ 0.87 และค่า SE มีค่าเท่ากับ 7.36 สมการถดถอยอย่างง่ายของโรงพยาบาลอนามัยศูนย์ที่ 5 คือ สมการถดถอย SS(mg/L) = 5.16(Turbidity) +11.66

น้ำเสียของบริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด (มหาชน) จากบ่อเติมอากาศ CA1, CA2, CA3, CA4, CA5 และ CA6 มีค่า R เท่ากับ 0.90, 0.92, 0.89, 0.86, 0.85 และ 0.86 ตามลำดับ และค่า SE เท่ากับ 14.08, 13.17, 12.72, 6.44, 3.97 และ 2.50 ตามลำดับ ซึ่ง CA1-CA6 (n=180) สามารถวัดค่าปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วงระหว่าง 8.00-1,186.00 mg/L และวัดค่าความขุ่นอยู่ในช่วงระหว่าง 4.30-1496.00 NTU ผลของค่า R มีค่าเท่ากับ 0.99 ค่า SE มีค่าเท่ากับ 39.47 โดยมีสมการถดถอยอย่างง่ายคือ SS(mg/L) = 0.77(turbidity)+ 483.42 ในน้ำทิ้งที่บำบัดแล้วของบริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด(มหาชน) พบว่า CE1, CE2, CE3, CE4, CE5 และ CE6 มีค่า R เท่ากับ 0.89, 0.92, 0.87, 0.82, 0.80 และ 0.78 ตามลำดับ และค่า SE เท่ากับ 2.48, 1.78, 1.60, 1.18, 0.82 และ 0.59 ตามลำดับ ซึ่ง CE1-CE6 (n=180) สามารถวัดค่าปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วงระหว่าง 1.00-81.00 mg/L และวัดค่าความขุ่นอยู่ในช่วงระหว่าง 0.12-5.41 NTU ผลของค่า R มีค่าเท่ากับ 0.96 ค่า SE มีค่าเท่ากับ 6.47 โดยมีสมการถดถอยอย่างง่ายคือ SS(mg/L) = 12.99 (turbidity)+6.82 การวิเคราะห์ค่าความขุ่นนี้น้ำตัวอย่างที่อยู่ในหลอดตัวอย่าง (cuvett) ต้องมีการผสมรวมกันให้เป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อใส่ลงในช่องตัวอย่างให้บันทึกในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ในช่วงระยะเวลา 5-15 วินาที (Sadar, 1996) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ค่าเฉลี่ยนั้นเป็นค่าความขุ่นของน้ำตัวอย่าง แสงจะส่องไปยังอนุภาคทำให้เกิดการกระเจิงของแสงที่กระทบกับอนุภาคเปลี่ยนไป แสงที่มาจากแหล่งกำเนิดแสงจะให้ค่าความยาวคลื่นที่อยู่ในช่วง 400-600 นาโนเมตร (USEPA, 1999) ความขุ่นนี้นอกจากใช้เพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำแล้ว ยังใช้เพื่อการพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นและการตกตะกอนของสารแขวนลอยในลุ่มน้ำ โดยประเมินได้ข้อมูลการตรวจวัดความขุ่น (Marquis, 2005) ทั้งนี้ความสัมพันธ์ที่ดีของค่าปริมาณสารแขวนลอยและค่าความขุ่นมีค่า R อยู่ในช่วง 0.716-0.999 (Suk *et al*., 1998) ความสัมพันธ์ของสมการถดถอยจะมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำและเครื่องวัดความขุ่นที่ใช้ในการศึกษาด้วย

Table 1 Analysis of the relationship between suspended solid and turbidity HACH 2100N of turbidimeter in activated sludge wastewater treatment plant

Code	Sample	SS Concentration				Turbidity				Linear Regression*			Standard Error
		Min (mg/l)	Max (mg/l)	Mean (mg/l)	STD**	Min (NTU)	Max (NTU)	Mean (NTU)	STD	Slope (a)	Interce pt (b)	Correlation Coefficient (r)	(SE)***
ME1	30	57.00	83.00	69.24	6.35	52.30	66.80	60.60	3.86	1.54	-24.19	0.94	2.22
ME2	30	31.00	49.00	39.25	4.87	12.08	23.96	17.61	3.37	1.36	15.34	0.94	1.69
ME3	30	22.00	32.00	26.70	3.02	4.24	13.65	8.51	2.81	0.99	18.24	0.92	1.19
ME4	30	17.00	26.00	21.93	2.18	2.29	5.40	3.79	0.85	2.25	13.41	0.88	1.05
ME5	30	16.00	24.00	20.80	1.97	1.11	3.52	2.20	0.65	2.59	15.09	0.85	1.05
ME6	30	14.00	21.00	16.63	2.22	0.58	2.12	1.08	0.46	4.47	11.81	0.93	0.82
ME1-ME6	180	14.00	83.00	32.35	18.39	0.58	66.80	15.57	21.07	0.85	18.98	0.98	3.56
MA1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA2	30	720.00	1,000.00	8.06E2	67.85	916.00	1,178.00	9.97E2	63.23	1.03	217.48	0.96	19.98
MA3	30	380.00	523.00	4.41E2	34.23	429.40	551.00	4.83E2	37.16	0.84	33.94	0.91	14.09
MA4	30	207.00	333.00	2.67E2	30.76	201.40	305.00	2.46E2	28.06	0.98	23.05	0.90	13.53
MA5	30	114.00	181.00	1.47E2	14.69	67.80	105.10	83.81	9.56	1.32	37.28	0.86	7.69
MA6	30	88.40	139.20	1.09E2	14.48	19.00	56.50	36.80	9.29	1.29	61.74	0.83	8.27
MA1-MR6	150	88.40	1,000.00	3.53E2	257.14	19.00	1,178.00	3.69E2	353.19	0.73	85.26	0.99	16.26
PE1	30	39.40	55.20	46.82	4.43	6.78	7.97	7.31	0.33	12.12	-41.79	0.91	1.83
PE2	30	19.00	42.50	30.97	5.35	1.26	2.18	1.69	0.23	21.43	-5.39	0.91	2.27
PE3	30	15.00	23.00	19.60	2.23	0.51	0.73	0.62	0.06	29.79	0.89	0.86	1.16
PE4	30	15.14	20.04	17.68	1.35	0.46	0.63	0.53	0.05	21.25	6.32	0.79	0.83
PE5	30	6.86	10.00	8.49	0.81	0.36	0.58	0.47	0.06	10.43	3.59	0.76	0.53
PE6	30	2.00	3.00	2.77	0.43	0.217	0.35	0.29	0.04	5.59	1.15	0.47	1.35
PE1-PE6	180	2.00	55.20	21.06	14.88	0.22	7.97	1.82	2.51	5.16	11.66	0.87	7.36

*SS (mg/L) = a x Turbidity(NTU) + b

**STD = standard deviation ***SE = standard error

Table 1 (continued)

Code	Sample	SS Concentration				Turbidity				Linear Regression*			Standard Error
		Min (mg/l)	Max (mg/l)	Mean (mg/l)	STD**	Min (NTU)	Max (NTU)	Mean (NTU)	STD	Slope (a)	Intercept (b)	Correlation Coefficient (r)	(SE)***
PA1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA2	30	973.00	1,126.00	1.05E3	45.18	289.00	396.18	3.38E2	32.01	1.26	624.65	0.89	20.55
PA3	30	435.00	597.00	5.20E2	39.22	135.00	194300	1.69E2	16.04	2.09	165.77	0.86	20.53
PA4	30	184.00	259.10	2.21E2	18.83	70.28	96.00	83.56	6.99	2.23	34.90	0.83	10.77
PA5	30	77.30	100.70	91.00	5.94	25.20	41.30	34.24	4.54	1.01	56.59	0.77	3.88
PA6	30	23.00	45.20	33.11	5.72	10.00	18.49	14.14	2.71	1.66	9.64	0.79	3.59
PA1-PA6	150	23.00	1,126.00	3.83E2	37.4	10.00	396.10	1.28E2	119.78	3.14	-17.69	0.99	33.47
CE1	30	57.00	81.00	70.73	5.52	48.0	5.41	5.10	0.17	28.47	-74.48	0.89	2.48
CE2	30	25.00	43.00	32.56	4.42	1.04	1.51	1.24	0.13	30.51	-5.28	0.92	1.78
CE3	30	14.00	27.00	20.97	3.25	0.48	0.73	0.61	0.07	40.54	-3.80	0.87	1.60
CE4	30	9.00	16.00	12.37	2.03	0.34	0.66	0.52	0.09	18.29	2.85	0.82	1.18
CE5	30	5.00	10.00	7.41	1.34	0.19	0.58	0.39	0.11	9.99	3.52	0.80	0.82
CE6	30	1.00	4.00	2.49	0.92	0.12	0.42	0.26	0.08	8.85	0.156	0.78	0.59
CE1-CE6	180	1.00	81.00	24.42	23.17	0.12	5.41	1.35	1.71	12.99	6.82	0.96	6.47
CA1	30	1064.00	1,186.00	1.13E3	32.36	1,345.00	196.00	1.42E3	43.17	0.67	167.95	0.90	14.08
CA2	30	216.00	323.00	2.70E2	33.02	173.40	240.70	2.07E2	18.91	1.61	-62.51	0.92	13.17
CA3	30	97.00	190.00	1.48E2	27.59	66.70	102.00	85.88	9.28	2.65	-78.97	0.89	12.72
CA4	30	45.00	91.00	67.85	12.59	30.30	51.70	41.28	6.01	1.81	-6.99	0.86	6.44
CA5	30	12.00	41.00	24.93	7.45	10.30	27.10	15.81	4.19	1.51	1.03	0.85	3.97
CA6	30	8.00	23.00	15.84	4.01	4.30	10.30	7.42	1.68	2.07	0.51	0.86	2.50
CA1-CA6	180	8.00	1,186.00	2.76E2	392.35	4.30	1,496.00	2,9568E2	507.39	0.77	483.42	0.99	39.47

SS (mg/L) = a x Turbidity(NTU) + b

STD = standard deviation ***SE = standard error

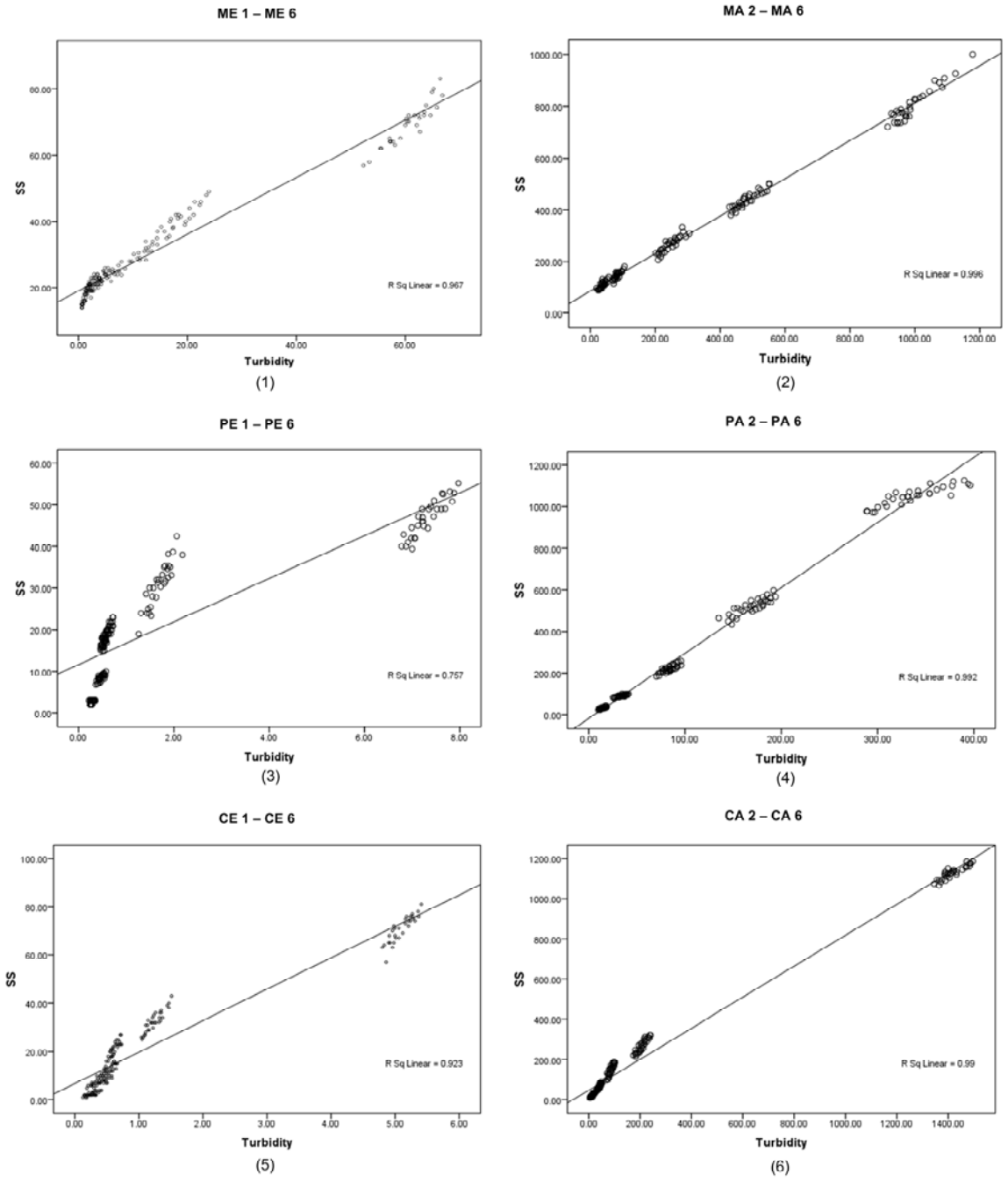


Figure 2 The relation between of suspended solid (SS) (mg/L) and nephelometric turbidity units (NTU) by picture (1) ME1-ME6 wastewater treatment pond at Maharath Nakornratchasima Hospital (2) MA2-MA6 aeration pond at Maharath Nakornratchasima Hospital (3) PE1-PE6 wastewater treatment pond at Central Healthy 5 Hospital (4) PA2-PA6 aeration pond at Central Healthy 5 Hospital (5) CE1-CE6 wastewater treatment pond at Coca-Cola co, Ltd (6) CA1-CA6 aeration pond at Coca-Cola co, Ltd

สรุปผลการวิจัย

ความขุ่นถือเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญต่อการนำไปใช้เพื่อตรวจติดตามควบคุมคุณภาพน้ำทั้งในระบบประปา น้ำดี น้ำทิ้งจากระบบบัดน้ำเสียต่างๆ และแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งจะใช้หลักการตรวจวัดด้วยหลักการวิธีเนเฟโลเมตริก (Nephelometric method) การใช้เครื่องวัดความขุ่นด้วยหลักการเนเฟโลเมตริกนี้เป็นวิธีการที่วัดความขุ่นได้อย่างสะดวก รวดเร็ว โดยอาศัยหลักการกระจายของแสงไปยังอนุภาค จากการประยุกต์ใช้เครื่องวัดความขุ่น HACH รุ่น 2100N ทั้งนี้ยังต้องดูปัจจัยอื่นๆ ก่อนที่จะนำค่าความขุ่นมาใช้ในการประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง อาทิเช่น เวลาในการวัดค่าความขุ่นซึ่งเวลาที่เหมาะสมต่อการอ่านค่าจะต้องไม่ช้าจนเกินไปที่อนุภาคแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่จะตกตะกอนได้ สรุปได้ว่าการประมาณค่าปริมาณสารแขวนลอยสามารถทำได้ด้วยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณสารแขวนลอยและค่าความขุ่นด้วยเทคนิควิเคราะห์ความสัมพันธ์ถดถอยอย่างง่าย (simple regression) ซึ่งนำไปสู่การนำไปใช้ประโยชน์ในการเดินระบบและการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียนั้น ซึ่งช่วยให้การตรวจวัดปริมาณสารแขวนลอยได้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็วมากกว่าการกรองด้วยวิธีวัดด้วยกระดาษกรองตามวิธีมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2551 . **การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล**. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2543. **เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 1**. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

APHA, AWWA and WEF. 1998. **Standard methods for the examination of water and wastewaters**. (20th ed.). American Public Health Association, Washington, D.C., pp. 2-8 to 2-11.Fibers' Diploma Thesis, Dept. Chem. Eng., Aristotle Univ. of Thessaloniki (in Greek).

Brown,T.E., H.E. LeMay, and T.E. Bursten. 2005. **Chemistry: The Central Science**. Prentice Hall.

Downing, J. 2008. **Comparison of Suspended Solids Concentration (SSC) and Turbidity**. Campbell Scientific, Inc. Application note.

Hach company. 1995. **Model 2100N Laboratory Turbidimeter Instruction Manual**. pp.1-79.

Marquis, P. 2005. **Turbidity and Suspended Sediment as Measures of Water Quality**.

Packman, J., J.C. Karen and B.D. Boot. 2000. **Using Turbidity of Determine Total Suspended Solids in Urbanizing Steams in The Puget Lowlands.**

Pavelich, M.P. 2002. Turbidity Studies at The National Water Quality Laboratory. **Turbidity and Other Surrogates Workshop Reno**, April 30–May2 2002.

Randerson, T.J., J.C. Fink, K.J Fermanich, P. Baumgart, T. Ehlinger. 2005. **Total suspended solids-turbidity correlation in northeastern Wisconsin streams**. American Water Resources Association Wisconsin Section Annual Meeting, Delavan, WI, 3-4 March 2005.

Sadar, M.J. 2002. Turbidity instrumentation-an over-view of today's available technology. **Turbidity and Other Surrogates Workshop Reno**, April 30–May2, 2002.

Sadar, M.J. 1996. **Determining Correlation of Nephelometric Turbidity Measurement to Suspended Solids in Industrial Samples**. Hach Inc. Technical Information 1996.

Suk, N.S., Guo, Q. and Psuty, N.P., 1998, Feasibility of using a Turbidimeter to Quantity Suspended Solids concentration in a Tidal saltmarch Greek. **Estuarine Coastal and shelf science**. 46: 383-391.

USEPA, 1993. **Determination of Turbidity by Nephelometry (Method 180.1).** Methods for the Determination of Inorganic Substances in Environmental Samples. Washington, D.C., United States, United States Environmental Protection Authority.

USEPA, 1999. **EPA Guidance Manual Turbidity Provisions**, Chapter 3.Turbidity Methods and Measurement. Washington, D.C., United States, United States Environmental Protection Authority.

Yamane, T. 1970. **Statistic and Introductory Analysis**. 2nd John Weatherhill Ed. Tokyo.

การทดสอบหาประสิทธิภาพของใบกวนผสมปุ๋ยอินทรีย์

Efficiency of the Blade Mixing of Organic Fertilizer

นำพร ปัญโญใหญ่[1*] ภาสกร เรือนนาค[1] และนิพนธ์ หย่งกิจ[2]

Numpon Panyoyai[1*], Passakorn Ruennak[1] and Nipon Yongkit[2]

[1]คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]วิทยาลัยการอาชีพป่าซาง ลำพูน 51120

[1]Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Pasang Industrial and Community Education College, Lamphun, Thailand 51120

*Corresponding author: n_panyoyai9@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในการผสมอนุภาคของแข็งจะมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมหลัก คือ ใบกวนผสม ซึ่งในการศึกษานี้จะทำการศึกษาถึงใบกวนผสมอนุภาคของแข็งหรือปุ๋ยอินทรีย์อยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ ใบกวนผสมแบบเส้นแถบเหล็กเดี่ยว (single ribbon) ใบกวนผสมแบบเส้นแถบเหล็กคู่ (double ribbon) และใบกวนผสมแบบกระเปาะตัก (ploughshare) วัตถุประสงค์การศึกษา เพื่อที่จะทำการทดสอบหาประสิทธิภาพชนิดของใบกวนที่เหมาะสมในการผสมปุ๋ยอินทรีย์ในความเร็วรอบที่แตกต่างกัน โดยได้ผลการทดสอบการหาประสิทธิภาพของใบกวนผสมชนิดต่างๆ ดังนี้ ในการทดสอบประสิทธิภาพของใบกวนผสมทั้ง 3 ชนิด ใบกวนผสมแบบเส้นแถบเหล็กเดี่ยว ไม่มีความเร็วรอบที่เหมาะสมในการผสมเนื่องจากใบกวนผสมมีการสัมผัสกับอนุภาคที่ใช้ทำปุ๋ยอินทรีย์น้อยมาก ทำให้การผสมที่ได้ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร สำหรับใบกวนผสมแบบเส้นแถบเหล็กคู่ มีความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกวนผสมที่ 40 รอบต่อนาที โดยมีค่าความแปรปรวนที่ 9.42 เนื่องจากมีเนื้อที่ในการสัมผัสกับอนุภาคของปุ๋ยอินทรีย์มาก ส่งผลให้เกิดการผสมคลุกเคล้ากันได้ดี ใบกวนผสมแบบกระเปาะตัก มีความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกวนผสมที่ 80 รอบต่อนาที โดยมีค่าความแปรปรวนที่ 8.39 เนื่องจากความเร็วที่ใช้ในการกวนผสมที่มีค่ามากทำให้อนุภาคของส่วนผสมมีการเคลื่อนที่จากแกนกลางของกระเปาะตักและมีความเร็วในการผสมเพิ่มมากขึ้นในส่วนท้ายของแกนใบกวนผสม ทำให้อนุภาคเกิดการสัมผัสกับกระเปาะตักมากขึ้น ทำให้เกิดการผสมที่เหมาะสมที่ความเร็วรอบที่สูงกว่า

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ ใบกวนผสม ปุ๋ยอินทรีย์

Abstract

For mixing a solid particle, primary equipment used in the mixer was the blade. The 3 types of blade mixing were single ribbon double ribbon and ploughshare and the objective of this study was to find the efficiency of the blade mixing in the production of organic fertilizer in a difference of revolution. It was found from the experiments that, there was non appropriated revolution of single ribbon because the area which to mixing the organic fertilizer was too small so that the mixing was not effective. The appropriated speed of the mixer in double ribbon blade was 40 rpm and the coefficient of variance is 9.42 because the mixing area the organic fertilizer was larger that the mixing was to appropriated. The appropriated speed of the ploughshare mixer was 80 rpm and the variance was 8.39 because the high speed of mixer makes the particle of the mixing moves from the center to the end of a plough and has more high speed for mixing so that a particle has a lager mixing area. That was making the mixture to be appropriated at higher speed.

Keywords: efficiency, blade mixing, organic fertilizer

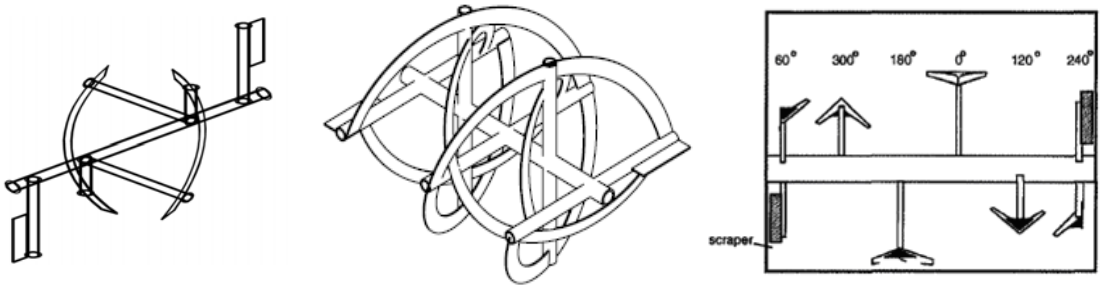
คำนำ

ปุ๋ยอินทรีย์ (organic fertilizer) คือ ปุ๋ยที่ได้จากอินทรีย์สารซึ่งผลิตขึ้นโดยกรรมวิธีต่างๆ และจะเป็นประโยชน์ต่อพืชก็ต้องผ่านขบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทางชีวภาพเสียก่อน มีวัสดุหลายประเภทที่สามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะออกมาในรูปแบบซากพืชที่ถูกย่อยและนำมาผสมคลุกเคล้ากันได้ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งจะมีผลต่อการนำมาใช้ในการปรับปรุงดิน ดังนั้นจึงมีการผลิตเครื่องผสมปุ๋ยและเลือกชนิดของใบกวนผสมที่เหมาะสมในการผสมปุ๋ยให้สามารถคลุกเคล้าผสมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ใบกวนผสมโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ ใบกวนผสมอนุภาคของแข็ง และใบกวนผสมอนุภาคของเหลว ซึ่งขณะที่เพลาหมุนอนุภาคของแข็งจะเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามทำให้การผสมเกิดขึ้น ลักษณะสำคัญในใบกวนผสมประเภทนี้ คือการแทนที่ของของผสมด้วยส่วนอื่น ส่วนใบกวนผสมอนุภาคของเหลวจะใช้ในการผสมของเหลวที่มีความหนืดต่ำ จะต้องชักนำให้เกิดการปั่นป่วนให้เกิดขึ้นในของเหลวทั้งหมด ทั้งนี้จะแตกต่างกันไปเพราะการผสมจะเกิดขึ้นโดยวัสดุจะปะทะกับผนังของเครื่องผสมหรือวัสดุอื่น เกิดขึ้นจากการผสมส่วนของอาหารที่ไม่ถูกผสมเท่ากับส่วนของอาหารที่ผสมแล้ว และโดยการยึดวัสดุ โดยที่ใบกวนผสมอนุภาคของเหลวจะมีประสิทธิภาพที่ต่ำเมื่อนำมาใช้ในการกวนผสมปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากลักษณะของอนุภาคที่ใช้ทำปุ๋ยอินทรีย์นั้นจะเป็นของแข็งเป็นส่วนใหญ่ และปริมาณความชื้นในตัววัสดุมีค่าที่ไม่สูงมากนัก ดังนั้นการศึกษานี้ จึงเป็นการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของใบกวนผสมที่เหมาะสมในการผสมปุ๋ยอินทรีย์โดยมีการเปรียบเทียบชนิดของใบกวนผสมอนุภาคของแข็ง อยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ ใบกวนผสมแบบเส้นแถบเหล็กเดี่ยว ใบกวนผสมแบบเส้นแถบเหล็กคู่ และใบกวนผสมแบบกระเปาะตัก เพื่อหาค่าความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกวนผสมของใบกวนแต่ละชนิด โดยใช้ค่าความแปรปรวนเป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

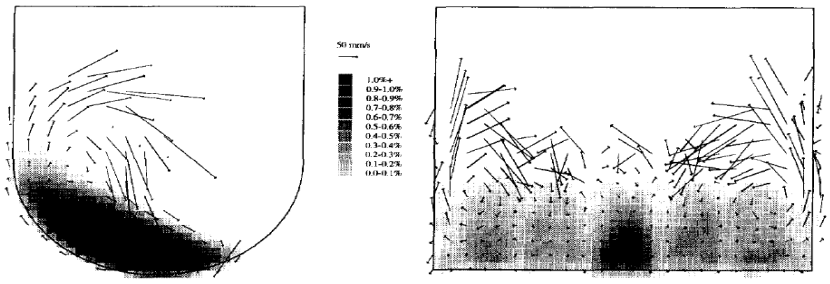
การทดสอบนี้ได้ใช้ใบกวนผสมอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทดสอบ ดังแสดง (Figure 1) ซึ่งใบกวนแต่ละชนิดมีรายละเอียด คือ



Single ribbon Double ribbon Ploughshare

Figure 1 Schematic diagram of the mixer

- ขนาดของใบกวนผสมแบบ single ribbon และ double ribbon ใช้เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.8 ซม. ยาว 56 ซม. ทำเป็นแกนกลาง และใช้เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. ยาว 48 ซม. 5 ท่อน เชื่อมกับแกนกลางสร้างเป็นส่วนยึดใบกวน ใช้เหล็กแบนกว้าง 3 ซม. หนา 2 มม. ดัดให้เป็นส่วนโค้งสำหรับทำใบกวน และแบบ plough share มีกระเปาะของใบกวน กว้าง 1.3 ซม. ยาว 5 ซม. ติดที่ปลายแกนใบกวน มุมระหว่างแกนในและใบกวาดมีขนาด 180 องศา และ 120 องศา (Jones and Bridgwater, 1998) (Figure 2)



End view Side view

Figure 2 End view: the tracer speed increases as it rolls down the surface of the bed
Side view: two mixing zone at each end of the mixer

- เครื่องผสมปุ๋ยมีขนาดความกว้าง 49 ซม. มีความยาว 56 ซม. ถังมีส่วนโค้งครึ่งวงกลม รัศมี 24.5 ซม.

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเครื่องผสมปุ๋ย ประกอบด้วย ลูกปัดสี 27,000 เม็ด และนาฬิกาจับเวลาแบบตัวเลข เครื่องมือวัดความเร็วรอบ (digital tachometer) เครื่องปรับความเร็วรอบ (inverter 0-60 h_Z) เครื่องวัดความชื้นของอาหารแบบ ไล่ลมร้อน เครื่องชั่งน้ำหนัก PACO Series PD-B-75

- ส่วนผสมปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราส่วน 2:1:1 โดยปริมาตรถัง 16 ลิตร ประกอบด้วย รำละเอียด 2 ส่วน ซังข้าวสับละเอียด 1 ส่วน และ มูลวัว 1 ส่วน

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและวิธีการทดลอง

- จัดเตรียมส่วนผสมปุ๋ยอินทรีย์ที่จะนำมาหาค่าความแปรปรวนของใบกวนแต่ละชนิด

- ทำการจัดเตรียมลูกปัดสีจำนวน 27,000 เม็ด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มม. เพื่อนำมาหาค่าความแปรปรวนโดยทำการทดสอบครั้งละ 1,000 เม็ด ทำการทดสอบ 3 ครั้งในแต่ละใบกวนผสมและในแต่ละความเร็วรอบ

- นำส่วนผสมปุ๋ยอินทรีย์ (มูลวัว ซังข้าว) มาลดขนาดโดยเครื่องหั่นย่อย

- นำมูลวัวที่ได้จากเครื่องหั่นย่อยมาหาค่าความชื้น โดยให้มี ความชื้นไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์

- ทำการติดตั้งเครื่องปรับความเร็วรอบเข้ากับเครื่องผสมปุ๋ยและทำการวัดความเร็วรอบที่จะใช้ในการผสมที่ 40, 60 และ 80 รอบต่อนาที

- ทำการผสมส่วนผสมปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราส่วนที่กำหนดลงในถังผสมโดยผสมลูกปัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มม. ลงไปในถังผสม

- ทำการทดสอบโดยการเปลี่ยนชนิดของใบกวนและทดสอบที่ความเร็วรอบต่างๆ สำหรับใบกวนแต่ละชนิดเพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมของใบกวน จากการสุ่มจำนวนลูกปัดในแต่ละตำแหน่งเพื่อหาค่าความแปรปรวนที่เหมาะสมไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ (พันทิพา, 2539) ที่ความเร็วรอบ 40, 60 และ 80 รอบต่อนาที ที่เวลาในการกวนผสม 10 นาที ทั้ง 10 ตำแหน่ง (Figure 3)

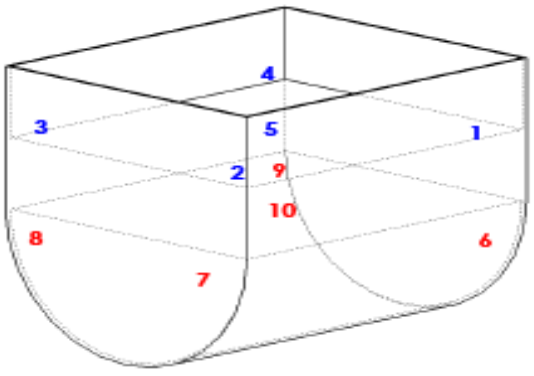


Figure 3 Location of bead

เมื่อกวนผสมภายในระยะเวลาที่กำหนด จึงทำการสุ่มการกระจายตัวของลูกปัดสีทั้ง 10 ตำแหน่ง โดยการตักสุ่มจำนวนลูกปัดในแต่ละตำแหน่ง และทำการนับจำนวนลูกปัดในแต่ละตำแหน่ง จากนั้นทำการหาค่าความแปรปรวน ทำการเก็บข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ผลการทดลอง

การทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของใบกวนผสมแต่ละชนิด ได้ผลดังแสดงในตาราง

Table 1 Coefficients of variation, (C.V.) of single ribbon

Point	Number of bead		
	40 rpm	**60 rpm**	**80 rpm**
1	26	35	33
2	34	27	27
3	25	37	24
4	32	23	33
5	41	34	29
6	25	28	36
7	34	33	34
8	35	37	23
9	36	35	24
10	44	39	28
Total	**332**	**328**	**291**
m	33.2	32.8	29.1
S^2	42.0	26.40	21.88
S	6.48	5.14	4.68
C.V.	**19.51**	**15.66**	**16.07**

Table 1 แสดงให้เห็นว่า ใบกวนผสมแบบ single ribbon ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการกวนผสม เนื่องจากลักษณะของใบกวนผสมนั้นมีพื้นที่ของใบและการสัมผัสกับปุ่ยอินทรีย์น้อย ทำให้มีการเคลื่อนที่ของส่วนผสมปุ่ยอินทรีย์น้อยกว่า ส่งผลให้ค่าความแปรปรวนที่ได้จากการทดสอบ มีค่าเกินค่ามาตรฐาน และใบกวนชนิดนี้ยังไม่เหมาะสมสำหรับทุกๆ ความเร็วรอบนั่นคือทั้ง 40, 60 และ 80 รอบต่อนาทีโดยที่ความเร็วรอบทั้งหมดนั้น ให้ค่าความแปรปรวนที่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

Table 2 Coefficients of variation, (C.V.) of Double ribbon

Point	Number of bead		
	40 rpm	**60 rpm**	**80 rpm**
1	36	27	36
2	43	23	38
3	41	26	34
4	37	23	27
5	45	29	42
6	40	24	26
7	44	28	32
8	33	21	31
9	40	32	33
10	42	31	46
Total	**401**	**264**	**345**
m	40.1	26.4	34.5
S^2	14.3	13.38	39.17
S	3.78	3.66	6.26
C.V.	**9.44**	**13.85**	**18.14**

Table 2 แสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับใบกวนผสมแบบ double ribbon มีค่าที่ 40 รอบต่อนาที ที่ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 9.44 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องมาจากเกิดพื้นที่สัมผัสกันระหว่างอนุภาคของปุ๋ยอินทรีย์กับใบกวนผสมได้อย่างทั่วถึงเนื่องจากการเคลื่อนที่ของใบกวนที่ค่าความเร็วรอบไม่สูงมากนักประกอบกับพื้นที่สัมผัสของใบกวนผสมชนิดนี้สามารถสัมผัสกับอนุภาคปุ๋ยอินทรีย์ได้อย่างเหมาะสมทำให้อนุภาคปุ๋ยอินทรีย์เกิดการกระจายตัวกวนผสมได้อย่างทั่วถึง ที่ค่าความเร็วรอบ 60 และ 80 รอบต่อนาที ใบกวนผสมจะเกิดพื้นที่การสัมผัสกับอนุภาคของปุ๋ยอินทรีย์ได้อย่างไม่ทั่วถึงเพราะเกิดการเคลื่อนที่ของอนุภาคของปุ๋ยอินทรีย์ที่เร็วเกินไปทำให้การกระจายตัวของอนุภาคเกิดขึ้นได้น้อยจึงให้ค่าความแปรปรวนในการผสมที่ไม่เหมาะสมที่ความเร็วรอบดังกล่าว

Table 3 Coefficients of variation, (C.V.) of Ploughshare

Point	Number of bead		
	40 rpm	**60 rpm**	**80 rpm**
1	21	18	35
2	31	20	41
3	27	23	37
4	24	27	42
5	31	19	37
6	40	27	36
7	41	33	39
8	41	30	43
9	27	26	34
10	49	24	42
Total	**332**	**247**	**386**
m	33.2	24.7	38.6
S^2	82.2	23.57	10.49
S	9.05	4.85	3.24
C.V.	**27.27**	**19.65**	**8.39**

Table 3 ค่าความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับใบกวนแบบ ploughshare คือ 80 รอบต่อนาที เนื่องจากค่าการกวนผสมของใบกวนนั้นจะเริ่มมีค่าที่เพิ่มมากขึ้นจากแกนกลางไปยังส่วนท้ายของถังผสม ทำให้อนุภาคของปุ๋ยอินทรีย์เกิดการหมุนวนกลับ เกิดการสัมผัสกับพื้นที่ของกระเปาะตักซึ่งทำให้ได้ค่าความแปรปรวนที่ 8.39 ส่วนที่ความเร็วรอบ 40 และ 60 รอบต่อนาที ค่าความเร็วดังกล่าวมีค่าน้อยสำหรับใบกวนผสมชนิดนี้

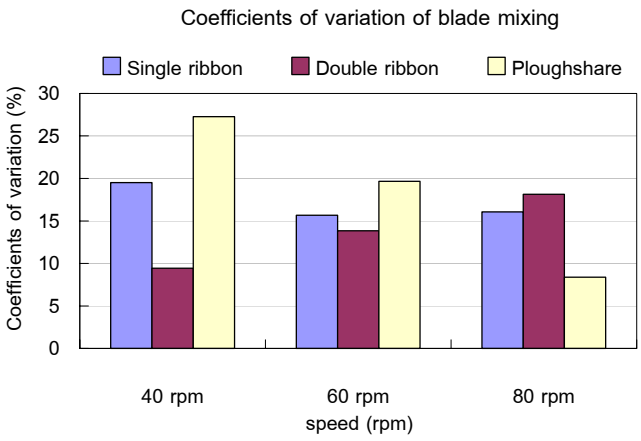


Figure 4 Appropriate speed and coefficients of variation of blade mixing

จาก Figure 4 แสดงให้เห็นว่า ใบกวนผสมแบบ double ribbon มีความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกวนผสมอยู่ที่ 40 รอบต่อนาทีเนื่องจากใบกวนเกิดการสัมผัสกับส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์ได้มากและทั่วถึง แต่ในทำนองเดียวกันที่ความเร็วรอบที่ 60 และ 80 รอบต่อนาที ซึ่งสูงกว่าความเร็วรอบที่เหมาะสมการสัมผัสกันของใบกวนและส่วนผสมปุ๋ยอินทรีย์ได้ไม่ทั่วถึงเพราะความเร็วรอบมีค่าสูงเกินไปซึ่งส่งผลต่อการกระจายตัวของการผสม สำหรับใบกวนผสมแบบ ploughshare มีความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกวนที่ความเร็วรอบ 80 รอบต่อนาที เนื่องจากความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการกวนเนื่องจากเกิดการเคลื่อนที่จากส่วนกลางของแกนผสมในความเร็วที่สูงขึ้นไปยังส่วนท้ายของแกนกวน ทำให้ส่วนผสมปุ๋ยอินทรีย์เกิดการสัมผัสกับกระเปาะตักมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการกระจายตัวของอนุภาคส่วนผสมปุ๋ยอินทรีย์ ส่วนที่ความเร็วรอบต่ำจะเกิดผลในทิศทางตรงกันข้าม สำหรับใบกวนผสมแบบ single ribbon ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการกวนผสมเนื่องจากลักษณะของใบกวนส่งผลต่อการสัมผัสกับอนุภาคของส่วนผสมปุ๋ยอินทรีย์ได้ไม่ดี และการสัมผัสกับส่วนผสมปุ๋ยอินทรีย์มีการสัมผัสได้เพียงบางส่วน ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการกวนผสมต่ำ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ใบกวนผสมแบบ double ribbon เหมาะสมในการกวนผสมที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที ใบกวนผสมแบบ ploughshare ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกวนผสมอยู่ที่ความเร็วรอบ 80 รอบต่อนาที และใบกวนผสมแบบ single ribbon ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการกวนผสมปุ๋ยอินทรีย์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

กานดา พูนลาภทวี. 2530. **สถิติเพื่อการวิจัย**. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์: กรุงเทพฯ. 530 น.

นำพร ปัญโญใหญ่ และพงศกร ภิระบรรณ. 2550. **เครื่องผสมและอัดเม็ดอาหารสัตว์แบบต่อเนื่อง**. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. 80 น.

ประยุทธ์ สุวรรณชีวะกร และสุวรรณ หอมหวน. 2538. การออกแบบเครื่องผสมและจ่ายอาหารโคสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก. **วิศวกรรมสาร.** 78-89.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2539. **การผลิตอาหารสัตว์**. โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ. 294 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2528. **หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย**. ไทยวัฒนาพานิช: กรุงเทพฯ. 274 น.

Jones J.R. and J. Bridgwater. 1998. A case study of particle mixing in a ploughshare mixer using positron emission particle tracking. **Mineral processing**. 53: 29-38.

ผลกระทบจากความล้าของตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นแบบสปริงขด

Effect of the Fatigue on Spiral Spring Type Timing Chain Tensioner

อภิสิทธิ์ ประมูลสาร และพิพัฒน์ ปราโมทย์

Apisith Pramoonsarn and Pipat Pramot

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technoligy Thanyaburi Pathumthani, Thailand 12110

Corresponding author: aphisit@aphonda.co.th, pipat@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นแบบสปริงขดซึ่งทำหน้าที่สร้างแรงกดให้กับโซ่ราวลิ้นและต้องรับแรงกดที่มีทิศทางตรงกันข้ามอันเนื่องมาจากการกระพือของโซ่ ซึ่งเรียกแรงที่กระทำสลับไปมาแบบนี้ว่าแรงกระทำแบบสลับต่อเนื่องและภายหลังจากการใช้งานไปได้นานระยะหนึ่ง ความล้าที่เกิดขึ้นกับสปริงขดจะส่งผลให้ตัวปรับความตึงโซ่ไม่สามารถรักษาสภาพความตึงของโซ่ราวลิ้น ทำให้เกิดปัญหาเสียงดังผิดปกติและความเสียหายเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดสอบตัวปรับความตึงโซ่ที่มีการใช้งานในระยะทางที่แตกต่างกันเพื่อหาระยะทางที่ตัวปรับความตึงโซ่สามารถต้านทานต่อแรงกดไว้ได้นานที่สุด โดยผลที่ได้ คือ ระยะทางระหว่าง 0-5,000 กิโลเมตร ซึ่งมีค่าที่สัมพันธ์กับการใช้งานจริงที่จำนวนการเกิดปัญหาของตัวปรับความตึงโซ่ส่วนใหญ่จะเกิดที่ระยะทาง 5,000 กิโลเมตรขึ้นไป ซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการใช้งานจริง นอกจากนี้ยังพบว่า ผลของความล้าจากการใช้งานทำให้ความสามารถในการต้านทานแรงกดของตัวปรับความตึงโซ่มีค่าลดลง

คำสำคัญ: แรงกระทำสลับแบบต่อเนื่อง แผ่นสปริงขด

Abstract

The tension lifter of timing chain that work as the tensile force and compressive force, due to the flap of timing chain as an alternating which called the fluctuating load. After some distance travel, the fatigue occurred in spiral spring which affects to the tension of timing chain lost and the abnormal noise and engine damage occurred. This study is the testing of tension lifter of timing chain which was used in different distance. To find the distance that the tension lifter have the best compressive resistance. The testing results the distance 0-5,000 km was the best endurance. It relates to the market information that the most symptom occurrence was after using over 5,000 km. Furthermore, the testing gave us to know the fatigue affects to compressive resistance of tension lifter is decreasing after using more distance.

Keywords: fluctuating load, spiral spring

คำนำ

เครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์ (Figure 1) แบบ 4 จังหวะที่ผลิตในประเทศไทย ที่มีการใช้โซ่ราวลิ้นในการส่งกำลังจากการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง ไปขับชุดกลไกควบคุมการทำงานของวาล์วที่ติดตั้งอยู่บนฝาสูบ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการใช้ตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นแบบสปริงขด พบว่า เมื่อตัวปรับความตึงโซ่เกิดความชำรุดจะส่งผลทำให้เกิดเสียงดังผิดปกติขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน และจังหวะการทำงานของวาล์ว (valve timing) ที่ผิดพลาดนอกจากนี้ยังส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ และมลภาวะจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ (บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด, 2552)

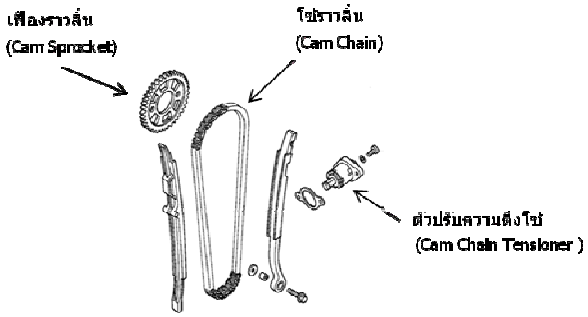


Figure 1 The position of tension lifter in engine

สปริงขด (spiral spring) เป็นส่วนประกอบสำคัญอันหนึ่งในตัวปรับความตึงโซ่แบบใช้แรงดันของสปริง (spring tensioner) ซึ่งเป็นแบบที่นิยมติดตั้งในเครื่องยนต์เนื่องจากมีความสะดวกในการออกแบบจุดติดตั้งและใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ใช้แรงดันของน้ำมันเครื่อง (oil pressure tensioner) ปลายสปริงขดจะเกี่ยวเข้ากับเรือนสปริง ส่วนปลายอีกด้านของสปริงจะเกี่ยวอยู่กับสกรูขับตัวใน (Figure 2)

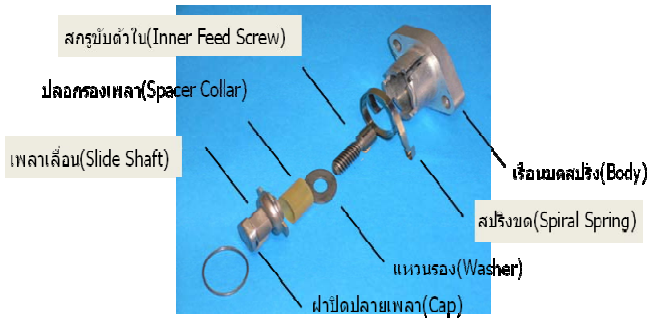


Figure 2 The component of tension lifter

แรงบิดจากการขยายตัวของสปริงขดในตัวปรับตั้งความตึงโซ่จะบังคับให้สกรูขับตัวใน เกิดการเคลื่อนที่หมุนตามเส้นรอบวง (ทิศทวนเข็มนาฬิกา) ตามการขยายตัวของสปริง เพลาเลื่อนซึ่งมีเกลียวสวมเข้ากับสกรูขับตัวในก็จะเกิดการหมุนเคลื่อนที่ออกไปกดโซ่ราวลิ้น ขณะที่เครื่องยนต์หมุนทำงานอยู่นั้น โซ่ราวลิ้นจะเกิดอาการสั่นกระพือ ทำให้เกิดแรงกดในทิศตรงข้ามกดให้เพลาเลื่อนเคลื่อนที่เข้าหาสปริงขด ซึ่งมีผลให้สกรูขับตัวในเกิดการหมุนตามเส้นรอบวง (ทิศทวนเข็มนาฬิกา) (Figure 3) (ฮอนด้ามอเตอร์, 2549)

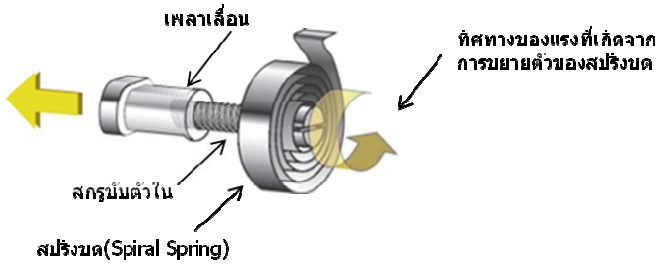


Figure 3 Force direction when tension to timing chain

แรงที่กระทำกับสริงขดในลักษณะ 2 ทิศทาง คือ แรงที่มีทิศทางตามการขยายตัวของสปริง และแรงที่ตรงข้ามกับการขยายตัวของสปริง (Figure 4) กระทำสลับไปมาเช่นนี้เรียกว่า แรงกระทำแบบสลับต่อเนื่อง (fluctuating load) ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดความล้า (fatigue) ที่เป็นสาเหตุของความเสียหายและลดอายุการทำงานของชิ้นส่วน เมื่อความเค้นที่สปริงขดได้รับเกิดขึ้นซ้ำๆ กัน (repeated stress) จะมีค่าสูงกว่าความต้านทานแรงทนทาน (endurance strength) ของสปริงขด ทำให้เกิดรอยแตกขึ้นที่สปริง รอยแตกนี้จะค่อยเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสปริงขดเกิดการขาดออกจากกัน (Figure 5)

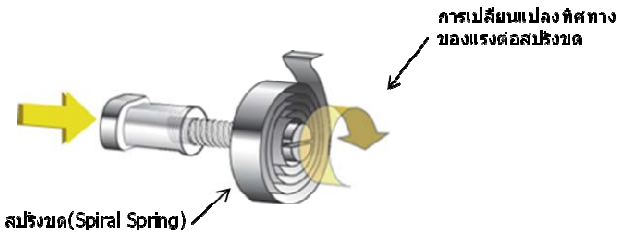


Figure 4 Force direction when compression to spiral spring

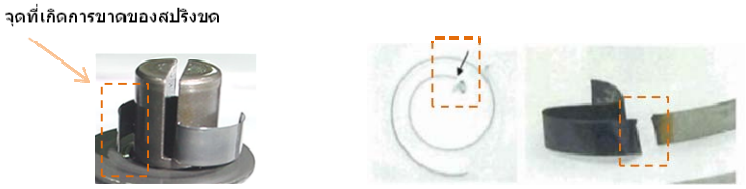


Figure 5 The fracture of spiral spring
(บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด, 2552)

ภายหลังจากที่สปริงขดเกิดการขาดจะส่งผลให้แรงบิดที่กระทำกับสกรูขับตัวในเพื่อที่จะไปกดโซ่ราวลิ้นนั้นหายไป การกระพือของโซ่ราวลิ้นจึงเกิดขึ้นได้มากกว่าปกติ ซึ่งเป็นต้นเหตุของอาการปัญหาเครื่องยนต์มีเสียงดังผิดปกติ (abnormal noise) และอาจทำให้เกิดการกระโดดข้ามตำแหน่งของเฟืองราวลิ้น ทำให้วาล์วเคลื่อนที่ไปชนกับลูกสูบเกิดความเสียหายภายในเครื่องยนต์

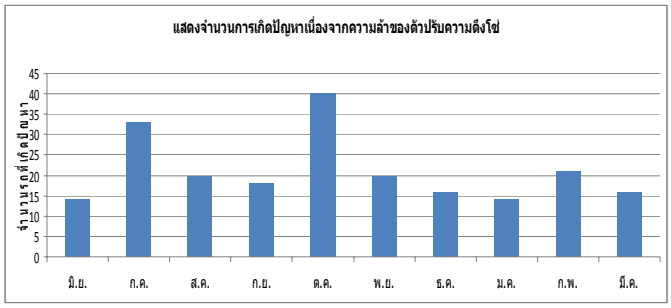


Figure 6 Statistic of symptom due to the tension lifter malfunction, Jun 08-Mar 09
(บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด, 2552)

จากสถิติการเกิดปัญหาเครื่องยนต์เสียงดังผิดปกติเนื่องจากความชำรุดของตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นชี้ให้เห็นปริมาณความต่อเนื่องของปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน โดยในเบื้องต้น พบว่า ความทนทานของตัวปรับความตึงโซ่เมื่อพิจารณาจากสถิติระยะทางการเกิดปัญหาครั้งแรก พบว่า ตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นส่วนใหญ่จะมีอายุการใช้งานอยู่ในช่วงระยะทาง 4,000-12,000 กิโลเมตร

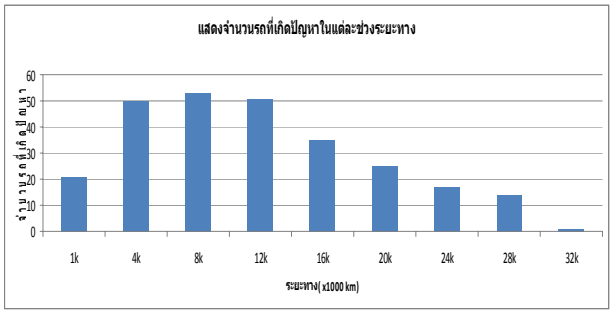


Figure 7 Statistic of symptom first occurrence , Jun 08-Mar 09
(บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด, 2552)

ดังนั้นการเสริมความคงทนของตัวปรับความตึงโซ่ให้มีระยะการใช้งานที่ยาวนานออกไป จึงเป็นมีความจำเป็นเพื่อที่จะช่วยยืดอายุการใช้งานและลดการสูญเสียค่าใช้จ่าย ในการซ่อมแก้ปัญหาทั้งในกรณีที่รถอยู่ในระยะรับประกันและในกรณีที่รถพ้นจากระยะรับประกันแล้ว ซึ่งคิดเป็นมูลค่าประมาณ 300 บาท/ครั้ง หรือค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ได้รับผลกระทบจากความชำรุด ของตัวปรับความตึงโซ่ เช่น การชนของวาล์วและลูกสูบเนื่องจากโซ่ราวลิ้นทำงานผิดจังหวะซึ่งมีมูลค่าประมาณ 4,000 บาท/ครั้ง

ในการศึกษาเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นใช้การคำนวณหาอายุตามทฤษฎีของปารีส (Paris's Law) (บริษัท ซิกมาร์โซลูชั่น จำกัด, 2552)

$$N = \int_{a_i}^{a_c} \frac{1}{C\Delta K^n} da \qquad (1)$$

โดยที่ N = จำนวนรอบการใช้งานของชิ้นงาน

C = ค่าคงที่ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นกับวัสดุ

$\Delta K = K_{\max} - K_{\min}$

การศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านความล้าของสปริงขด (helical springs) โดย Kaiser and Berger (2007) ได้ทำการทดสอบความล้าของสปริงที่มีความแตกต่างกันทางด้านวัสดุและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใต้ความเค้นเฉลี่ย (mean stress) แบบอยู่กับที่ด้วยจำนวนรอบการทดสอบที่มากถึง 10^7 รอบ และนำผลที่ได้ไปแปลงเป็นไดอะแกรมของกูดแมน (Goodman diagram) แล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในการทดสอบต่อมาได้เพิ่มจำนวนรอบขึ้นไปถึง 1.5×10^9 รอบ ซึ่งส่งผลในการลดความทนทานต่อการล้าในระยะยาว กับสปริงที่ได้รับการขัดผิวซึ่งผลิตจากเส้นลวดที่ผ่านการอบชุบแข็งด้วยน้ำมัน

Seon and Sung (2007) ได้ศึกษาวิธีการคาดคะเนการแพร่กระจาย ที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับการเพิ่มขึ้นของรอยแตกร้าวจากความล้า โดยการจำลองความทนทานต่อการเกิดรอยแตกร้าว ที่เพิ่มขึ้นจากความล้าของวัสดุซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบคือ ค่าคงที่ของระดับความเค้นแรงดึง *R=0.2* จากชิ้นงานทดสอบที่มีความหนา 6, 12 และ 18 มิลลิเมตร โดยวิธีการดังกล่าวนี้ช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายที่จะต้องใช้ในการทดสอบซ้ำหลายครั้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนแรก คือ การสร้างเครื่องทดสอบแบบใช้โซ่ขับ (chain drive tester) ให้มีลักษณะการทำงานที่คล้ายคลึงกับแรงที่กระทำกับตัวปรับความตึงโซ่ ซึ่งมีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 1/3 HP (0.25 kW) หมุนด้วยความเร็วรอบ 1,440 รอบต่อนาที ทำหน้าที่ขับเคลื่อนโซ่ราวลิ้น โดยมีแกนของตัวปรับความตึงโซ่กดโซ่ผ่าน

รางเลื่อนโซ่ เพื่อสร้างความตึงให้กับโซ่ราวลิ้นและมีเงื่อนไขของการทดลอง คือ การใช้ตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นหมายเลขอะไหล่ 14520-KSS-901 เป็นชิ้นงานทดสอบแบบเดียวที่ใช้ในการวิจัย เพื่อควบคุมขนาดและคุณสมบัติของชิ้นงานทดสอบให้เหมือนกันทุกชิ้น

Figure 8 Chain drive tester

เมื่อโซ่ราวลิ้นถูกขับด้วยมอเตอร์เพื่อให้ได้การทำงานตามระยะทางที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นจะทำการเก็บชิ้นงานมาทดสอบกับเครื่องทดสอบแบบที่ใช้แรงสั่นสะเทือน (vibration tester) ด้วยมอเตอร์ที่กำหนดความเร็วรอบที่ 1,440 รอบต่อนาที หมุนขับหน้าแปลนแรงเหวี่ยงเพื่อสร้างแรงสั่นสะเทือนที่มีน้ำหนักขนาด 49.50 นิวตัน กดลงบนแกนดันโซ่ราวลิ้นที่ยึดอยู่บนฐานเครื่องทดสอบเพื่อทำการเก็บข้อมูลเวลาที่ตัวปรับความตึงโซ่ เกิดการยุบตัวจากตำแหน่งเริ่มต้นแล้วยุบลงถึงตำแหน่งต่ำสุด

Figure 9 Vibration tester

ผลการวิจัย

จากการทดสอบตัวปรับความตึงโซ่ด้วยเครื่องทดสอบแบบใช้แรงสั่นสะเทือนผลที่ได้ คือ ระยะเวลาที่ตัวปรับความตึงโซ่สามารถต้านทานแรงกดที่แตกต่างกัน โดยพบว่า เมื่อทดสอบตัวปรับตั้งโซ่ที่ยังไม่เคยใช้งานหรือมีระยะทางใช้งาน 0, 5,000, 10,000, 15,000, 20,000, 25,000 และ 30,000 กิโลเมตร โดยพบว่าตัวปรับความตึงโซ่ที่มีระยะทางใช้งานอยู่ในช่วง 0-5,000 กิโลเมตร สามารถต้านทานแรงกดได้นานที่สุด โดยจะเกิดการยุบตัวลงภายในเวลา 21.89 วินาที (Table 1)

Table 1 Testing result of tension lifter operation and using distance

Distance	Time of tension lifter operation (sec)			Average
(km)	1	2	3	
0	22.12	22.34	21.22	21.89
5,000	18.02	19.03	18.22	18.42
10,000	16.50	16.24	16.79	16.51
15,000	14.28	15.11	14.89	14.76
20,000	13.98	13.77	13.64	13.80
25,000	12.98	13.21	13.01	13.07
30,000	12.50	12.60	12.91	12.67

อย่างไรก็ตามจากการทดสอบตัวปรับความตึงโซ่ที่มีระยะทางใช้งาน 10,000, 15,000, 20,000, 25,000 และ 30,000 กิโลเมตร ก็ทำให้พบว่าเมื่อตัวปรับความตึงโซ่ที่มีระยะทางใช้งานมากขึ้นความต้านทานแรงกดก็จะมีค่าลดลงโดยในช่วงระยะทาง 5,000-15,000 กิโลเมตร ตัวปรับความตึงโซ่จะมีความสามารถต้านทานแรงกดได้ดีกว่าช่วงระยะทาง 15,000-30,000 กิโลเมตร

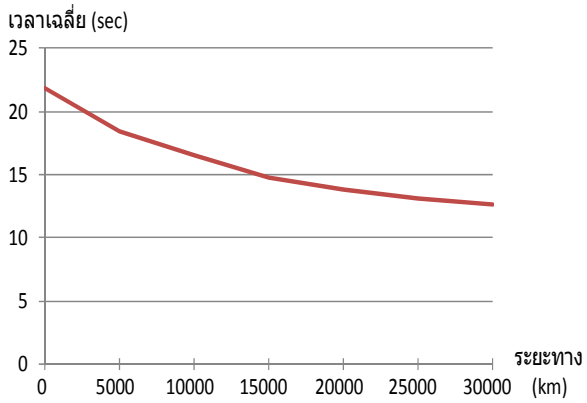


Figure 10 Graph of the relationship distance and average time

(สุรเดช และเอกรักษ์, 2552)

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบชี้ให้เห็นว่าความสามารถต้านทานแรงกดของตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นมีค่าลดลงไปตามระยะทางการใช้งาน กล่าวคือ เมื่อระยะทางใช้งานมากขึ้นความสามารถในการต้านทานแรงกดก็จะลดลงซึ่งสภาพดังกล่าวก็จะส่งผลต่อความสามารถในการสร้างแรงตึงให้กับโซ่ราวลิ้นขณะที่เครื่องยนต์หมุนทำงานถ้าแรงกดจากตัวปรับความตึงโซ่มีค่าน้อยลงโซ่ก็จะเกิดความหย่อนมากขึ้น การสะบัดและกระพือของโซ่จะทำให้เกิดปัญหาเสียงดังและความเสียหายแก่ชิ้นส่วนในเครื่องยนต์

การทดสอบครั้งนี้ทำให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับความสามารถต้านทานแรงกดของตัวปรับความตึงโซ่ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบเมื่อมีการพัฒนา และปรับปรุงความต้านทานของตัวปรับความตึงโซ่เพื่อให้สามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด ผู้จำหน่ายรถจักรยานยนต์ฮอนด้า และผู้ผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ฮอนด้า ที่ให้การสนับสนุนด้านข้อมูลชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และงบประมาณในการทำวิจัยชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

บริษัท ซิกมาร์โซลูชั่น จำกัด. 2552. **คู่มือการอบรมหลักสูตรการวิเคราะห์หาอายุของโครงสร้างที่เกิดความล้า**.

บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด. 2552. **รายงานผลการวิเคราะห์ปัญหาเทคนิค**.

บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด. 2552. **รายงานผลการสำรวจอัตราการซ่อมแก้ปัญหาเทคนิค**.

บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด. 2552. **คู่มือการฝึกอบรมหลักสูตรนายช่างระดับ 3**.

สุรเดช จิวภรณ์สวัสดิ์ และเอกรักษ์ กุนาทน. 2552. **เครื่องมือทดสอบความล้าของตัวปรับตั้งความตึงโซ่ราวลิ้น**. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี: กรุงเทพฯ.

ฮอนด้ามอเตอร์. 2549. **คู่มือฝึกอบรมทักษะด้านบริการและความรู้เทคนิค**.

Kaiser, B. and C. Berger. 2007. **Recent finding to the fatigue properties of helical springs**.

Seon J.K. and H.Y. Sung. 2007. Sung Hwan Yoon. **On estimate of probability distribution for fatigue crack growth life**.

สมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหิน

Performance of Diesel Generator with Tung Oil Biodiesel

นิกราน หอมดวง[1*] ณัฐวุฒิ ดุษฎี[2] อุกฤต สมัครสมาน[2] กิตติกร สาสุจิตต์[2] และธเนศ ไชยชนะ[3]

Nigran Homdoung[1], Natthawud Dussadee[2], Ukrit Samaksaman[2], Kittikorn Sasujid[2] and Tanet Chaicana[3]

[1]ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50260

[2]ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[3]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Energy Research Center, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[1]Faculty of Science, Taksin University, Pattalung, Thailand 93110

*Corresponding: nigran_kan@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ขนาด 3 kW_e เมื่อใช้น้ำมันดีเซล ไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วและไบโอดีเซลมะเยาหินเป็นเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลต้นกำลังขนาด 7 hp มีปริมาตรกระบอกสูบ 401 cc ทดสอบการทำงานที่ภาระโหลด 20, 40 และ 60% ของกำลังสูงสุด หรือ 600, 1,200 และ 1,800W ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1500 rpm และประเมินหาอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ และมลพิษไอเสียเครื่องยนต์ และพบว่า การใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินมีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าน้ำมันดีเซล 18.5% และน้ำมันไบโอ-ดีเซล 3% เฉลี่ยทุกภาระโหลด และที่ภาระโหลด 20% น้ำมันทั้ง 3 ชนิดให้อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงสุดอยู่ในช่วง 0.779-0.644 kg/kWh และที่ภาระโหลด 60% น้ำมันทั้ง 3 ชนิด ให้อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุดอยู่ในช่วง 0.323-0.388 kg/kWh การใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 21.9% ที่ภาระโหลด 60% ซึ่งต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลไม่เกิน 12 และ 3% ตามลำดับ การใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ไฮโดรคาร์บอนและควันดำใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลและไบโอดีเซล ซึ่งค่ามลพิษทั้ง 3 มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเฉลี่ยทุกภาระโหลด

คำสำคัญ: เครื่องยนต์ดีเซล ไบโอดีเซลมะเยาหิน ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

Abstract

The objective of the research work was to study performance of 3 kW_e diesel generator by using diesel, waste vegetable biodiesel and Tung oil biodiesel. The 7 hp and 401 cc diesel engine was tested at 20, 40 and 60% or 600, 1,200 and 1,800 W, respectively of maximum load at 1,500 rpm. The specific fuel consumption, thermal efficiency and exhaust emission were evaluated. The result show that specific fuel consumption of tung oil biodiesel was higher than average load diesel and waste vegetable biodiesel 18.48 and 3%, respectively. The specific fuel consumption of rang at 20% of maximum load was 0.779-0.644 kg/kWh. Whereas specific fuel consumption of rang at 60% of maximum load was 0.323-0.388 kg/kWh after test with three fuel. The high thermal efficiency of Tung oil biodiesel was 21.94% at load 60% which less than diesel and waste vegetable biodiesel about 12 and 3%, respectively. The carbon monoxide hydrocarbon and black smoke of Tung oil biodiesel was less than c average load standard which nearly diesel and waste vegetable biodiesel

Keywords: diesel engine, Tung oil biodiesel, thermal efficiency

คำนำ

วิกฤติการณ์ด้านน้ำมันของโลกทำให้ต้นทุนการผลิตสินค้าของประเทศไทยสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อการครองชีพและรายได้ที่ลดต่ำลงของประชาชน ประเทศไทยในฐานะประเทศที่ต้องนำเข้าน้ำมัน เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาประเทศจึงได้รับผลกระทบเนื่องจากวิกฤตด้านพลังงานโดยตรง รัฐบาลจึงได้มีนโยบายที่จะส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทน เช่น การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ รวมทั้งการสนับสนุนให้มีการเพิ่มพื้นที่ปลูกพืชพลังงาน เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์ม และสบู่ดำ เพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ (กระทรวงพลังงาน, 2551) ปัจจุบันยังมีพืชน้ำมันอีกชนิดหนึ่งที่มีการนำเข้ามาจากทางเหนือของประเทศลาว เรียกว่า “มะเยาหิน หรือ สบู่ดำหิน” ดัง Figure 1 มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Tung oil tree จัดอยู่ในสกุล Vernicia มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Vernicia fordii* (Park *et al.,* 2008) มีต้นกำเนิดจากประเทศจีน จึงมีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า Chinese wood oil tree หรือ Candlenut tree ซึ่งจากการประเมินเบื้องต้นการผลิตในประเทศลาว พบว่า ให้ผลผลิตสูงกว่าสบู่ดำที่ปลูกในประเทศไทยและมีค่าความร้อนใกล้เคียงกับสบู่ดำและปาล์มน้ำมัน การนำมะเยาหินมาผลิตเป็นไบโอดีเซลเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมด้านการใช้พลังงานทดแทน ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีผลการทดสอบอย่างเป็นทางการ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้ไบโอดีเซลจากมะเยาหิน โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบกับน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

Figure 1 Tung tree, Tung seed and Tung oil biodiesel

กระบวนการผลิตไบโอดีเซลมะเยาหิน

กระบวนการผลิตโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ตามลักษณะการผลิต คือ การผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง โดยแบบไม่ต่อเนื่องเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า กระบวนการผลิตแบบกะ ซึ่งกระบวนการแบบนี้เป็นวิธีการที่ง่ายและเป็นที่นิยมใช้กันเนื่องจากต้นทุนเครื่องจักรต่ำและการดำเนินงานไม่ซับซ้อน การผลิตใช้ถังกวนผสมทำปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์ และไตรกลีเซอไรด์ สัดส่วนประมาณ 6:1 โดยปฏิกิริยาจะดำเนินในถังปิดหรือในถังเปิดที่มีอุณหภูมิระหว่าง 25-85°ซ ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ NaOH หรือ KOH การกวนผสมที่ดีต้องเกิดในช่วงแรกเพื่อให้แอลกอฮอล์ น้ำมัน และตัวเร่งปฏิกิริยาสัมผัสกันอย่างสมบูรณ์ ส่วนช่วงท้ายของปฏิกิริยาการลดแรงกวนจะช่วยกลีเซอรอลที่เกิดจากปฏิกิริยาแยกตัวออกได้ดี ผลผลิตอยู่ในช่วง 85-94%

การผลิตไบโอดีเซลมะเยาหินได้ใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการ transesterification ของน้ำมันด้วยแอลกอฮอล์ กลไกการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวดัง Figure 2

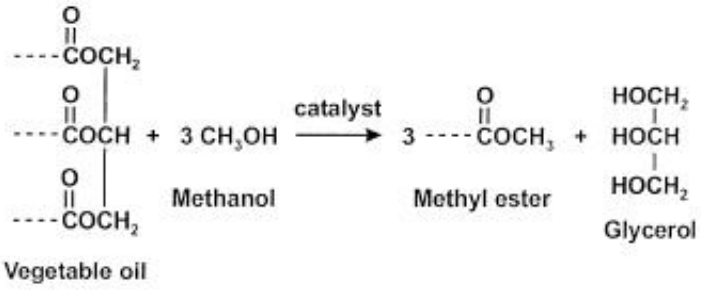


Figure 2 Transesterification reaction

สมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

สมรรถนะเครื่องยนต์ในการทดสอบประกอบด้วย อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะและประสิทธิภาพทางความร้อน ซึ่งอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถหาได้โดยการวัดปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าเครื่องยนต์ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานภายใต้ภาระโหลดและความเร็วต่างๆ ต่อเวลา โดยมีสมการดังต่อไปนี้ (ณัฐวุฒิ และคณะ, 2550)

$$m_f = \frac{3600 \times V_f \times \rho}{t} \quad (1)$$

เมื่อ m_f = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/h)
V_f = ปริมาตรของน้ำมัน (m^3)
ρ = ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/ m^3)
t = เวลา (sec)

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (specific fuel consumption, SFC) คือ การหาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากเชื้อเพลิงให้เป็นงานที่ทำได้ (ณัฐวุฒิ และคณะ, 2550)

$$SFC = \frac{m_f}{BP} \quad (2)$$

เมื่อ BP = กำลังเพลาเบรกของเครื่องยนต์ (kW)
SFC = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (kg/kWh)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่เครื่องยนต์ส่งออกกับพลังงานที่เกิดจากการสันดาปน้ำมันเชื้อเพลิง (ณัฐวุฒิ และคณะ, 2550)

$$\eta_{th} = \frac{BP \times 3600 \times 100}{m_f \times Q_h \times 1000} \quad (3)$$

เมื่อ η_{th} = ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, (%)
Q_h = ค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง, (MJ/kg)

อุปกรณ์และวิธีการ

การประเมินสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหิน มีเครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบประกอบด้วย เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ภาระโหลดทดสอบ และเครื่องวิเคราะห์ไอเสีย โดยรายละเอียดอุปกรณ์ทดสอบแสดงในตารางที่ 1 น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบมีทั้งหมด 3 ชนิด ประกอบด้วย น้ำมันดีเซล ไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้ว และไบโอดีเซลมะเยาหิน โดยเชื้อเพลิงแต่ละชนิดได้นำไปทดสอบเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าขนาด 3 kW_e ดัง Figure 3 ซึ่งแบ่งภาระโหลดทดสอบออกเป็น 20, 40 และ 60% และเมื่อคิดเป็นกำลังไฟฟ้าจะมีขนาดเท่ากับ 600, 1,200 และ

1,800 W ตามลำดับ ขณะทำการทดสอบได้ทำการวัดหาปริมาณอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อเวลาและปริมาณกำลังไฟฟ้าที่เครื่องยนต์สามารถผลิตได้ โดยกำหนดระยะเวลาการทดสอบครั้งละ 1 ชั่วโมง โดยมีการควบคุมความเร็วรอบเครื่องยนต์ไว้ที่ 1,500 rpm ทุกภาระโหลด การวัดอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสามารถวัดได้โดยการชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงเริ่มต้นและน้ำหนักเชื้อเพลิงสุดท้ายแล้วเปรียบเทียบกับระยะเวลาการทดสอบ ในส่วนของค่ามลพิษไอเสียเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้ามีการวัดปริมาณก๊าซทั้งหมด 3 ค่า ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และควันดำ โดยทำการวัดทุกภาระโหลดและชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องยนต์

Table 1 Technical data of performance measuring devices

Measuring devices	Technical data
Engine type	Kubota diesel engine, Model ET70, 7 hp, 1 cylinder, Horizon, 401cc and water cooling.
Generator	generator 3 kWe, 3,000 rpm, 220V, 17.5 A and 50 Hz
Load test	incandescent lamp 100W, spotlight 300W and Digital kilowatt hour meter was show that volt, ampere and kWh
Emission gas analyzer	4.1) Koen model KEG 200 measuring carbonmonoxide rang 0.00-9.99% and resolution 0.01% measuring hydrocarbon rang 0-9999ppm resolution 1 ppm and repeatability less than 2% 4.2) Heshbon model HBN 1500B measuring black smoke rang 0-100% and resolution 0.1%

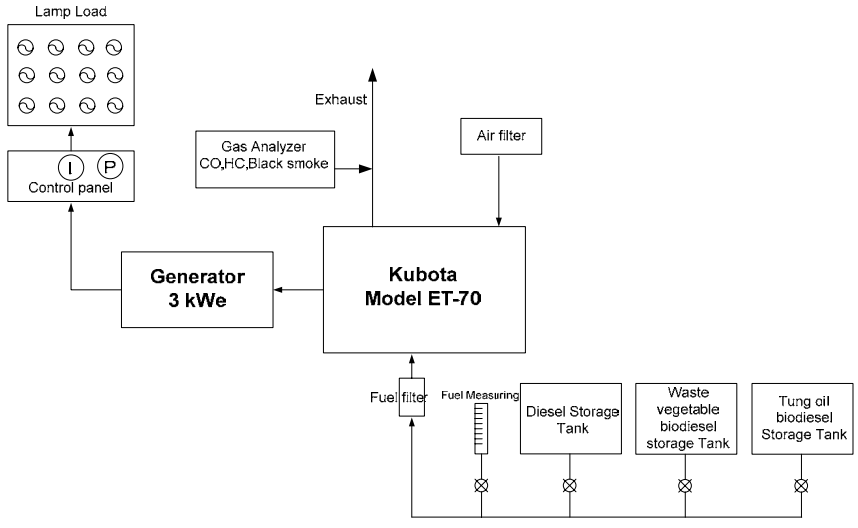


Figure 3 Diagram for evaluate performance of 3 kWe diesel generator

ผลการวิจัย

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

ผลการประเมินอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของชุดทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าขนาด 3 kW_e พบว่า การเพิ่มภาระโหลดทำงานส่งผลให้ความดันเบรกเฉลี่ยและอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงทั้ง 3 ประเภท เพิ่มขึ้น ดัง Figure 4 โดยที่ภาระโหลดทำงาน 60% ความดันเบรกเฉลี่ยและอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 342.25–346.97 kPa และ 0.561-0.665 kg/hr ดัง Figure 2 ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับการทดสอบของ (คมสันติ และอนุตร, 2546) การเพิ่มภาระโหลดทำงานมีผลให้อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะลดลง การใช้น้ำมันดีเซลมีผลให้อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะลดลงต่ำสุดและน้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินมีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงสุดในทุกๆ ค่าภาระโหลดทำงาน การใช้น้ำมันไบโอดีเซล มะเยาหินมีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วและน้ำมันดีเซล 3 และ 18.48% ตามลำดับ การใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหิน ไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วและน้ำมันดีเซล มีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงสุดที่โหลดการทำงาน 20% คิดเป็น 0.779, 0.770 และ 0.644 kg/kWh ตามลำดับ และมีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุดที่โหลดการทำงาน 60% คิดเป็น 0.388, 0.374 และ 0.323 kg/kWh ตามลำดับ สาเหตุที่น้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินให้อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันทั้ง 2 ชนิด ในทุกสภาวะโหลดการทำงาน เกิดจากน้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินมีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลถึง 48% ซึ่งจะส่งผลต่อลักษณะฉีดน้ำมันที่หัวฉีดซึ่งจะทำให้ความเป็นฝอยละอองของน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดลดต่ำลง ส่งผลต่อประสิทธิภาพการลุกไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์และทำให้เกิดความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง โดยน้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินมีความหนืด 9.8 mm^2/s (Park *et al.,* 2008) และน้ำมันดีเซลมีความหนืดไม่เกิน 5 mm^2/s (กรมธุรกิจพลังงาน, 2550)

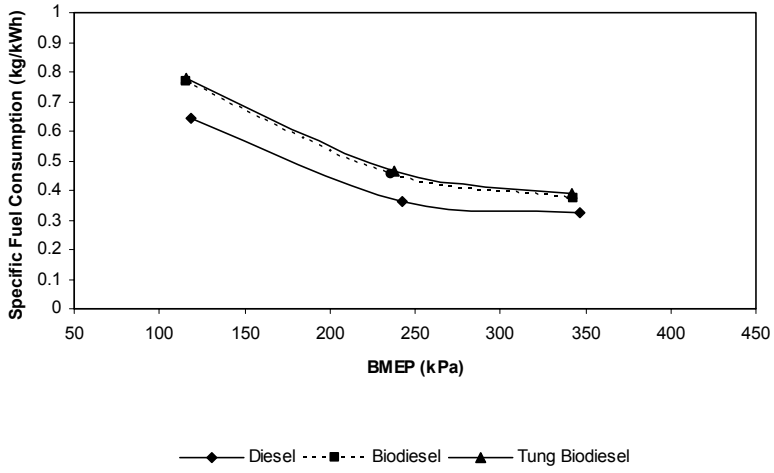


Figure 4 Specific fuel consumption of diesel generator

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์

การประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของกำลังงานทางไฟฟ้าที่ผลิตได้เทียบกับค่าพลังงานของเชื้อเพลิงที่ให้กับชุดทดสอบ ซึ่งพบว่า การเพิ่มภาระโหลดทำงานหรือความดันเบรกเฉลี่ยมีผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันทั้ง 3 ชนิด มีค่าเพิ่มขึ้น ดัง Figure 5 การใช้น้ำมันดีเซลจะให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์สูงสุดทุกค่าโหลดภาระการทำงาน การใช้น้ำมันดีเซลที่ภาระโหลดทำงาน 60% ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 24.26% ถัดมาเป็นไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้ว 22.75% และน้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหิน 21.94% ดัง Figure 2 การทดสอบใช้ภาระโหลดทำงานที่ 20% จะให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเครื่องยนต์ต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกสภาวะโหลดการทำงานของเครื่องยนต์ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบของ (Siripol, 2007) โดยน้ำมันดีเซลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 12.16% ถัดมาเป็นไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้ว 11.05% และน้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหิน 10.91% และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินกับไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้ว พบว่า มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยใกล้เคียงกันโดยการใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่าไม่เกิน 3% และเมื่อเปรียบเทียบน้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินกับน้ำมันดีเซล พบว่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยต่ำกว่าทุกภาระโหลดทำงานไม่เกิน 12% ซึ่งเมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหิน พบว่า มีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลถึง 48% ซึ่งจะมีผลให้ประสิทธิภาพการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และประสิทธิภาพเชิงความร้อนลดต่ำลง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การนำเอาไบโอดีเซลมะเยาหินสามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้โดยมีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วทุกภาระโหลดทำงาน

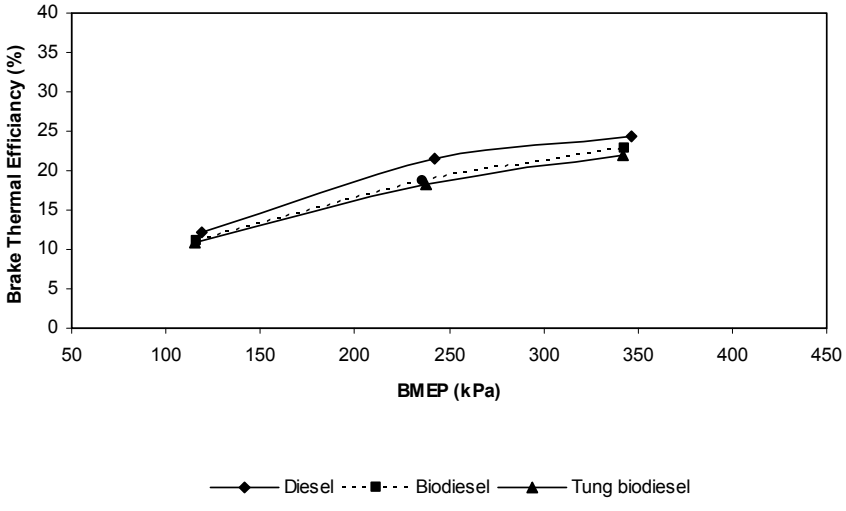


Figure 5 Thermal efficiency of diesel generator

Table 2 Specific fuel consumption and thermal efficiency of diesel generator

Engine Load (%)	Mode of Operation	BMEP (kPa)	DCR (kg/hr)	SFC kg/kWh	η_{th} %
20	Diesel	118.69	0.383	0.644	12.16
	Biodiesel	115.83	0.447	0.770	11.05
	Tung Biodiesel	115.72	0.452	0.779	10.91
40	Diesel	242.73	0.433	0.364	21.49
	Biodiesel	238.55	0.541	0.452	18.80
	Tung Biodiesel	237.64	0.552	0.463	18.36
60	Diesel	346.97	0.561	0.323	24.26
	Biodiesel	342.54	0.642	0.374	22.75
	Tung Biodiesel	342.25	0.665	0.388	21.94

มลพิษไอเสียเครื่องยนต์

การประเมินมลพิษไอเสียเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าจากการใช้น้ำมันดีเซล ไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้ว และไบโอดีเซลมะเยาหิน พบว่า การปรับเพิ่มภาระโหลดทำงานเมื่อใช้น้ำมันดีเซล ไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้ว และไบโอดีเซลมะเยาหินไม่มีผลต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซค์ โดยน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซค์เฉลี่ย 0.01% และไบโอดีเซลมะเยาหินมีค่าเฉลี่ย 0.02% ดัง Table 3 และในส่วนของก๊าซไฮโดรคาร์บอน พบว่า การเพิ่มภาระโหลดทำงานส่งผลให้ปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนของน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่โหลด 20, 40 และ 60% มีปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนเฉลี่ย 1.0, 2.0 และ 3.0 ppm ตามลำดับ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานไอเสียของเครื่องยนต์ พบว่า ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซค์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน โดยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซค์ได้กำหนดมาตรฐานการปล่อยก๊าซได้ไม่เกิน 6% (ระพีพันธุ์ และสุขสันต์, 2543) และก๊าซไฮโดรคาร์บอนได้กำหนดมาตรฐานการปล่อยก๊าซได้ไม่เกิน 670 ppm (พูลพร, 2537) และจากการวิเคราะห์ปริมาณควันดำ พบว่า การทดสอบภาระโหลดทั้ง 3 โหลด มีปริมาณควันดำต่ำมาก โดยการใช้น้ำมันไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วและไบโอดีเซลมะเยาหินที่ภาระโหลด 40 และ 60% ไม่พบปริมาณควันดำ แต่ในส่วนของน้ำมันพืชใช้แล้วที่ภาระโหลด 20% มีปริมาณควันดำ 0.4% ดัง Figure 7 การใช้น้ำมันดีเซลมีปริมาณควันดำเฉลี่ยไม่เกิน 2.4% ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานไอเสียเครื่องยนต์ดีเซลที่กำหนดไว้ไม่เกิน 40% (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2531) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การนำเอาน้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินมาเดินเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 7 แรงม้า ค่ามลพิษไอเสียทั้งคาร์บอนมอนอกไซค์ ไฮโดรคาร์บอน และควันดำ มีค่าไม่เกินมาตรฐาน

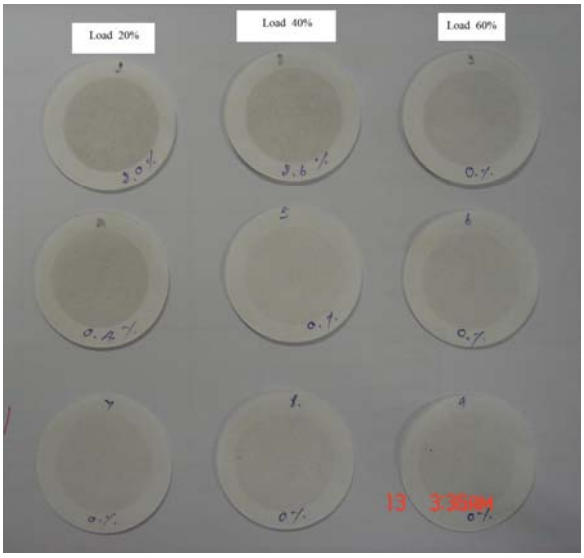


Figure 6 Diesel generator black smoke using diesel, waste vegetable biodiesel and tung oil biodiesel

Table 3 Diesel generator emission using diesel, waste vegetable biodiesel and tung oil biodiesel

Fuel	Load (%)	CO (%)	HC (ppm)	Smoke (%)
Diesel	20	0.01	1.0	2.0
	40	0.01	2.0	2.6
	60	0.01	3.0	NA
Biodiesel	20	0.01	1.0	0.4
	40	0.01	1.0	NA
	60	0.01	1.0	NA
Tung Biodiesel	20	0.02	1.0	NA
	40	0.02	2.0	NA
	60	0.02	3.0	NA

NA: non black smoke

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหิน ไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วและน้ำมันดีเซล มีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุดที่โหลดการทำงาน 60% คิดเป็น 0.323, 0.374 และ 0.388 kg/kWh ตามลำดับ และการใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินมีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล 3 และ 18.48% ตามลำดับ

การใช้น้ำมันดีเซลที่ภาระโหลดทำงาน 60% ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 24.26% ไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้ว 22.75% และไบโอดีเซลมะเยาหิน 21.94% และเมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำมัน

ไบโอดีเซลมะเยาหินกับไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้ว มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยต่ำกว่ากันไม่เกิน 3% และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยต่ำกว่าไม่เกิน 12% และการใช้น้ำมันไบโอดีเซลมะเยาหินให้มลพิษไอเสียเครื่องยนต์ต่ำกว่ามาตรฐานไอเสียเครื่องยนต์ทุกโหลดทำงาน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เครือข่ายภาคเหนือที่สนับสนุนงบประมาณในงานวิจัยชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

คมสันติ เม่ากลาง และอนุตร จำลองกุล. 2546. **การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์เล็ก.** รายงานผลการวิจัย. คณะวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตรและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

ณัฐวุฒิ ดุษฎี ชูรัตน์ ธารารักษ์ และนิรันดร์ สุวรรณสิทธิ์. 2550. **การศึกษาการใช้น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันพืชอื่น ๆ เป็นเชื้อเพลิงเดินเครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า.** รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.

พูลพร แสงบางปลา. 2537. **ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม.** โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

ระพีพันธุ์ ภาสบุตร และสุขสันต์ สุทธิผลไพบูลย์. 2543. **การใช้น้ำมันสบู่ดำกับเครื่องยนต์ดีเซลในไร่นา**. จาก *http://actech.agritech.doae.go.th*.

กรมธุรกิจพลังงาน. 2550. **การกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันและการกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล (ฉบับที่ 2).** จาก *http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bers/biodiesel/quality_ FAME_2552.pdf.*

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2531. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กระบายความร้อนด้วยน้ำ**. จาก *http://library.tisi.go.th/multim/TIS/TIS-787-2531m.pdf.*

กระทรวงพลังงาน. 2551. **แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี พ.ศ. 2551-2565.** จาก *www.dede.go.th/dede/fileadmin.*

Tongorn, S. 2007. **Study on Advanced Injection Timing on A Dual Fuel Diesel Engine with Producer Gas for Power Generation**. Thesis submitted in Partial Fulfillment of Requirements for The Degree of Master Science in Automotive Engineering. King Mongkut s University of Technology North Bangkok. 44: 23-30.

Park, J.Y., D.K. Kim, Z.M. Wang, P. Lu, S.C. Park and J.S. Lee. 2008. Production and Charaterization of Biodiesel from Tung Oil. **Apply Biochem Biotechnol**. 148: 109-117.

การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากเตาเผาถ่านแบบเคลื่อนที่ได้

Charcoal and Wood Vinegar Product by a Moveable Charcoal Brazier

สมิต อินทร์ศิริพงษ์[1] เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์[2*] และณัฐ จันท์ครบ[2]

Smit Insiripong[1], Jensak Eakburanawat[2*] and Natth Jankrob[2]

[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ราชบุรี 70150

[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ กรุงเทพฯ 10160

[1]Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Muban Chombueng Rajabhat University, Ratchaburi, Thailand 70150

[2]Faculty of Engineering, South East Asia University, Bangkok, Thailand 10160

*Corresponding author: Jensak@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเตาเผาถ่านแบบเคลื่อนที่ได้ประสิทธิภาพสูง เหมาะสำหรับการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ โครงสร้างของเตาเผาเป็นโลหะสองชั้น ใช้ดินเหนียวเป็นฉนวนกันความร้อน มีปล่องควันเป็นท่อโลหะซ้อนกันสองชั้นระหว่างชั้นบรรจุด้วยน้ำสำหรับหล่อเย็นเพื่อให้น้ำส้มควันไม้ควบแน่น จากผลการทดสอบพบว่า เตาเผาถ่านแบบเคลื่อนที่ได้ ผลิตน้ำส้มควันไม้ได้ 2.5-4.0 ลิตร ต่อการเผาหนึ่งครั้ง ระยะเวลาในการเผา 5 ชั่วโมง ปริมาณแก๊สหุงต้มที่ใช้ 2 กิโลกรัม โดยที่ระยะเวลาการเผา ปริมาณแก๊สและน้ำส้มควันไม้ขึ้นกับปริมาณไม้ฟืน ความชื้น ชนิด และคุณภาพของไม้ฟืน ประสิทธิภาพการเกิดถ่านเท่ากับ 25% เมื่อเทียบกับน้ำหนักไม้ก่อนการเผาถ่าน เตาเผาถ่านแบบเคลื่อนที่ได้ที่ออกแบบและสร้างขึ้น สามารถช่วยลดปริมาณขยะและสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ไม้เหลือทิ้งตามอาคารบ้านเรือนได้

คำสำคัญ: เตาเผาถ่านแบบเคลื่อนที่ได้ ฟืน ถ่านไม้ น้ำส้มควันไม้ แก๊สหุงต้ม

Abstract

This research describes the design and construction a moveable charcoal brazier for high efficiency or low heat fuel consumption as produce the charcoal and wood vinegar. A moveable charcoal brazier was constructed from two shells of metal and inserted by hardened clay for heat insulator. Chimney constructed from two metal pipes and inserted by cooling water to condense wood vinegar. From the experiment, the volume of wood vinegar product per one round of burning was 2.5-4.0 liters Time interval of charcoal burning was about 5 hours. Time interval, quantity of gas and wood vinegar depend on humidity, kind or quality of wood with 25% of charcoal by weight. The moveable charcoal brazier can be increase evaluate for waste wood from house or residence.

Keywords: moveable charcoal brazier, firewood, charcoal, wood vinegar, LPG

คำนำ

ไม้ยืนต้นที่มีตามอาคารบ้านเรือนทั่วไป ซึ่งเกิดจากการปลูกเพื่อประโยชน์ใช้สอย หรืออาศัยร่มเงาหรือบังแดดเพื่อลดความร้อน รวมไปถึงไม้ยืนต้นที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เมื่อไม้เหล่านี้มีขนาดโตหรือสูงเกินความจำเป็น และมีแนวโน้มจะก่อให้เกิดปัญหาหรือเป็นอันตรายต่อทรัพย์สิน ภายหลังการตัดทอนกิ่งก้านหรือลำต้นของไม้ดังกล่าว จะทำให้เกิดความยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดหรือขนย้าย การกองรวมกันไว้เพื่อให้ผุพังตามธรรมชาติต้องใช้ระยะเวลานาน ทำให้สูญเสียพื้นที่ใช้สอย และอาจเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์มีพิษหรือสัตว์ที่เป็นพาหะของโรคติดต่อได้ การแสวงหาแนวทางการใช้ประโยชน์จากไม้ นอกจากจะเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มแล้ว ยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดหรือการขนย้ายได้ การนำไม้มาใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงพลังงานความร้อนในรูปของถ่านไม้ด้วยเตาเผาถ่าน ช่วยลดอัตราการใช้พลังงานความร้อนหรือค่าใช้จ่ายจากพลังงานไฟฟ้าในครัวเรือนได้

เทคโนโลยีการเผาถ่านจัดเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของไทย ซึ่งเตาเผาถ่านมีหลากหลายชนิดและรูปแบบขึ้นกับชนิดและประเภทของไม้ฟืน ตลอดจนวัตถุประสงค์ของการใช้ถ่านไม้ แต่อย่างไรก็ตาม เตาเผาถ่านส่วนใหญ่ มักประสบปัญหาความคงทนแข็งแรงและเคลื่อนย้ายไม่ได้ ปริมาณเถ้ามาก สัดส่วนถ่านคุณภาพดีต่ำ โดยที่ถ่านไม้ที่ดีและมีคุณภาพ จะมีเนื้อถ่านค่อนข้างแกร่ง เคาะมีเสียงดังกังวานคล้ายเสียงเคาะกระเบื้องดินเผา เนื้อถ่านเป็นสีดำมันวาว ถ้าลูบผิวนอกของถ่านไม้ อาจมีคราบสีดำติดเล็กน้อย ขึ้นกับสมบัติของเปลือกไม้หรือชนิดของไม้ฟืน เมื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงจะจุดติดไฟค่อนข้างยาก แต่เมื่อติดไฟแล้วจะให้ความร้อนสูง สม่ำเสมอ มอดดับช้า สีถ่านเหลืองนวล ถ่านไม่แตกปะทุและเกิดควันน้อย การที่จะได้ถ่านที่ดี นอกจากขึ้นกับชนิดของไม้แล้วยังขึ้นกับกระบวนการเผาถ่าน ทักษะและประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงาน งานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การออกแบบ และสร้างเตาเผาถ่านแบบเคลื่อนที่ได้ ใช้งานง่าย ราคาถูกและเคลื่อนย้ายได้ แหล่งพลังงานความร้อนหรือไฟหน้าเตาคือแก๊สหุงต้มหรือแอลพีจี ซึ่งแตกต่างจากเตาเผาถ่านทั่วไปที่ใช้ฟืนจุดไฟหน้าเตา เตาเผาดังกล่าว สามารถรองรับการผลิตถ่านจากไม้เนื้อแข็งหรือไม้เนื้ออ่อนที่มีตามอาคารบ้านเรือนได้ มีประสิทธิภาพการผลิตถ่านไม้สูง ร่วมกับการผลิตน้ำส้มควันไม้ ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยเนื่องเกิดควันน้อย

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบและสร้างเตาเผาถ่านแบบเคลื่อนที่ได้ อาศัยหลักการพาความร้อนแบบธรรมชาติ การควบแน่น และการเกิดถ่านหรือกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (carbonization)

หลักการพาความร้อนแบบธรรมชาติ

การพาความร้อนแบบธรรมชาติ (natural convection) ปรากฏเมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อการไหลของของไหล และการเคลื่อนที่เป็นผลเฉพาะมาจากการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นภายในของไหล กล่าวคือ บริเวณพื้นผิวร้อนจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในของไหล เมื่อเทียบกับพื้นผิวที่อยู่ใกล้เคียง เกิด

การขยายตัวและมีความหนาแน่นลดลง (Sears, 1991) การลดลงของความหนาแน่นเป็นสาเหตุให้เกิดการยกตัวขึ้น ภายใต้หลักการลอยตัว (Buoyancy) ของอาร์คิมีดิส (Archimedes, 278-212 B.C.)

เมื่อวัตถุหรืออนุภาคความหนาแน่น ρ ซึ่งน้อยกว่าของไหลแวดล้อมความหนาแน่น ρ_f จะมีแรงลอยตัวหรือแรงพยุง (Buoyant force, F_b) ทิศทางชี้ขึ้น (Halliday, 1997) ด้วยขนาดของแรงลอยตัวเป็นขนาดน้ำหนักของอนุภาค คือ

$$F_b = \rho_f V g \quad (1)$$

$$mg = \rho V g$$

ดังนั้น แรงลัพธ์กระทำต่ออนุภาค

$$F = (\rho_f - \rho) V g \quad (2)$$

ขนาดของแรงลัพธ์ต่อหน่วยปริมาตร คือ

$$\frac{F}{V} = (\rho_f - \rho) g \quad (3)$$

กรณีการพาความร้อนแบบธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นเป็นผลมาจากผลต่างอุณหภูมิภายในของไหล $(T - T_f)$ ถ้า β แทนสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตร (coefficient of volume expansion) และเขียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นได้เป็น (Sherwin and Horsley, 1996)

$$\rho = \rho_f \beta (T - T_f) \quad (4)$$

กรณี อากาศสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตร $\beta = 0.0033 - 0.0035^0 C^{-1}$

จากสมการ (3) และสมการ (4) ถ้าแทนเทอมผลต่างอุณหภูมิ $T - T_f$ ด้วย ΔT จะเขียนสมการแสดงแรงต่อหน่วยปริมาตร ได้ว่า

$$\frac{F}{V} = \rho_f (1 - \beta \Delta T) g \quad (5)$$

สมการ (4) และสมการ (5) เป็นสมการหลักสำหรับการวิเคราะห์เพื่อการออกแบบและสร้างเตาเผาถ่านไม้แบบเคลื่อนที่ได้ ขณะที่การเกิดน้ำส้มควันไม้จะอาศัยการหล่อเย็นด้วยน้ำภายใต้หลักการควบแน่น

การพิจารณาการไหลของอากาศ (ควัน) ซึ่งเป็นผลมาจากการพาความร้อนแบบธรรมชาติ กรณีการไหลแบบราบเรียบ (laminar) และการไหลแบบปั่นป่วน (turbulent) จะอาศัยการวิเคราะห์เชิงทฤษฎี กำหนดโดยสมการ

$$\overline{Nu} = 0.55 (Gr \, \mathrm{Pr})^{0.25} \quad (6)$$

เมื่อ $\overline{Nu}$ แทนเลขนัสเซลท์เฉลี่ย (average Nusselt number) Gr แทนเลขกราสซอฟ์ (Grashof number) และ Pr แทนเลขแพรนดท์ล (Prandtl number) โดยที่เลขแพรนดท์ล

$$Gr = \frac{\beta g \Delta T \rho^2 l^3}{\mu^2} \quad (7)$$

กระบวนการคาร์บอนไนเซชัน

การเกิดถ่านหรือกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน หมายถึง กระบวนการที่ทำให้ไม้สลายกลายเป็นถ่าน ด้วยพลังงานความร้อนในสภาพอับอากาศ กระบวนการคาร์บอนไนเซชัน แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นตอนการไล่ความชื้นออกจากไม้ อุณหภูมิประมาณ 180ºซ ช่วงนี้ไม้ฟืนจะคายน้ำ ควันที่ออกมาจะมีสีขาวปนน้ำเงินอ่อนและมีไอน้ำปนออกมา

2. ขั้นตอนการไล่สารระเหิด อุณหภูมิระหว่าง 180-270ºซ ขั้นตอนนี้เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) จะสลายออกมา ควันในช่วงนี้จะเริ่มมีสีจาง มีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ กรดน้ำส้ม (acetic acid) และเมธานอล (methanol) เจือปนออกมากับควันแต่มีปริมาณต่ำ นำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้

3. ขั้นตอนการเปลี่ยนไม้เป็นถ่าน อุณหภูมิประมาณ 270-400ºซ ช่วงนี้ไม้สลายได้ด้วยตัวเองจากปฏิกิริยาคายความร้อน เนื่องจากความร้อนที่สะสมไว้ในเตาเผา ควันที่ออกมาจะมีสีขาวปนเหลือง มีกลิ่นฉุนจัด ขั้นตอนนี้สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้

4. ขั้นตอนการทำให้ถ่านบริสุทธิ์ โดยการอบถ่านที่อุณหภูมิในช่วง 500-600ºซ เพื่อไล่น้ำมันดินให้ออกไปจากถ่านไม้

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาออกแบบและสร้างเตาเผาถ่านไม้เคลื่อนที่ได้ ภายใต้กระบวนการคาร์บอนไนเซชัน โดยไม่พิจารณาหรือดำเนินการในขั้นตอนที่ 4 ซึ่งเป็นขั้นตอนการทำให้ถ่านบริสุทธิ์ เพราะต้องการลดต้นทุนทางด้านพลังงานจากแก๊สหุงต้ม ร่วมกับการผลิตน้ำส้มควันไม้และลดระยะเวลาที่ใช้ในการเผาถ่าน

น้ำส้มควันไม้

ควันที่เกิดจากการเผาถ่านในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่านเมื่อทำให้เย็นลงจนควบแน่นแล้วกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ของเหลวที่ได้นี้ เรียกว่า น้ำส้มควันไม้ มีกลิ่นไหม้ ส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดอะซิติกที่มีความเป็นกรดต่ำ มีสีน้ำตาลแกมแดง นำน้ำส้มควันไม้ที่ได้ทิ้งไว้ในภาชนะพลาสติกประมาณ 3 เดือนในที่ร่มอย่าให้สั่นสะเทือนเพื่อให้น้ำส้มควันไม้ที่ได้ตกตะกอนและแยกตัวเป็น 3 ชั้น คือ น้ำมันเบา (ลอยอยู่ผิวน้ำ) น้ำส้มไม้ และน้ำมันทาร์ (ตกตะกอนอยู่ด้านล่าง) จากนั้นแยกน้ำส้มควันไม้มาใช้ประโยชน์ต่อไป

การนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ประโยชน์

น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่างๆ มากมาย เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรจะมีคุณสมบัติ เช่น เป็นสารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารเร่งการเติบโตของพืช นอกจากนี้ มีการนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม เช่น ใช้ผลิตสารดับกลิ่นตัว ผลิตสารปรับผิวนุ่ม ใช้ผลิตยารักษาโรคผิวหนัง เป็นต้น ก่อนจะนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ควรจะนำมาเจือจางให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมกับการใช้งาน

คณะผู้วิจัยได้ร่วมกันออกแบบเตาเผาถ่านไม้เคลื่อนที่ได้ โดยมีปัจจัยที่เป็นเงื่อนไขสำคัญ คือ น้ำหนักเบา สร้างด้วยวัสดุหาง่าย ควบคุมความร้อนและอากาศได้ดี พร้อมกับการผลิตน้ำส้มควันไม้ ราคาต้นทุนในการก่อสร้างไม่สูงและเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยเฉพาะการอำนวยความสะดวกต่อการผลิตน้ำส้มควันไม้ขนาดของปริมาตรความจุไม่เกิน 0.2 ลูกบาศก์เมตร เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียพื้นที่หรือสิ้นเปลืองวัสดุในการสร้าง ผลการวิเคราะห์และออกแบบเตาเผาถ่านภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว แสดงดัง Figure 1

Figure 1 Sketch of a moveable charcoal brazier for charcoal and wood vinegar production

จาก Figure 1 คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเตาเผาถ่านไม้แบบเคลื่อนที่ได้ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ แสดงดัง Figure 2-5

Figure 2 A moveable charcoal brazier for charcoal and wood vinegar production

Figure 3 Two shells of metal for condensation of wood vinegar

Figure 4 Wood vinegar

Figure 5 Wood charcoal

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยและทดลองเตาเผาถ่านไม้แบบเคลื่อนที่ได้ โดยไม้ฟืนทั้งประเภทไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน ไม้ฟืนความชื้นสูงและความชื้นต่ำ การวัดอุณหภูมิในเตาเผาเฉลี่ยเหนือเตาใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบเส้นลวดร้อน (hot-wire thermometer) ชนิด APPA55 การวางไม้ฟืนจะวางเรียงในแนวตั้ง เป็นรูปกรวยหรือทรงกระบอก ระยะเวลาที่ใช้ในการเผาถ่านด้วยแก๊สหุงต้มประมาณ 5-6 ชั่วโมง การเผาแต่ละครั้งจะใช้แก๊สหุงต้มประมาณ 2 กิโลกรัม (ขึ้นกับชนิด ปริมาณและลักษณะเฉพาะของไม้ฟืน) ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านและเวลา แสดงดัง Figure 6 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของเตาเผาถ่านที่ออกแบบและสร้างขึ้น มีสัดส่วนการเกิดถ่านต่อน้ำหนักของไม้ก่อนการเผาถ่านโดยประมาณเท่ากับ 1:0.25 ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดและความชื้นของไม้ฟืน ประสบการณ์หรือความสามารถของผู้เผา ฯลฯ ปริมาณน้ำส้มควันไม้ต่อการเผาหนึ่งครั้งอยู่ในช่วงระหว่าง 2.5-4.0 ลิตร

จาก Figure 6 เพื่อการประหยัดพลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มหรือปริมาณเชื้อเพลิงความร้อน รวมไปถึงการลดต้นทุนการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ ควรควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผาไม่ให้สูงกว่า 400ºซ ด้วยการลดการจ่ายแก๊สหุงต้ม เพราะกระบวนการคาร์บอนไนเซชันหรือการเกิดถ่านไม้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 270-400ºซ สำหรับรายละเอียดทั่วไปของเตาเผาถ่านแบบเคลื่อนที่ได้ แสดงดัง Table 1

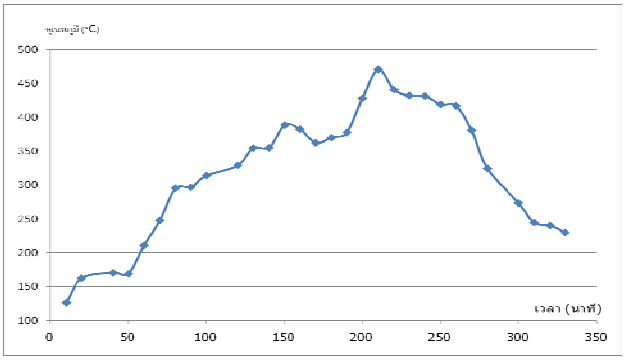


Figure 6 Relationships between time and average inner temperature of a moveable charcoal brazier

Table 1 General details of moveable charcoal brazier

Detail	
Weight	96.0 kilogram
Height	65.0 centimeters
Inner diameter	38.0 centimeters
Outer diameter	50.0 centimeters
Base height	25.0 centimeters
Volume	0.074 cubic meters
Insulator (clay thickness)	6.0 centimeters
Diameter of outer chimney	6.0 centimeters
Diameter of inner chimney	10.0 centimeters
Length of chimney (condensation part for wood vinegar)	120.0 centimeters
Volume of cooling water	4.5 liters
Diameter of burner	18.0 centimeters

อัตราส่วนของพลังงานที่ใช้และพลังงานที่ผลิตได้

การเผาถ่านใช้แก๊สหุงต้ม (LPG) น้ำหนัก 2 กิโลกรัมต่อรอบ ค่าความร้อน (heating value) ของแก๊สหุงต้มเท่ากับ 26.62 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม คิดเป็นค่าพลังงานที่ใช้เท่ากับ 53.24 เมกกะจูล การเผาถ่าน 1 รอบได้ผลผลิตถ่านไม้ประมาณ 10 กิโลกรัม ค่าความร้อนของถ่านไม้เท่ากับ 31.16 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม คิดเป็นพลังงานที่ผลิตได้เท่ากับ 3,116 เมกกะจูล ดังนั้นอัตราส่วนของค่าพลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มที่ใช้ในการเผาถ่าน 1 รอบต่อค่าพลังงานความร้อนของถ่านไม้ที่ผลิตได้จึงเท่ากับ 1 : 58.53 ปัจจุบัน (มีนาคม 2553) แก๊สหุงต้มราคากิโลกรัมละ 18.67 บาท ราคาถ่านไม้กิโลกรัมละ 20 บาท ในการเผาถ่าน 1 รอบต้องลงทุนค่าแก๊สประมาณ 37.33 บาท ได้ถ่าน 200 บาท ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าการเผาถ่านด้วยเตาที่สร้างขึ้นนี้มีความคุ้มค่าทั้งในด้านพลังงานและด้านเศรษฐศาสตร์

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

ปริมาตรของเตาเผาถ่านไม้ที่เหมาะสมสำหรับอาคารบ้านเรือน ควรมีขนาดความจุไม่เกิน 0.1 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาในการเผาด้วยแก๊สหุงต้มประมาณ 5 ชั่วโมง โดยที่ระยะเวลาการเผา และปริมาณแก๊สหุงต้มขึ้นกับปริมาณไม้ฟืนและลักษณะเฉพาะของไม้ฟืน เช่น ความชื้น ชนิดและคุณภาพของไม้ฟืนที่ใช้ในการเผา เป็นต้น น้ำหนักของแก๊สหุงต้มที่ใช้ในการเผาประมาณ 2.0 กิโลกรัม สัดส่วนหรืออัตราส่วนระหว่างไม้ฟืนและถ่านไม้ของเตาเผาถ่านไม้ที่พัฒนาขึ้นมีสัดส่วน 1:0.25 (โดยประมาณน้ำหนัก) ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดและความชื้นของไม้ฟืน ทักษะและความชำนาญของผู้เผา เป็นต้น ปริมาณน้ำส้มควันไม้ต่อการเผาหนึ่งครั้งประมาณ 2.5-4.0 ลิตร โดยที่ลักษณะทางกายภาพและปริมาณของน้ำส้มควันไม้ขึ้นกับชนิด ปริมาณ และความชื้นของไม้ฟืนที่ทำการเผา ตลอดจนปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะเวลาการเผา การควบคุมอุณหภูมิ การควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงความร้อน ประสบการณ์ของผู้เผา และการเปลี่ยนถ่ายน้ำหล่อเย็น เป็นต้น เตาเผาถ่านไม้ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีข้อดีประการสำคัญ คือ สามารถเคลื่อนย้ายได้ ควบคุมอากาศได้ง่าย โครงสร้างเตาเผาเป็นโลหะสองชั้น ระหว่างชั้นโลหะแทรกด้วยดินเหนียวเป็นฉนวนความร้อน มีความแข็งแรงทนทาน การสร้างไม่ยุ่งยากซับซ้อน ราคาต้นทุนไม่สูงมาก แต่ทั้งนี้การเผาถ่านไม้ไม่ควรผสมไม้ฟืนระหว่างไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง เมื่อไม่ใช้งานควรถอดท่อหรือปล่องระบายอากาศ (ส่วนควบแน่นของน้ำส้มควันไม้) และเททิ้งน้ำหล่อเย็นเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดสนิมเหล็ก สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มควันไม้ ควรมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำหล่อเย็นให้บ่อยครั้งยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงบประมาณ และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ที่สนับสนุนทรัพยากรและงบประมาณในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Sears, F.W., M.W. Zemansky and H.D. Young. 1991. **University physics.** (7th ed.) Addison-Wesley: New York.

Halliday, D., R. Resnick and J. Walker. 1997. **Fundamental of physics.** (5th ed.) John Wiley & Sons: New York.

Sherwin, K. and M. Horsley. 1996. **Thermo fluids**. Chapman & Hall: London.

Young, H.D. and R.A. Freedman. 2000. **University physics with modern physics.** (10th ed.) Addison-Wesley: San Francisco.

Junkrob, N. 2006. **Electrical Energy Management for Biomass Power Plant**. Ph.D. Research seminar report., Department of Energy Technology. KMUTT.

การผลิตน้ำมันชีวภาพจากไม้และพลาสติกเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน

Bio-fuels Production from Woods and Plastics as Renewable Energy

ธนศิษฏ์ วงศ์ศิริอำนวย* นำพร ปัญโญใหญ่ และเสมอขวัญ ตันติกุล

Thanasit Wongsiriamnuay*, Numpron Punyoyyai and Samerkhwan Tantikul

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Engineering and Agricultural-Industrial, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: thanasit@mju.ac.th

บทคัดย่อ

น้ำมันชีวภาพมีองค์ประกอบใกล้เคียงกับน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล สามารถนำไปใช้ทดแทนกันได้ น้ำมันชีวภาพสามารถผลิตได้จากวัสดุหลายประเภท เช่น ชีวมวล เศษวัสดุทางการเกษตร รวมถึงขยะจากพลาสติก ยางรถยนต์ และน้ำมันเครื่องใช้แล้ว ในงานวิจัยนี้ได้ผลิตน้ำมันชีวภาพด้วยกระบวนการไพโรไลซิสในเตาปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง เศษไม้มะม่วงและไม้ลำไย ทดสอบที่อุณหภูมิ 600, 700 และ 800°ซ ส่วนเศษถุงพลาสติกทดสอบที่อุณหภูมิ 400, 500 และ 600°ซ อัตราการให้ความร้อน 10 และ 30°ซ/นาที ผลการทดสอบ พบว่า ไม้มะม่วง ไม้ลำไยและถุงพลาสติก จะได้น้ำมันชีวภาพ 33, 28 และ 75% โดยน้ำหนักตามลำดับ และได้ปริมาณน้ำมันชีวภาพสูงสุดจากของผสมระหว่างไม้มะม่วงกับพลาสติกที่อัตราส่วน 40:60

คำสำคัญ: น้ำมันชีวภาพ ไพโรไลซิส ไม้มะม่วง ไม้ลำไย ถุงพลาสติก

Abstract

Bio-fuels have property similar to gasoline and diesel fuel, they can be used instead of petroleum. They are produced from versatile materials such as biomass, agricultural residues, plastic, tires and used lubricant oil. In this research, bio-fuels were pyrolysed in a fixed bed reactor. The study carried out for mango woods and longan woods at the temperatures 600, 700 and 800°C while plastic bags were performed at 400, 500 and 600°C, with heating rates 10 degree and 30°C.min^{-1}. It was found that the pyrolysis of mango woods, longan woods and plastic bags gave the liquid fuel of 33, 28 and 75% by weight, respectively. The maximum yields of liquid fuel was produced from mango woods and plastic bags mix at a ratio 40:60.

Keywords: bio-fuels, pyrolysis, mango wood, longan woods, plastic bags

คำนำ

ในปัจจุบันลำไยและมะม่วงเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการปลูกเป็นจำนวนมาก เพื่อการบริโภคภายในประเทศและส่งออกขายต่างประเทศ ในการปลูกลำไยเกษตรกรจะมีการตัดแต่งกิ่งต้นลำไย เพื่อเร่งให้แตกใบอ่อนทำให้ต้นไม้ฟื้นตัวได้เร็ว ใบใหม่ที่เกิดขึ้นจะทำหน้าที่สร้างอาหารสะสมไว้สำหรับการออกดอกติดผลในฤดูกาลถัดไป และยังสามารถช่วยควบคุมความสูงของทรงพุ่ม การที่ทรงพุ่มเตี้ยทำให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยวผลผลิตและสะดวกต่อการดูแลรักษา และช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องไม้ค้ำยันกิ่ง ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง สามารถช่วยลดการระบาดของโรคและแมลง การตัดแต่งกิ่งให้โปร่งทำให้แสงส่องเข้าไปในทรงพุ่มได้จะช่วยให้ต้นลำไยตอบสนองต่อสารโพแทสเซียมคลอเรตได้ดี ทำให้ออกดอกมากขึ้น แม้ว่าปริมาณการใช้สารลดลง อีกทั้งยังทำให้ผลผลิตมีคุณภาพดี ได้ผลขนาดใหญ่ขึ้นและคุณภาพผลผลิตโดยรวมดีขึ้นด้วย การตัดแต่งกิ่งทำให้มีขยะที่เป็นเศษกิ่งไม้ ใบไม้เป็นจำนวนมาก ถึงแม้ว่าจะมีการนำไปทำเป็นปุ๋ยอยู่บ้าง แต่ยังมีจำนวนมากที่มีการเผาทิ้ง อีกทั้งปัญหาของขยะที่ย่อยสลายได้ยากเช่นถุงพลาสติก ที่มีปริมาณสูงในแต่ละวันต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัด และเสียพื้นที่ในการฝังกลบ หากนำมาเผาทิ้งในที่เปิดโล่ง นอกจากจะก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศและฝุ่นละอองแล้ว ยังมีสารก่อมะเร็งด้วยซึ่งจะเป็นอันตรายหากสูดดมเข้าไป โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนที่มีการเผาเป็นจำนวนมากก่อให้เกิดปัญหาหมอกควันและฝุ่นละอองที่มีปริมาณสูงกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ อีกทั้งจากปัญหาในด้านราคาที่สูงขึ้นของน้ำมันปิโตรเลียม ทำให้ต้นทุนในการด้านผลิตและการขนส่งสูงขึ้น ดังนั้นหากนำเศษกิ่งไม้ ใบไม้มาผลิตเป็นน้ำมันเพื่อใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลรวมถึงการใช้ร่วมกับน้ำมันดีเซล ก็จะทำให้ลดต้นทุนด้านการขนส่งลงไปได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดการเปลี่ยนเศษกิ่งไม้และขยะพลาสติกที่เป็นวัสดุที่ย่อยสลายตัวได้ยาก ใช้เวลานานและมีจำนวนมากมาผลิตเป็นน้ำมันชีวภาพด้วยกระบวนการไพโรไลซิส เพื่อนำไปใช้เพื่อผลิตเชื้อเพลิงหรือนำไปใช้ร่วมกับน้ำมันดีเซลเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน และเป็นแนวทางที่จะช่วยลดปัญหาการกำจัดขยะและปัญหาด้านมลภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย การเปลี่ยนไม้ที่เป็นของแข็งให้เป็นน้ำมันจะนำมาผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่เป็นกระบวนการทางเคมีความร้อน เมื่อให้ความร้อนของแข็งจะสลายตัวในสภาวะที่อับอากาศหรือปราศจากออกซิเจน หรือมีออกซิเจนอยู่ในปริมาณที่น้อยที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะประกอบได้ด้วยก๊าซ ของเหลว และถ่าน (Demirbas, 2002) ก๊าซที่ได้จะเป็นก๊าซเชื้อเพลิงจุดติดไฟได้ (Caglar and Demirbas, 2002) ส่วนของเหลวจะประกอบไปด้วยสารประกอบกลุ่มไฮโดรคาร์บอนมีองค์ประกอบคล้ายกับน้ำมันปิโตรเลียม (Zhang and Wang, 2007; Zhang *et al*., 2007; Zhang *et al*., 2010) ส่วนถ่านที่ได้จะเหมือนกับถ่านที่ได้จากการเผาไม้ทำถ่านไม้ทั่วไป แต่จะมีข้อดีกว่า คือ ไม่มีควันและไม่มีสารก่อมะเร็งปนเปื้อนอยู่เหมือนถ่านไม้ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำกิ่งไม้มาย่อยให้มีขนาดเล็ก และขยะพลาสติกประเภทถุงร้อน (polypropylene; PP) มาตัดให้มีขนาด 5×5 มม. ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้วัสดุทดสอบ 100 กรัม บรรจุในเตาปฏิกรณ์ที่ทำมาจากสแตนเลสที่พันรอบด้วยขดลวดไฟฟ้าเพื่อให้ความร้อน (Figure 1) เตาปฏิกรณ์จะต่อกับทางออกของก๊าซที่ต่อด้วยชุดกลั่นตัวและชุดดักน้ำมันด้วยสารละลายไอโซโพรพานอลที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้วในถังน้ำแข็งที่ควบคุมอุณหภูมิ 5 และ -20°ซ ก๊าซไนโตรเจนเป็นก๊าซเฉื่อยในเตาปฏิกรณ์จะถูกควบคุมแรงดันและอัตราการไหลให้คงที่เพื่อให้ได้ปริมาณของเหลวสูงสุดจะใช้อัตราการไหลของก๊าซที่ 100-200 ลบ.ซม./นาที หากสูงกว่านี้ปริมาณของเหลวที่ได้ไม่แตกต่างกัน (Ates *et al*., 2004)

อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะให้ให้ความร้อนที่อัตรา 10 และ 30°ซ/นาที ส่วนอุณหภูมิในการไพโรไลซิสเศษไม้ คือ 600, 700 และ 800°ซ สำหรับขยะพลาสติกอุณหภูมิที่ใช้ คือ 400, 500 และ 600°ซ (Kim and Kim, 2004) เมื่อถึงอุณหภูมิที่กำหนดจะทิ้งไว้อีก 30 นาที หลังจากนั้นจะวัดปริมาตรน้ำมันที่ได้ และชั่งน้ำหนักของวัสดุที่เหลืออยู่ หลังจากกระบวนการไพโรไลซิสแล้วจะเก็บปริมาณน้ำมันและชั่งน้ำหนักของน้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิสเศษไม้ เพื่อนำมาเปรียบเทียบเงื่อนไขที่ให้ปริมาณน้ำมันมากกว่ากันระหว่างเศษไม้มะม่วงกับเศษไม้ลำไย จากนั้นทดสอบถุงพลาสติก เมื่อได้สภาวะที่ได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุดแล้วจะนำสภาวะนั้นมาใช้กับของผสมเพื่อหาปริมาณน้ำมันที่ได้จากการผสมระหว่างไม้ต่อถุงพลาสติก ที่อัตราส่วน 40:60, 50:50 และ 60:40 (กรัม/กรัม) ตามลำดับ

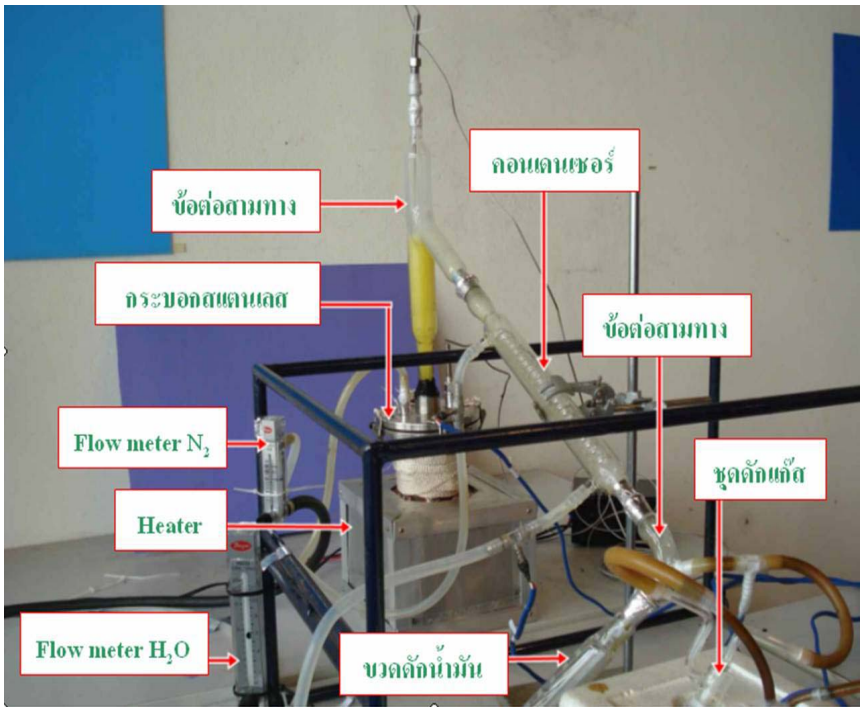


Figure 1 Laboratory pyrolysis apparatus

ผลการทดลอง

ผลการทดสอบกระบวนการไพโรไลซิสของไม้มะม่วงและไม้ลำไย (Figure 2-4) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากไม้มะม่วงได้น้ำมันชีวภาพมากที่สุดที่อุณหภูมิ 600°ซ อัตราการให้ความร้อน 30°ซ/นาที ได้น้ำมันชีวภาพประมาณ 33% ได้ก๊าซ 39% และถ่าน 28% โดยน้ำหนัก ส่วนไม้ลำไยได้น้ำมันชีวภาพ 28% ก๊าซ 42% และถ่าน 30% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 700°ซ ที่อัตราให้ความร้อนเดียวกัน ส่วนถุงพลาสติก (Figure 5) ที่อุณหภูมิ 600°ซ อัตราการให้ความร้อน 10°ซ/นาที จะได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุดประมาณ 75% ก๊าซ 24% และถ่าน 1% โดยน้ำหนัก ผลการทดสอบของผสมระหว่างเศษไม้มะม่วงกับถุงพลาสติก ที่อุณหภูมิ 600°ซ อัตราการให้ความร้อน 10°ซ/นาที ที่อัตราส่วนผสมเศษไม้มะม่วงต่อถุงพลาสติก 40:60, 50:50 และ 60:40 (Figure 6) จากการผสมจะได้ว่าที่อัตราส่วนการผสม 40:60 ได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด คือ 69% ก๊าซ 19% และถ่าน 12% โดยน้ำหนัก ซึ่งปริมาณน้ำมันที่ได้มากจะมากกว่าการไพโรไลซิสเฉพาะเศษไม้มะม่วงเพียงอย่างเดียว แต่น้อยกว่าการไพโรไลซิสเฉพาะถุงพลาสติกเพียงอย่างเดียว หากเพิ่มอัตราส่วนมากขึ้นก๊าซมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแล้วลดลง ส่วนถ่านมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น ส่วนผสมที่มีปริมาณของถุงพลาสติกเพิ่มมากขึ้น จะได้ปริมาณน้ำมันเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน

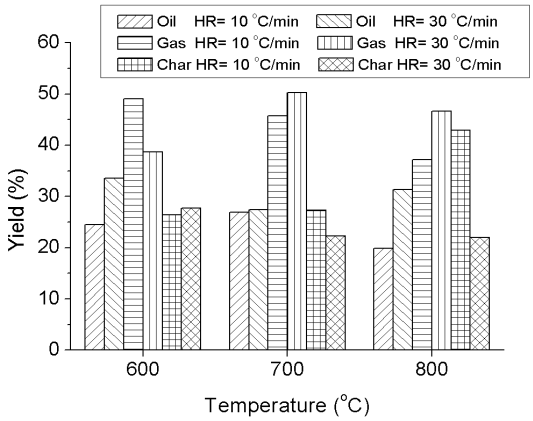


Figure 2 The product of mango woods at different temperature

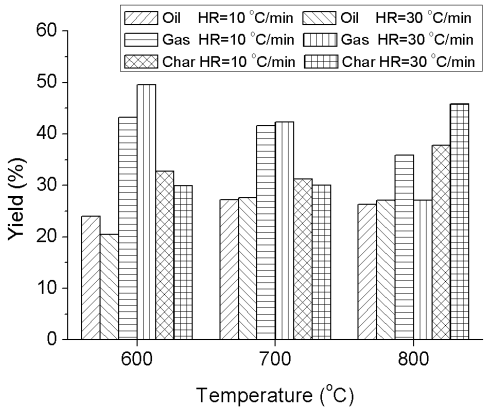


Figure 3 The product of longan woods at different temperature

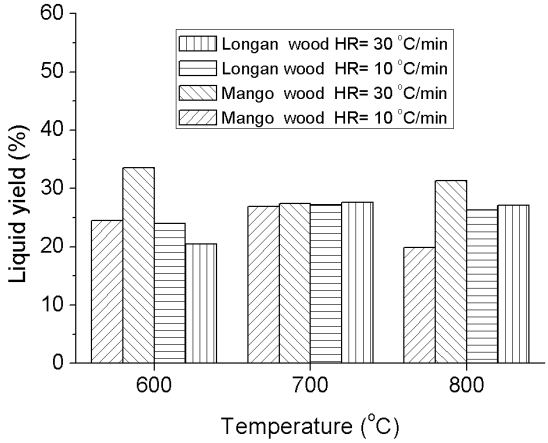


Figure 4 The liquid product of mango wood and longan woods

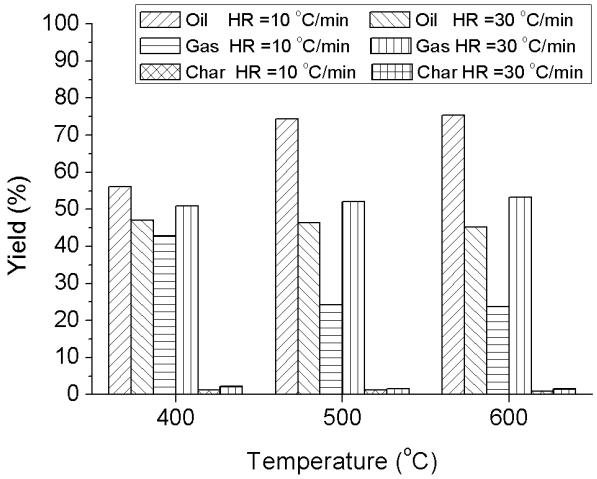


Figure 5 The product of plastic bags (polyethylene) at different temperature

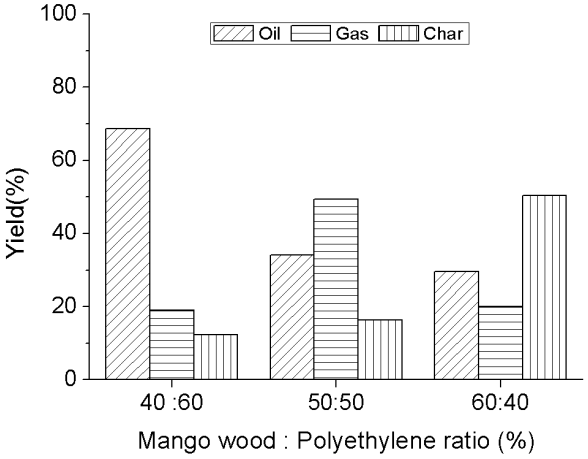


Figure 6 The product at different mixing ratio

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบ พบว่า น้ำมันชีวภาพมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์ที่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณถ่านที่ได้จะลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (Ates *et al*., 2004; Demirbas, 2004) ไม้มะม่วงให้ปริมาณของเหลวสูงสุดที่ 600°ซ ส่วนไม้ลำไยที่ 700°ซ ที่อัตราให้ความร้อน 30°ซ/นาที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การผลิตน้ำมันชีวภาพของไม้ที่อุณหภูมิ 600°ซ ได้น้ำมันชีวภาพสูงสุด (Onay, 2007) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ได้ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้น เพราะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 600°ซ เซลลูโลสสลายตัวเพียง 60% หากเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้นเซลลูโลสจะมีการสลายตัวเกือบทั้งหมด (Lanza *et al*., 2008)

เมื่อใช้อัตราการให้ความร้อนสูงขึ้นปริมาณน้ำมันชีวภาพที่ได้มีมากขึ้น โดยที่ปริมาณของถ่านลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า หากเพิ่มอัตราการให้ความร้อนทำให้ได้ปริมาณน้ำมันชีวภาพและค่าความร้อนของน้ำมันชีวภาพเพิ่มขึ้น ตรงกันข้ามกับถ่านที่มีปริมาณลดลง (Ates *et al*., 2004) แต่ถ่านมีค่าความร้อนเพิ่มสูงขึ้นและปริมาณคาร์บอนคงที่ในถ่านมีมากกว่าในน้ำมันชีวภาพ (Demirbas, 2004) ค่าความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องมาจากปริมาณคาร์บอนคงที่เพิ่มขึ้นและสารระเหยลดลง (Demirbas, 2007) หากต้องการผลิตให้ได้น้ำมันชีวภาพปริมาณมากแล้วจะใช้อัตราการให้ความร้อนที่ไม่สูงก็สามารถทำได้ หากใช้อัตราการให้ความร้อนสูงจะได้ปริมาณถ่านลดลงแต่ได้ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้น ในกรณีที่ต้องการนำก๊าซไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการไพโรไลซิสก็สามารถใช้วิธีนี้ได้ เพื่อลดต้นทุนด้านเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนกับกระบวนการ

พลาสติกประเภทถุงร้อน (polypropylene; PP) จะสลายตัวส่วนใหญ่ที่ 400°ซ (Kim and Kim, 2004) และหากใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นเวลาที่ใช้ในการสลายตัวจะลดลง (Bockhorn *et al*., 1999; Zhou *et al*., 2006) จากการทดสอบอุณหภูมิในช่วง 400-600°ซ ปริมาณน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ

ส่วนผสมของไม้กับพลาสติก หากเพิ่มส่วนผสมของไม้เพิ่มขึ้นปริมาณน้ำมันจะลดลง ในทางตรงกันข้ามหากเพิ่มถุงพลาสติกจะได้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น การผสมของไม้กับถุงพลาสติก ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันน้อยกว่าใช้ถุงพลาสติกอย่างเดียว แต่มากกว่าหากเทียบกับไม้อย่างเดียว การผสมไม้กับถุงพลาสติกทำให้ได้ปริมาณน้ำมันเพิ่มสูงขึ้น และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นด้วย (Sharypov et al., 2002)

ส่วนน้ำมันชีวภาพที่ผลิตได้จากกระบวนการไพโรไลซิสจะมีองค์ประกอบคล้ายกับน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล (Wang *et al*., 2007)ผลิตภัณฑ์ก๊าซที่เกิดขึ้นจะเป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ได้ ประกอบไปด้วยกลุ่มไฮโดรคาร์บอนเช่น CO, CO_2, CH_4, C_2H_2,H_2 การนำน้ำมันชีวภาพไปใช้สามารถนำไปใช้ทดแทนน้ำมันเตา น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซลได้เนื่องจากมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน หากต้องการนำไปใช้โดยตรงโดยที่ไม่ต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำมันและเครื่องยนต์ อาจจะใช้วิธีผสมแทน ส่วนการนำไปใช้ในเครื่องยนต์โดยตรงนั้นอาจจะต้องปรับปรุงคุณภาพภาพน้ำมันก่อน เพื่อให้มีสภาพที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน (Demirbas and Balat, 2006; Zhang *et al*., 2007; Goyal *et al*., 2008)

สรุปผลการทดลอง

น้ำมันชีวภาพที่ผลิตมาจากกระบวนการไพโรไลซิสของไม้มะม่วงได้ปริมาณน้ำมันชีวภาพประมาณ 33% โดยน้ำหนัก ส่วนไม้ลำไยได้ประมาณ 28% โดยน้ำหนัก และถุงพลาสติกได้ประมาณ 75% โดยน้ำหนัก อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำมันชีวภาพจากไม้มะม่วงผสมกับถุงพลาสติก ที่ได้ปริมาณน้ำมันที่มากที่สุด ที่อัตราส่วน 40:60 (กรัม:กรัม) ได้ประมาณ 69% โดยน้ำหนัก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนงานวิจัย คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

เอกสารอ้างอิง

Ates, F., E. Putun and A.E. Putun. 2004. Fast pyrolysis of sesame stalk: yields and structural analysis of bio-oil. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.** 71(2): 779-790.

Bockhorn, H., A. Hornung, U. Hornung and D. Schawaller. 1999. Kinetic study on the thermal degradation of polypropylene and polyethylene. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.** 48(2): 93-109.

Caglar, A. and A. Demirbas 2002. Hydrogen rich gas mixture from olive husk via pyrolysis. **Energy Conversion and Management.** 43(1): 109-117.

Demirbas, A. 2002. Gaseous products from biomass by pyrolysis and gasification: effects of catalyst on hydrogen yield. **Energy Conversion and Management.** 43(7): 897-909.

Demirbas, A. 2004. Determination of calorific values of bio-chars and pyro-oils from pyrolysis of beech trunkbarks. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.** 72(2): 215-219.

Demirbas, A. 2007. Effect of Temperature on Pyrolysis Products from Biomass. **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects.** 29(4): 329-336.

Demirbas, M.F. and M. Balat. 2006. Recent advances on the production and utilization trends of bio-fuels: A global perspective. **Energy Conversion and Management.** 47(15-16): 2371-2381.

Goyal, H.B., D. Seal and R.C. Saxena. 2008. Bio-fuels from thermochemical conversion of renewable resources: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews.** 12(2): 504-517.

Kim, S.S. and S. Kim. 2004. Pyrolysis characteristics of polystyrene and polypropylene in a stirred batch reactor. **Chemical Engineering Journal.** 98(1-2): 53-60.

Lanza, R., D. Dalle Nogare and P. Canu. 2008. Gas Phase Chemistry in Cellulose Fast Pyrolysis. **Industrial & Engineering Chemistry Research.** 48(3): 1391-1399.

Onay, O. 2007. Influence of pyrolysis temperature and heating rate on the production of bio-oil and char from safflower seed by pyrolysis, using a well-swept fixed-bed reactor. **Fuel Processing Technology.** 88(5): 523-531.

Sharypov, V.I., N. Marin, N.G. Beregovtsova, S.V. Baryshnikov, B.N. Kuznetsov, V.L. Cebolla and J.V. Weber. 2002. Co-pyrolysis of wood biomass and synthetic polymer mixtures. Part I: influence of experimental conditions on the evolution of solids, liquids and gases. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.** 64(1): 15-28.

Wang, C., Z. Du, J. Pan, J. Li and Z. Yang. 2007. Direct conversion of biomass to bio-petroleum at low temperature. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.** 78(2): 438-444.

Zhang, H. and J. Wang. 2007. Oil from biomass corncob tar as a fuel. **Energy Conversion and Management.** 48(5): 1751-1757.

Zhang, L., C. Xu and P. Champagne. 2010. Overview of recent advances in thermo-chemical conversion of biomass. **Energy Conversion and Management.** 51(5): 969-982.

Zhang, Q., J. Chang, T. Wang and Y. Xu. 2007. Review of biomass pyrolysis oil properties and upgrading research. **Energy Conversion and Management.** 48(1): 87-92.

Zhou, L., Y. Wang, Q. Huang and J. Cai. 2006. Thermogravimetric characteristics and kinetic of plastic and biomass blends co-pyrolysis. **Fuel Processing Technology.** 87(11): 963-969.

การศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานเพื่อการผลิตเอทานอล (น้ำตาลจากแตงโม) ระหว่างแบบดั้งเดิมและแบบใหม่: กรณีศึกษาจากโรงงานต้นแบบของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

A Comparison Study on Energy Consumption for Ethanol Production (Sugar Watermelon) between Conventional and New Methods: A Case Study from a Pilot Plant at Maejo University Phrae Campus

ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี* ลักขณา วิกาหะ และอนุกูล จันทร์แก้ว

Tammasak Punsaensri*, Lukkhana Wikaha and Anukul Junkaew

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: tammasak@phrae.mju.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเอทานอล (น้ำตาลจากแตงโม) โดยทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารโรงงานนำร่องอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ซึ่งในการศึกษาระบบการผลิตเอทานอลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ศึกษาการใช้พลังงานในการผลิตเอทานอลแบบดั้งเดิมโดยอาศัยแรงงานคนเป็นหลัก และศึกษาการใช้พลังงานในการผลิตเอทานอลแบบสมัยใหม่โดยใช้เครื่องกลั่น ที่มีการปรับปรุง และนำข้อมูลที่ได้มาเปลี่ยนเป็นข้อมูลการใช้พลังงาน (เมกะจูล) โดยใช้ค่าพลังงานเทียบเท่า จากการศึกษาการใช้พลังงานในการผลิตเอทานอลแบบดั้งเดิม พบว่า มีการใช้พลังงานรวมในทุกขั้นตอนเท่ากับ 1,372.40 เมกะจูล และมีอัตราการใช้พลังงานคิดเป็น 148.69 เมกะจูล/ลิตร-เอทานอล และการศึกษาการใช้พลังงานในการผลิตเอทานอลแบบสมัยใหม่ พบว่า มีการใช้พลังงานรวมในทุกขั้นตอนเท่ากับ 1,306.15 เมกะจูล และมีอัตราการใช้พลังงานคิดเป็น 124.99 เมกะจูล/ลิตร-เอทานอล

คำสำคัญ: แตงโม พลังงาน เอทานอล

Abstract

This study aimed to analyze the energy consumption in all stages of ethanol production (sugar watermelon). Data were collected in Agro-industry building of Maejo university Phrae campus. The studies are divided into two parts; the energy used in an old strategy which is conducted by human and the energy used in a new strategy which human uses modified distillation in production. Data collected were calculated in terms of MJ energy equivalent. Study on the energy consumption in a conventional method which total energy consumed in all stages of Ethanol production was 1,372.40 MJ. The energy rate was 148.69 MJ/l-Ethanol. Study on the energy consumption in a new method which total energy consumed in all stages of ethanol production was 1,306.15 MJ. The energy rate was 124.99 MJ/l-ethanol.

Keywords: watermelon, energy, ethanol

คำนำ

ประเทศไทยจำเป็นต้องนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในภาคขนส่งเกือบทั้งหมด ทำให้สูญเสียเงินตราให้ต่างประเทศเป็นจำนวนมากกว่าปีละ 2 แสนล้านบาท ซึ่งมีมูลค่ามากกว่ารายได้จากการส่งออกข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา น้ำมันปาล์ม และน้ำตาลทรายรวมกัน ประกอบกับแนวโน้มราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมีแต่จะสูงขึ้น ประเทศต่างๆ ทั่วโลกจึงแสวงหาแหล่งเชื้อเพลิงและพลังงานจากทรัพยากรภายในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้า สำหรับประเทศไทยเรามีแหล่งพลังงานดังกล่าวในปริมาณที่ค่อนข้างจำกัด แหล่งพลังงานที่ประเทศไทยสามารถผลิตได้เองคือแหล่งพลังงานทดแทนจากพืชเกษตร ประกอบกับปัญหาราคาพืชผลทางการเกษตรตกต่ำ คำตอบที่จะสามารถช่วยแก้ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น คือ การผลิตเชื้อเพลิงเอทานอล ซึ่งได้จากการนำเอาพืชผลทางการเกษตรมาแปรรูปด้วยการย่อยสลาย การหมัก และกลั่นให้อยู่ในรูปเอทานอลโดยนำเอทานอลที่ได้ผสมกับน้ำมันเบนซิน เรียกว่า ก๊าซโซฮอล์ งานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวกับก๊าซโซฮอล์มีการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง เพื่อการผลิตเอทานอล สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้ คุณภาพของไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ ฯลฯ แต่การศึกษาหรืองานวิจัยที่เกี่ยวการใช้พลังงานในการผลิตเอทานอลยังมีน้อย

การผลิตเอทานอลนั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานในขั้นตอนต่างๆ ซึ่งข้อมูลการใช้พลังงานเพื่อการผลิตเอทานอลสำหรับประเทศไทยนั้น นับว่าเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญหลายประการอาทิเช่น การหามาตรการสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอล การเตรียมพลังงานสำรองสำหรับผลิตเอทานอล การเตรียมหามาตรการช่วยเหลือการใช้พลังงานในภาคการเกษตรหรือควบคุมการใช้พลังงานเป็นต้น สำหรับประเทศไทยแล้วข้อมูลด้านการใช้พลังงานในภาคเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการผลิตเอทานอลนับว่ามีน้อยมาก หรือมีเฉพาะบางขั้นตอนของกระบวนการผลิตไม่ครบทุกขั้นตอนการผลิต ในการผลิตเอทานอลนั้นประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังแสดงใน Figure 1 ข้อมูลส่วนมากจะมีเฉพาะในขั้นตอนกระบวนการแยกผลิตภัณฑ์เอทานอลหรือกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และยังไม่ได้ศึกษารวบรวมอย่างจริงจัง

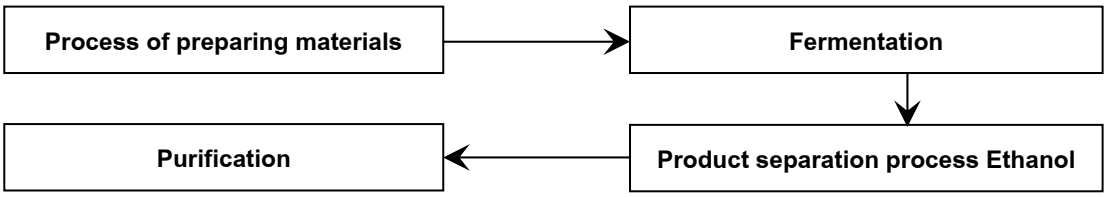


Figure 1 The stages of Ethanol production

จากการสำรวจการใช้พลังงานในการผลิตพืชน้ำมันหรือพืชอื่นๆ เบื้องต้นในประเทศต่างๆ มีรายงานการศึกษาดังต่อไปนี้ Pellizzi *et al*. (1988) รวบรวมการใช้พลังงานในการผลิตข้าวในประเทศอิตาลีและสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบว่าในประเทศอิตาลีมีการใช้พลังงานต่อพื้นที่การผลิตข้าวเป็นจำนวน 11,900-12,600 เมกะจูล/ตัน ซึ่งการประเมินพลังงานดังกล่าวเป็นการประเมินจากขั้นตอนในการผลิตข้าวหลักๆ คือ การใช้พลังงานในขั้นตอนการเตรียมดิน การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวและการลดความชื้น พบว่า พลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการเตรียมดินมีสัดส่วนการใช้มากที่สุดคิดเป็น 38% ของพลังงานทั้งหมด จากนั้นยังพบว่า ในสหรัฐอเมริกามีการใช้พลังงาน 6,800-12,600 เมกะจูล/ตัน

สำหรับในประเทศไทยนั้นเท่าที่สำรวจยังมีการศึกษาข้อมูลด้านการใช้พลังงานในขั้นตอนการผลิตพืชน้ำมันและการผลิตเอทานอลบ้างแล้ว ดังนี้ ธรรมศักดิ์ และภควัต (2551) ได้ทำการพัฒนาฐานข้อมูลการใช้พลังงานเพื่อการผลิตถั่วเหลือง: กรณีศึกษาจากแปลงทดลองของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ พบว่า การผลิตถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม มีการใช้พลังงานรวมในทุกขั้นตอนเท่ากับ 3,180.01 เมกะจูล/ไร่ และมีอัตราการการใช้พลังงานคิดเป็น 146.06 เมกะจูล/กิโลกรัม-ถั่วเหลือง ส่วนการผลิตถั่วเหลืองแบบสมัยใหม่ มีการใช้พลังงานรวมในทุกขั้นตอนเท่ากับ

4,739.09 เมกะจูล/ไร่ และมีอัตราการการใช้พลังงานคิดเป็น 47.43 เมกะจูล/กิโลกรัม-ถั่วเหลือง ต่อมาได้ทำการศึกษาการศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานเพื่อการผลิตทานตะวัน: กรณีศึกษาจากแปลงทดลองของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ พบว่า การผลิตทานตะวันแบบดั้งเดิม มีการใช้พลังงานรวมในทุกขั้นตอนเท่ากับ 3,194.07 เมกะจูล/ไร่ และมีอัตราการใช้พลังงานคิดเป็น 106.47 เมกะจูล/กิโลกรัม-ทานตะวัน ส่วนการผลิตทานตะวันแบบสมัยใหม่ มีการใช้พลังงานรวมในทุกขั้นตอนเท่ากับ 5,231.73 เมกะจูล/ไร่ และมีอัตราการใช้พลังงานคิดเป็น 45.10 เมกะจูล/กิโลกรัม-ทานตะวัน และในปี 2552 ได้ทำการจัดทำฐานข้อมูลการใช้พลังงานเพื่อการผลิตเอทานอล (วัตถุดิบประเภทแป้ง) แบบดั้งเดิมและแบบใหม่ พบว่า มีการใช้พลังงานรวมในทุกขั้นตอนเท่ากับ 2,314.015 เมกะจูล และมีอัตราการใช้พลังงานคิดเป็น 196.77 เมกะจูล/ลิตร-เอทานอล และการศึกษาการใช้พลังงานในการผลิตเอทานอลแบบสมัยใหม่ พบว่า มีการใช้พลังงานรวมในทุกขั้นตอนเท่ากับ 2,493.201 เมกะจูล และมีอัตราการใช้พลังงานคิดเป็น 184.41 เมกะจูล/ลิตร-เอทานอล

ทางผู้วิจัยได้เห็นความจำเป็นในการศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานในการผลิตเอทานอลสำหรับประเทศไทย เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ตลอดจนการปลูกจิตสำนึกในการใช้พลังงาน การลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้พลังงาน และการเพิ่มคุณภาพชีวิตของเกษตรกร ดังนั้นในการศึกษาเรื่องนี้จะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวได้และทั้งสามารถเสริมสร้างศักยภาพในการผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพให้แก่เกษตรกร ซึ่งข้อมูลจากการศึกษานี้ยังสามารถเป็นฐานข้อมูลในการหามาตรการประหยัดพลังงาน และการเตรียมพลังงานสำรองไว้ใช้ในการผลิตภาคเกษตรกรรม

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย แตงโมไม่รวมเปลือกจำนวน 45 กิโลกรัม เครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ ไม้ฟืน แก๊สหุงต้มพร้อมเตา ลูกแป้ง ยีสต์ เครื่องชั่งขนาด 60 กิโลกรัม และ 200 กรัม ใช้ในการชั่งวัตถุดิบ เครื่องวัดความเข้มข้นแอลกอฮอล์ ถังหมัก กระบอกตวงสแตนเลส และสารเคมี ตามลำดับ

วิธีการศึกษา

ทำการศึกษาการผลิตเอทานอลแบบดั้งเดิมโดยใช้ลูกแป้งในการหมัก กลั่นด้วยเครื่องพื้นบ้าน ใช้เชื้อเพลิงประเภทฟืน ส่วนการศึกษาการผลิตเอทานอลแบบสมัยใหม่จะใช้ยีสต์ในการหมัก เครื่องกลั่นสมัยใหม่ และใช้เชื้อเพลิงประเภทแก๊สหุงต้ม โดยทำการตรวจวัดการใช้พลังงานในทุกขั้นตอน

การเก็บข้อมูล

ในการจัดเก็บข้อมูล ได้เก็บข้อมูลในอาคารโรงงานนำร่องอุตสาหกรรมของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ด้วยการตรวจวัดจริงในทุกขั้นตอน โดยใช้กระบวนการผลิตในการศึกษาจำนวน 2 แบบ คือ แยกเป็นการผลิตแบบดั้งเดิมและการผลิตแบบปัจจุบัน ซึ่งข้อมูลที่ทำการเก็บ คือ เวลา กำลังคนที่ใช้ ข้อมูลของเครื่องจักรกลที่ใช้ ปริมาณและชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ ปริมาณและราคาของวัตถุดิบ ปริมาณของสารเคมี ปริมาณการใช้น้ำ และปริมาณของผลผลิต

การวิเคราะห์พลังงาน

พลังงานเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อกระบวนการผลิตต่างๆ เพราะปัจจัยต่างๆ เช่น สารเคมี แรงงาน เครื่องทุ่นแรงหรือเครื่องจักรกล วัตถุดิบในการผลิต ได้ถูกผลิตขึ้นมาโดยใช้พลังงานทั้งสิ้น และยังมีปัจจัยอื่นที่เป็นปัจจัยพลังงานโดยตรง เช่น เชื้อเพลิง แรงงานคน ดังนั้นในการผลิตเอทานอล ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบจนถึงขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ได้ผลผลิต เป็นขบวนการที่ต้องใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ กันไป ดัง Table 1

Table 1 Energy coefficients used in energy analysis ethanol

Input		Energy coefficient	Unit of measure	Data source
Human labor		1.96	MJ/man/hour	Dispanker De *et al.* (2001)
Watermelon		1.90	MJ/kg	M. Karimi *et al.* (2008)
Fuel	- Benzene	39.7	MJ/liter	สถาบันวิจัยและพัฒนา
	- Diesel	43.3	MJ/liter	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
	- Electricity	14.4	MJ/kW-hour	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2538)
	- LPG	46.00	MJ/kg	
	- Firewood	16.50	MJ/kg	ธรรมศักดิ์ (2552)
Long-pang		6.251	MJ/kg	ธรรมศักดิ์ (2552)
Yeast		0.4	MJ/liter	Mandal *et al*. (2002)
Chemicals		120	MJ/kg	อภิรักษ์ (2532)
Water		5.06	MJ/m^3	

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ขั้นตอนกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ

ในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบแบบดั้งเดิมและแบบสมัยใหม่ โดยวัตถุดิบ(แตงโม) จะมีการเตรียมวัตถุดิบ เช่น ปอกเปลือกแตงโม การสับแตงโมและเก็บล้างอุปกรณ์ เป็นต้น พบว่า อัตราการทำงานในขั้นตอนกระบวนการเตรียมวัตถุดิบและปริมาณการใช้น้ำเท่ากันคือ 7.0 ชั่วโมง/คน และ 0.180 ลบ.ม. ตามลำดับ

จากอัตราการทำงาน ปริมาณการใช้น้ำและเชื้อเพลิงในขั้นตอนกระบวนการเตรียมวัตถุดิบนำมาคิดเป็นพลังงาน พบว่า กระบวนการเตรียมวัตถุดิบแบบสมัยใหม่และแบบดั้งเดิม มีอัตราการใช้พลังงานเท่ากัน คือ 14.63 เมกะจูล ดัง Table 2

Table 2 Proportion of energy in stage of Process of preparing materials

Process of preparing materials		Energy (MJ)			
		Labor	Water	Fuel	Total
Conventional methods	- Provide tools and shell	5.88	-	-	5.88
	- To ground or small	5.88	-	-	5.88
	- Store cleaning equipment	1.96	0.911	-	2.871
New methods	- Provide tools and shell	5.88	-	-	5.88
	- To ground or small	5.88	-	-	5.88
	- Store cleaning equipment	1.96	0.911	-	2.871

ขั้นตอนกระบวนการหมัก

ในขั้นตอนกระบวนการหมักนั้น พบว่า กระบวนการหมักแบบดั้งเดิมมีอัตราการทำงาน 2 ชั่วโมง/คน ปริมาณการใช้น้ำ 0.180 ลบ.ม. และอัตราการใช้เชื้อลูกแป้ง 0.450 กิโลกรัม ส่วนกระบวนการหมักแบบสมัยใหม่ มีอัตราการทำงาน 3 ชั่วโมง/คน ปริมาณการใช้น้ำ 0.225 ลบ.ม. และอัตราการใช้เชื้อราและยีสต์ 2.5 ลิตร ส่วนแตงโมจะมีปริมาณการใช้ที่เท่ากันคือ 45 กิโลกรัม ไม่รวมเปลือก

จากอัตราการทำงาน อัตราการใช้น้ำ แตงโมและเชื้อในขั้นตอนกระบวนการหมัก นำมาคิดเป็นพลังงาน พบว่า กระบวนการหมักแบบสมัยใหม่ มีอัตราการใช้พลังงานใกล้เคียงกับกระบวนการหมักแบบดั้งเดิม คือ 93.52 และ 93.14 เมกะจูล ตามลำดับ ดัง Table 3

Table 3 Proportion of energy in stage of fermentation

Fermentation		**Energy (MJ)**					
		Labor	**Water**	**Watermelon**	**Long-Pang**	**Yeast**	**Total**
Conventional methods	- Preparation of Long-Pang	1.96	-	-	-	-	1.96
	- Fermentation	1.96	0.911	85.5	2.813	-	91.184
New methods	- Preparation of Yeast	3.92	0.228	-	-	-	4.148
	- Fermentation	1.96	0.911	85.5	-	1	89.371

ขั้นตอนกระบวนการแยกผลิตภัณฑ์เอทานอล

ในกระบวนการแยกผลิตภัณฑ์เอทานอลนั้น พบว่า กระบวนการหมักแบบดั้งเดิมมีอัตราการทำงาน 4.5 ชั่วโมง/คน ปริมาณการใช้น้ำ 4.030 ลบ.ม. และอัตราการใช้ฟืน 45 กิโลกรัม ส่วนกระบวนการหมักแบบสมัยใหม่ มีอัตราการทำงาน 3.5 ชั่วโมง/คน ปริมาณการใช้น้ำ 5.598 ลบ.ม. อัตราการใช้แก๊ส LPG 14.3 กิโลกรัม และอัตราการใช้ไฟฟ้า 3.11 หน่วย

ขั้นตอนกระบวนการแยกผลิตภัณฑ์เอทานอลแบบดั้งเดิม มีอัตราการใช้พลังงานทั้งหมดเฉลี่ย 969.11 เมกะจูล ส่วนขั้นตอนกระบวนการแยกผลิตภัณฑ์เอทานอลแบบสมัยใหม่นั้นมี อัตราการใช้พลังงานทั้งหมดเฉลี่ย 947.78 เมกะจูล ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกับแบบดังเดิม ดัง Table 4

Table 4 Proportion of energy in stage of Product separation process Ethanol

Product separation process Ethanol		**Energy (MJ)**					
		Labor	**Water**	**Fuel**	**Electricity**	**Alcohol Distillator**	**Total**
Conventional methods	Distillation	8.82	20.392	907.50	-	32.4	969.112
New methods	Distillation	6.86	28.326	795.80	51.998	64.8	947.784

ขั้นตอนกระบวนการทำให้บริสุทธิ์

ในขั้นตอนกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ นั้น พบว่า กระบวนการทำให้บริสุทธิ์แบบดั้งเดิมมีอัตราการทำงาน 10.25 ชั่วโมง/คน ปริมาณการใช้น้ำ 0.789 ลบ.ม. อัตราการใช้ไฟฟ้า 14.35 หน่วย และได้เอทานอลจำนวน 9.23 ลิตรส่วนขั้นตอนกระบวนการหมักแบบสมัยใหม่ มีอัตราการทำงาน 8.25 ชั่วโมง/คน ปริมาณการใช้น้ำ 0.579 ลบ.ม. และอัตราการใช้ไฟฟ้า 11.55 หน่วย และได้เอทานอลจำนวน 10.45 ลิตร

ขั้นตอนกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แบบดั้งเดิม มีอัตราการใช้พลังงานทั้งหมดมากกว่าขั้นตอนกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แบบสมัยใหม่ คือ 295.52 และ 250.22 เมกะจูล ตามลำดับ ดัง Table 5

Table 5 Proportion of energy in stage of Purification

Purification		**Energy (MJ)**				
		Labor	**Water**	**Electricity**	**Alcohol Distillator**	**Total**
Conventional methods	- Purification	20.09	3.992	206.64	64.8	295.522
New methods	- Purification	16.17	2.930	166.32	64.8	250.220

การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการผลิตเอทานอลแบบดั้งเดิม

จากสัดส่วนการใช้พลังงานในการผลิตเอทานอลแบบดั้งเดิม คิดเป็นพลังงานในขั้นตอนต่างๆ พบว่า ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบใช้พลังงานเฉลี่ย 14.63 เมกะจูล ขั้นตอนกระบวนการหมักใช้พลังงานเฉลี่ย 93.14 เมกะจูล ขั้นตอนกระบวนการแยกผลิตภัณฑ์เอทานอลใช้พลังงานเฉลี่ย 969.11 เมกะจูล และขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ใช้พลังงานเฉลี่ย 295.52 เมกะจูล รวมอัตราการใช้พลังงานในการผลิตเอทานอลแบบดั้งเดิมใช้พลังงานทั้งสิ้นเฉลี่ย 1,372.40 เมกะจูล อัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต ของระบบการผลิตเอทานอลแบบดั้งเดิม มีอัตราการใช้พลังงานเท่ากับ 148.69 เมกะจูล/ลิตร-เอทานอล ดัง Figure 2

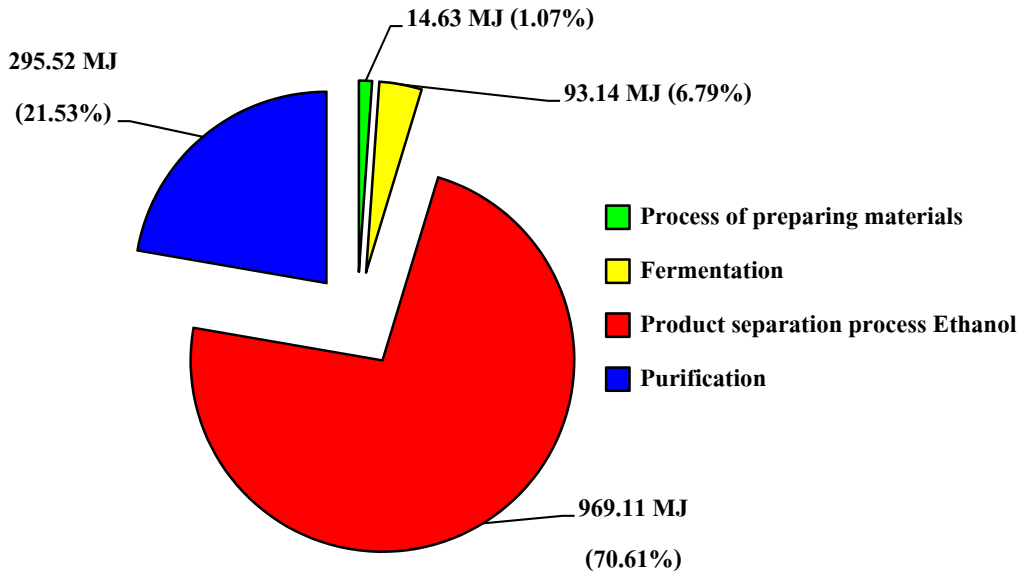


Figure 2 The analyze the energy consumption in a conventional method of ethanol production

การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการผลิตเอทานอลแบบสมัยใหม่

จากสัดส่วนการใช้พลังงานในการผลิตเอทานอลแบบสมัยใหม่ คิดเป็นพลังงาน ในขั้นตอนต่างๆ พบว่าขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบใช้พลังงานเฉลี่ย 14.63 เมกะจูล ขั้นตอนกระบวนการหมักใช้พลังงานเฉลี่ย 93.52 เมกะจูล ขั้นตอนกระบวนการแยกผลิตภัณฑ์เอทานอลใช้พลังงานเฉลี่ย 947.78 เมกะจูล และขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ใช้พลังงานเฉลี่ย 250.22 เมกะจูล รวมอัตราการใช้พลังงานในการผลิตเอทานอลแบบดั้งเดิมใช้พลังงานทั้งสิ้นเฉลี่ย 1,306.15 เมกะจูล อัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต ของระบบการผลิตเอทานอลแบบสมัยใหม่ มีอัตราการใช้พลังงานเท่ากับ 124.99 เมกะจูล/ลิตร-เอทานอล ดัง Figure 3

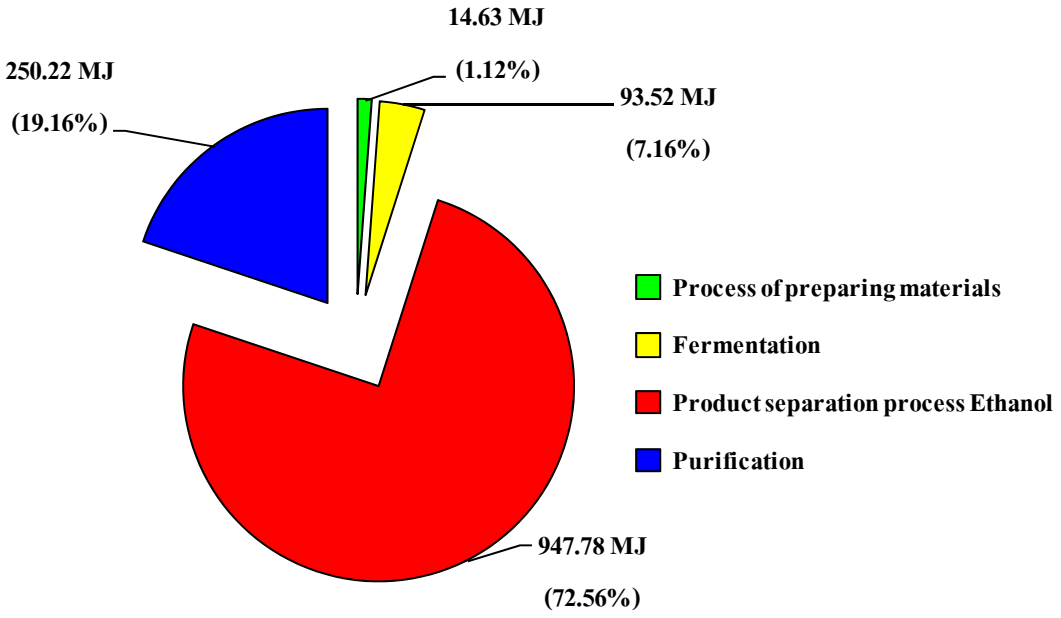


Figure 3 The analyze the energy consumption in a new method of ethanol production

จากการศึกษาการใช้พลังงานเพื่อการผลิตเอทานอล (น้ำตาลจากแตงโม) ทำให้ทราบว่าการผลิตเอทานอลแบบดั้งเดิมมีการใช้พลังงานมากกว่าการผลิตเอทานอลแบบสมัยใหม่ คือ 1,372.40 และ 1,306.15 เมกะจูล ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาถึงอัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตแล้ว จะเห็นว่าการผลิตเอทานอลแบบสมัยใหม่มีค่าน้อยกว่าระบบการผลิตเอทานอลแบบดั้งเดิม คือ 124.99 และ 148.69 เมกะจูล/ลิตร-เอทานอล ตามลำดับ เนื่องจากกระบวนการผลิตเอทานอลแบบสมัยใหม่ให้ผลผลิตที่มากกว่าการผลิตแบบดั้งเดิม และทำให้ทราบถึงขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด คือ ขั้นตอนกระบวนการแยกผลิตภัณฑ์เอทานอล รองลงมาคือ ขั้นตอนกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ เพื่อใช้ข้อมูลดังกล่าวหาแนวทางหรือมาตรการในการประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะในขั้นตอนที่ใช้พลังงานมากที่สุด ส่วนพลังงานในกระบวนการผลิตเอทานอลที่ได้จากการศึกษามีค่าประมาณ 1,306.15-1,372.40 เมกะจูล ซึ่งยังไม่สามารถบอกได้ว่ามีความสอดคล้องกับการศึกษาของใคร เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลการศึกษาและในการศึกษาของแต่บุคคลอาจจะมีการพิจารณาปัจจัยในการวิเคราะห์ที่ต่างกัน เช่น การศึกษาของพอพงษ์ และคณะ (2544) ที่ไม่ได้ศึกษาค่าพลังงานของน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตเอทานอล

สรุปผลการทดลอง

1. การใช้พลังงานในการผลิตเอทานอล (วัตถุดิบประเภทน้ำตาล) แบบดั้งเดิม มีอัตราการใช้พลังงานในการผลิตในทุกขั้นตอนรวมทั้งสิ้น 1,372.40 เมกะจูล โดยมีขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด คือ ขั้นตอนกระบวนการแยกผลิตภัณฑ์เอทานอล รองลงมาคือ ขั้นตอนกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งสามารถผลิตเอทานอลได้จำนวน 9.23 ลิตรและมีอัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตเท่ากับ 148.69 เมกะจูล/ลิตร-เอทานอล

2. การใช้พลังงานในการผลิตเอทานอล (วัตถุดิบประเภทน้ำตาล) แบบสมัยใหม่ มีอัตราการใช้พลังงานในการผลิตในทุกขั้นตอนรวมทั้งสิ้น 1,306.15 เมกะจูล โดยมีขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด คือ ขั้นตอนกระบวนการแยกผลิตภัณฑ์เอทานอล รองลงมา คือ ขั้นตอนกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งสามารถผลิตเอทานอลได้จำนวน 10.45 ลิตร และอัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตเท่ากับ 124.99 เมกะจูล/ลิตร-เอทานอล

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน และขอขอบคุณอาคารโรงงานนำร่องอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่สนับสนุนพื้นที่ในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี และภควัต แย้มจำนัน. 2551. **การพัฒนาฐานข้อมูลการใช้พลังงานเพื่อการผลิตถั่วเหลือง: กรณีศึกษาจากแปลงทดลองของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ.** การประชุมวิชาการ “นเรศวรวิจัยครั้งที่ 4” 28-29 กรกฎาคม. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร: พิษณุโลก.

ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี อนุกูล จันทร์แก้ว และพจมาน สุวรรณ์ทอง. 2551. **การศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานเพื่อการผลิตทานตะวัน: กรณีศึกษาจากแปลงทดลองของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ.** การประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2551. 4-5 ธันวาคม สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี อนุกูล จันทร์แก้ว และคมสัน คีรีสถาวร. 2552. **การจัดทำฐานข้อมูลการใช้พลังงานเพื่อการผลิตเอทานอล (วัตถุดิบประเภทแป้ง) แบบดั้งเดิมและแบบใหม่: กรณีศึกษาจากกระบวนการผลิตของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ.** การประชุมสัมมนาทางวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ครั้งที่ 6 8-9 ธันวาคม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน: นครปฐม.

พอพงศ์ อนุดิษฐ. 2544. **การประเมินพลังงานและเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการผลิตเอทานอล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: กรุงเทพฯ. 68 น.

สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538. **ข้อมูลค่าความร้อนของน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และไฟฟ้า.** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

อภิรักษ์ เพียรมงคล. 2532. **การหาค่าพลังงานที่ใช้ในการผลิตชีวมวลในประเทศไทยกรณีศึกษาข้าวโพด (*Zea mays*)**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: กรุงเทพฯ.

Dispankar, D. R.S. Singh and C. Hukun. 2001**.** Technological impact on energy consumption in rain fed soybean cultivation in Madhya Pradesh, **Applied Energy**. 70: 193-213.

Mandal, M.G., K.M. Hati and K.K. Bandyopadhyay. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production system in central India, **Biomass and Bioenergy**. 23: 337-345.

M. Karimi, I.B. Tabar and G.M. Khubbakht. 2008. Energy Production in Iran's Agronomy. **American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.** 4(2): 172-177.

Pellizzi, G., A. G. Cavalchini, M. Lazzari. 1988. **Energy Savings in Agricultural Machinery and Mechanization**. Elsevier Applied Science: London and New York. 143 p.

Samootsakorn, P., D. DunnPoonsab and C.R.W. Spedding and N. Tuntawiroon. 1983. Alternative renewable energy sources for rice production in Thailand. **Agricultural Systems**. 11(4): 195-258.

สาขาสังคมศาสตร์
และมนุษยศาสตร์

ปัญหาและอุปสรรคของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม กรณีศึกษาพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ ตำบลเขาย้อย อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี

The Problems and Obstacles of Cultural Tourism: A Case Study of Thai Song Dam Museum, Khaoyoi District, Phetchaburi Province, Thailand

รัชธิดา พิมพ์จันทร์* มุจลินท์ สิงห์สาครเดชา และพิทักษ์ ศิริวงศ์

Rachatida Pimjan*, Mujalin Singsakorndecha and Phitak Siriwong

คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตเพชรบุรี เพชรบุรี 76120

Faculty of Management Science, Silpakorn University, Petchburi Campus, Petchburi, Thailand 76120

*Corresponding author: innjun@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยวิธีสัมภาษณ์เชิงลึกและการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม เพื่อทำความเข้าใจถึงปัญหาและอุปสรรคของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาการจัดการทรัพยากรการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของศูนย์วัฒนธรรมไทยทรงดำ เพื่อให้มีการจัดการที่ดีขึ้นและทำให้เกิดเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่มีการพัฒนาและสามารถตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยว ผลการศึกษา พบว่า ปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากการจัดการที่ไม่เป็นระบบ การจัดสรรงบประมาณในแต่ละปีไม่เพียงพอ ขาดสิ่งดึงดูดใจนักท่องเที่ยว ของที่ระลึก ความสามารถในการสื่อสารประชาสัมพันธ์ ป้ายบอกทาง มัคคุเทศก์ในการถ่ายทอดองค์ความรู้และความสามารถในการเข้าถึงสถานที่ ตลอดจนการขาดการวางแผนระยะยาวที่เป็นรูปธรรม และทัศนคติของคนรุ่นใหม่ที่ขาดความใส่ใจเกี่ยวกับอัตลักษณ์อันดีงามของชุมชน

คำสำคัญ: การจัดการทรัพยากร การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ไทยทรงดำ

Abstract

This research is focuses on the problems and obstacles of cultural tourism resources. In data collection, qualitative research was employed through the use of in-depth interviews and observations. The objectives of this research were 1) to gain a depth understanding of problems and obstacles of cultural tourism resource management, and 2) to identify the way to effectively manage the resource of cultural tourist attractions of Thai Song Dam cultural center. Particularly, this study aims to improve management system of the organization in order to increase tourist's visits and satisfaction. The result show that most of the problems of low number of tourists come from a variety of sources. It includes mismanaged system, insufficient budget allocations, low level of site appeals, unattractive souvenirs, inefficient marketing promotional strategies, lack of road signs, incapable tourist guide of cultural history, and inconvenient location access. In addition, the center lacks a concrete long-term plan for cultural tourism, incorporated with low interest from young generation to preserve cultural heritage of local wisdom.

Keywords: resource management, cultural tourism, Thai Song Dam

คำนำ

ที่มาและความสำคัญ

พิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ โซ่งเขาย้อย หรือศูนย์ศิลปวัฒนธรรมไทยทรงดำ (ลาวโซ่ง) และภูมิปัญญาท้องถิ่น เป็นอีกหนึ่งความพยายามของชุมชนที่ต้องการถ่ายทอดวิถีชีวิตวัฒนธรรมแบบไทยทรงดำไว้ให้ลูกหลานรุ่นหลังได้รู้จักและศึกษาค้นคว้า อาคารจัดแสดงคือ "ตึกบรรพตศีลคุณ" อาคารเรียนหลังเก่าของโรงเรียนเขาย้อยวิทยา ที่ก่อสร้างมาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2500 โดยพระครูบรรพตศีลคุณ (หลวงปู่เอ๋ย) เจ้าคณะอำเภอเขาย้อย เจ้าอาวาสวัดยางในสมัยนั้น โดยมีพระปลัดเย็น ร่วมกับชุมชน กำนัน และผู้ใหญ่บ้านได้สร้างขึ้นและมอบให้กรมสามัญ เมื่อ พ.ศ. 2502 ในปี 2539 วาระฉลองปีกาญจนาภิเษกเทิดพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว พระครูโสภณพัชรธรรม เจ้าคณะอำเภอเขาย้อย เจ้าอาวาสวัดยาง ชาวบ้าน อาจารย์ ผู้ปกครองนักเรียนโรงเรียนเขาย้อยวิทยา หางบประมาณ รับบริจาคเงินเพื่อปรับปรุงซ่อมแซมอาคารนี้ โดยซ่อมเพดาน หลังคา ปรับพื้น ผนังอาคาร ทำการทาสีและติดตั้งไฟฟ้าใหม่ เพื่อพัฒนาเป็นศูนย์ศิลปวัฒนธรรมไทยทรงดำ (ลาวโซ่ง) และภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยผู้บริจาคทุนทรัพย์หลัก ได้แก่ คุณป้าคลอจิตต์ ฤทธารมย์ คุณแม่บุญรวม เสนาดิสัย และพระครูโสภณพัชรธรรม

ภายในจัดแสดงเครื่องใช้ในวิถีชีวิต จำลองประเพณีต่างๆ ในรูปแบบของนิทรรศการที่บอกเล่าเรื่องราวประเพณีเกี่ยวเนื่องกับชีวิตตั้งแต่เกิดจนตาย มีภาพวาดฝีมือครูอาจารย์ นักการ นักเรียน และคนในชุมชน แสดงเรื่องราวเกี่ยวกับวิถีชีวิตของไทยทรงดำ เช่น เด็กหนุ่มต้องฟั่นเชือกวัวเชือกควาย สานกะเหล็บ และผู้หญิงต้องทำเสื้อแส่วได้จึงสมควรออกเรือน นอกจากนี้ทางโรงเรียนได้จัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริงโดยเปิดเป็นวิชาเลือกเสรี และกิจกรรมชุมนุม เช่น ช่างผลิตภัณฑ์จากวัสดุท้องถิ่น ช่างอาหารพื้นเมือง การเป่าแคน ทอผ้า หรือการจัดตั้งชุมนุมอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมพื้นบ้าน ออกเผยแพร่ตามชุมชนแหล่งท่องเที่ยว และงานประจำปีของจังหวัดและมีการสาธิตการละเล่นของท้องถิ่นให้ผู้มาเยี่ยมชมอีกด้วย (ฐานข้อมูลพิพิธภัณฑ์ท้องถิ่นในประเทศไทย, ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร, ม.ป.ป.)

พิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ที่ก่อตั้งมาแล้วกว่า 50 ปี แต่ไม่เป็นที่รู้จักในหมู่นักท่องเที่ยวมากนัก เนื่องจากยังขาดรูปแบบที่เหมาะสมในการเผยแพร่ จึงไม่สามารถเพิ่มคุณค่าด้านการท่องเที่ยวและดึงดูดนักท่องเที่ยวให้มาเที่ยวที่พิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำได้เท่าที่ควร ด้วยเหตุดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความต้องการในการวิจัยถึงสภาพปัญหาและอุปสรรคในการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและศึกษาแนวทางการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ โดยผลการวิจัยจะทำให้ทราบถึงแนวทางการพัฒนาพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถวางแนวทางในการพัฒนาและนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาได้

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดส่วนผสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ

ส่วนผสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการประกอบด้วย 7 ด้าน คือ

1. ด้านผลิตภัณฑ์และบริการ (product and service) ต้องมีการพิจารณาออกแบบหรือพัฒนาขึ้นมาให้ตรงกับความต้องการของตลาดและลูกค้า

2. ด้านทำเลที่ตั้ง (place) จะเกี่ยวข้องกับปัญหาทั้งหลาย ตลอดจนหน้าที่และชนิดของสถาบันต่างๆ ที่เข้ามาเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์และบริการที่ออกแบบแล้วไปยังตลาดเป้าหมาย

3. การส่งเสริมการตลาด (promotion) เป็นการแจ้ง การบอกกล่าว และการขายความคิดความเข้าใจให้ลูกค้าได้รู้ การประชาสัมพันธ์จะเกี่ยวข้องกับวิชาการต่างๆ ที่ใช้สำหรับสื่อความหมาย (communicate) ให้ถึงเป้าหมาย ให้ได้ทราบถึงผลิตภัณฑ์และบริการที่ต้องการว่าได้มีจำหน่าย ณ ที่ใด ณ ระดับราคาใด

4. ด้านราคา (price) เกี่ยวข้องกับการกำหนดราคาให้เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ผลักดันผลิตภัณฑ์และบริการที่ดีอยู่แล้วให้ออกไปสู่ที่ที่มีความต้องการ โดยวิธีการประชาสัมพันธ์หรือส่งเสริมการจัดจำหน่ายที่ดีเหมาะกับตลาดเป้าหมาย

5. ด้านบุคลากร (people) การนำเสนอบริการต่างๆ ต้องใช้คนในการบริการให้กับลูกค้าโดยตรงเป็นส่วนสำคัญในการสร้างความประทับใจให้กับลูกค้า

6. ด้านกระบวนการ (process) ในการบริการต่างๆ ต้องมีการนำส่งไปยังลูกค้าที่เป็นผู้รับ ผ่านกระบวนการหรือขั้นตอนต่างๆ ที่มีความรวดเร็ว ถูกต้องและมีคุณค่าต่างกัน

7. ด้านความพร้อมทางกายภาพ (physical evidence) คือ ส่วนประกอบทางด้านกายภาพของการบริการ นับตั้งแต่ความพร้อมของอาคารสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้ และบรรยากาศสภาพแวดล้อมทั่วไป (อารีวรรณ เสริมวิลาสกุล, 2547: 5-7 อ้างใน Boom, B.H. and Bitner, 1981: 95)

แนวคิดปัญหาและอุปสรรคในการท่องเที่ยว

จากการรวบรวมความคิดเห็นของผู้มาท่องเที่ยว และผู้นำทางท่องเที่ยวในแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ พบว่า การท่องเที่ยวตามแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ ในปัจจุบัน ผู้มาท่องเที่ยวมักประสบปัญหาดังนี้

1. ขาดการบอกทิศทางในแหล่งท่องเที่ยว และส่วนบริการต่างๆ ในแหล่งท่องเที่ยว
2. ขาดความสะดวกสบายในบริเวณแหล่งท่องเที่ยว
3. การที่แหล่งท่องเที่ยวขาดเอกลักษณ์
4. ความไม่สะดวกในการเข้าถึงจุดต่างๆ ในแหล่งท่องเที่ยว
5. แหล่งท่องเที่ยวมีความแออัด หรือขาดการระบายอากาศที่ดี
6. ขาดความต่อเนื่องของเส้นทางในแหล่งท่องเที่ยว
7. อากาศร้อน มีฝุ่นมาก และเสียงดังหนวกหูจากยวดยานพาหนะ
   (สมศักดิ์, 2549 อ้างใน สุนิสา, 2534)

แนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยว (3 As)

แหล่งท่องเที่ยวจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ หรือ 3’ As คือ

1. สิ่งดึงดูดใจ (attraction) คือ ความประทับใจจากการให้บริการและความสวยงามของแหล่งท่องเที่ยว

2. สิ่งอำนวยความสะดวก (amenities) คือ ความสะดวกสบายทำให้นักท่องเที่ยวเดินเข้าไปถึงสถานที่ท่องเที่ยวได้รวดเร็ว ปลอดภัย และสะดวกสบายยิ่งขึ้น

3. การเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว (accessibility) มีวัตถุประสงค์เพื่อลำเลียงคนและสิ่งของไปยังจุดหมายปลายทาง สามารถเชื่อมโยงถึงแหล่งท่องเที่ยวใกล้เคียงได้ และความเป็นมิตรไมตรีในการต้อนรับนักท่องเที่ยวจากชุมชนในพื้นที่หรือเจ้าของแหล่งท่องเที่ยว (กรกช, 2549 อ้างใน ชูสิทธิ์, 2544)

แนวคิดด้านการประเมินความเหมาะสมของพื้นที่เพื่อพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยว

การพัฒนาพื้นที่ให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ดีต้องคำนึงถึงความปรารถนาของนักท่องเที่ยว ความสามารถในการใช้บริการของของผู้เดินทางท่องเที่ยว ความสะดวกในการเดินทางเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว และความสามารถที่จะรองรับได้ของพื้นที่ (กรกช, 2549 อ้างใน ยุรีพรรณ, 2545)

แนวคิดการพัฒนาการท่องเที่ยวแบบยั่งยืน

การท่องเที่ยวแบบยั่งยืน หมายถึง การท่องเที่ยวที่สามารถสนองตอบความต้องการทางเศรษฐกิจ สังคม และสุนทรียภาพ ในขณะเดียวกันก็สามารถรักษาความสมบูรณ์ทางวัฒนธรรม กระบวนการที่จำเป็นเชิงนิเวศวิทยา ความหลากหลายทางชีวภาพและระบบสนับสนุนสิ่งมีชีวิตทั้งหลายในโลกให้อยู่ได้ต่อไปจนถึงคนรุ่นลูกรุ่นหลาน มีเป้าหมายทั้งกลุ่มใหญ่และกลุ่มเล็ก มีการบริหารจัดการทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยต้องดำเนินการภายใต้ขีดความสามารถของธรรมชาติ ขนบธรรมเนียมประเพณี วิถีชีวิตของชุมชน ต้องตระหนักต่อการมีส่วนร่วมของประชาชน ชุมชน ขนบธรรมเนียมประเพณี วัฒนธรรม วิถีชีวิตที่มีต่อขบวนการท่องเที่ยว ยอมรับให้ประชาชนทุกส่วนได้รับผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่เกิดจากการท่องเที่ยวอย่างเสมอภาคกัน (กรกช, 2549)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม กรณีศึกษาพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ ตำบลเขาย้อย อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

สามารถนำเสนอปัญหา อุปสรรค และแนวทางการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ ตำบลเขาย้อย อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) โดยใช้แนวคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม กรณีศึกษาหมู่บ้านห้วยโป่งผาลาด อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย (ภูสวัสดิ์, 2545) แนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวอุทยานประวัติศาสตร์พิมาย อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา (อารีวรรณ, 2547) ยุทธศาสตร์การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมย่านเยาวราช ศึกษากรณีเทศกาลกินเจ (สมศักดิ์, 2549) และศักยภาพในการพัฒนาชนเผ่าลาหู่ บ้านจะบูสี ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัด

เชียงราย เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม (กรกช, 2549) รวมถึงวิธีการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม (non-participant observation) เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ให้ข้อมูลหลักในการวิจัยครั้งนี้จำนวน 35 คน คือ นักท่องเที่ยวที่เยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ จำนวน 15 คน ชาวบ้านที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงพิพิธภัณฑ์ จำนวน 15 คน และเจ้าหน้าที่ที่ดูแลพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ จำนวน 5 คน หลังจากสัมภาษณ์จนได้ข้อมูลที่อิ่มตัวแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยวิธีการตรวจสอบข้อมูลหลายทาง (triangulation) ตามแนวทางการวิจัยเชิงคุณภาพ

ผลการวิจัย

จากการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลหลัก พบว่า พิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ มีปัญหาและอุปสรรคในการท่องเที่ยว ผู้วิจัยได้จำแนกปัญหาและอุปสรรคตามแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยว (3’ As) (ชูสิทธ์, 2544) ได้ดังนี้

1. สิ่งดึงดูดใจของพิพิธภัณฑ์ (attraction) ผลการวิจัย พบว่า สิ่งดึงดูดใจของพิพิธภัณฑ์ยังมีไม่มากนัก เนื่องจากพิพิธภัณฑ์มีขนาดเล็ก อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำรงชีวิตของชาวไทยทรงดำที่จัดแสดงไว้ ยังไม่เพียงพอ ในอดีตพิพิธภัณฑ์มีอุปกรณ์จัดแสดงจำนวนมากกว่าที่มีอยู่ แต่ได้ถูกไฟไหม้เสียหาย ปัจจุบันยังไม่มีงบประมาณในการซื้ออุปกรณ์เหล่านั้นกลับคืนมา อีกทั้งพิพิธภัณฑ์ยังไม่มีการเชื่อมโยงกับแหล่งท่องเที่ยวที่อยู่ใกล้เคียง คือ ถ้ำเขาย้อย อยู่ห่างจากพิพิธภัณฑ์ ประมาณ 5 กิโลเมตร แต่ไม่มีรถโดยสารจากถ้ำเขาย้อยมายังพิพิธภัณฑ์ ถนนที่เชื่อมโยงมีขนาดเล็ก ส่งผลให้นักท่องเที่ยวไม่สะดวกในการเดินทางเข้ามาเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์แห่งนี้ รวมถึงของที่ระลึกของพิพิธภัณฑ์ยังมีรูปแบบที่ไม่หลากหลาย ไม่สะดุดตา ไม่ตรงกับความต้องการของนักท่องเที่ยว

2. สิ่งอำนวยความสะดวกของพิพิธภัณฑ์ (amenities) ผลการวิจัย พบว่า สิ่งอำนวยความสะดวกของพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำยังไม่เพียงพอต่อนักท่องเที่ยวที่มีมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากทางพิพิธภัณฑ์มีบริการบ้านพักตากอากาศแก่นักท่องเที่ยวที่ต้องการพักผ่อนกับบรรยากาศที่เป็นธรรมชาติ ในปัจจุบันนักท่องเที่ยวมีปริมาณมากขึ้น บ้านพักที่ให้บริการสามารถรองรับนักท่องเที่ยวได้เพียง 50 คน จึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว อีกทั้งปัญหาแสงสว่างบนถนนทางเข้าพิพิธภัณฑ์ทั้งด้านหน้าและด้านหลังของพิพิธภัณฑ์ยังไม่เพียงพอ โดยเฉพาะด้านหลังของพิพิธภัณฑ์แทบไม่มีแสงสว่างเลย ทำให้นักท่องเที่ยวเกิดความกลัวอันตรายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น เช่น การโดนจี้ปล้นทรัพย์สิน และอันตรายจากสัตว์ การเดินทางของนักท่องเที่ยวในตอนเช้ามืดหรือตอนกลางคืน ยังไม่สะดวกและไม่ปลอดภัย

3. การเข้าถึงพิพิธภัณฑ์ (accessibility) ผลการวิจัย พบว่า การเข้าถึงพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำยังเป็นปัญหาของพิพิธภัณฑ์ ตั้งแต่ปัญหาเรื่องป้ายบอกทางบริเวณถนนเพชรเกษม ที่เป็นทางเข้าของพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำยังไม่เด่นชัดและไม่ชัดเจน อีกทั้งป้ายบอกทางเข้าพิพิธภัณฑ์ยังมีขนาดเล็กไม่สะดุดตา ทำให้นักท่องเที่ยวที่เดินทางผ่านไม่ทราบว่ามีพิพิธภัณฑ์แห่งนี้ตั้งอยู่ หรือแม้แต่นักท่องเที่ยวที่ตั้งใจมาพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ ยังเกิดความสับสนในการเดินทางไปยังพิพิธภัณฑ์ ป้ายประชาสัมพันธ์ที่ไม่สะดุดตา ส่งผลให้พิพิธภัณฑ์ไม่เป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง ทั้งๆ ที่มีการประชาสัมพันธ์ตามแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ

ในจังหวัดเพชรบุรี อีกทั้งถนนทางเข้าพิพิธภัณฑ์เป็นถนนขนาดเล็ก ยากต่อการเดินทางสำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่ ซึ่งไม่สามารถวิ่งสวนกันได้ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน โดยเฉพาะในตอนเย็นของวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ที่มีตลาดนัดมาตั้งบนถนนบริเวณทางเข้าพิพิธภัณฑ์ ทำให้รถโดยสารขนาดใหญ่ไม่สามารถเดินทางเข้าไปถึงตัวพิพิธภัณฑ์ได้อย่างสะดวก ต้องประสานงานกับเจ้าหน้าที่พิพิธภัณฑ์ล่วงหน้าเพื่อเปิดทางให้รถโดยสารขนาดใหญ่เข้ามาได้ นอกจากนี้ยังไม่มีรถโดยสารประจำทางวิ่งผ่านทางเข้าพิพิธภัณฑ์ ส่งผลให้นักท่องเที่ยวที่เดินทางโดยรถประจำทางไม่สามารถเข้าถึงตัวพิพิธภัณฑ์ได้อย่างสะดวก

แนวทางในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

จากการศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการท่องเที่ยวดังกล่าว ผู้ให้ข้อมูลหลักได้แนะเสนอแนวทางในการพัฒนาพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ ดังนี้

1. สิ่งดึงดูดใจของพิพิธภัณฑ์ (attraction) เนื่องจากผลการวิจัย พบว่า พิพิธภัณฑ์ยังมีสิ่งดึงดูดใจไม่มากนัก แนวทางในการพัฒนา คือ การเพิ่มจำนวนเครื่องมือที่ใช้ในการดำรงชีวิตของชาวไทยทรงดำที่นำมาใช้ในการจัดแสดงให้มากขึ้น โดยขอความร่วมมือจากชาวบ้านให้ช่วยกันทำเครื่องมือเหล่านั้นขึ้นมา หรือของบประมาณจากภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดหาเพื่อให้พิพิธภัณฑ์มีเครื่องมือในการจัดแสดง เพื่อบ่งบอกถึงวิถีชีวิตชาวไทยทรงดำที่มีความหลากหลาย และเป็นที่น่าสนใจในกลุ่มนักท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมยิ่งขึ้น ด้านการเชื่อมโยงพิพิธภัณฑ์กับถ้ำเขาย้อย ควรติดป้ายประชาสัมพันธ์ที่น่าสนใจหรือจัดบริการรถโดยสารจากถ้ำเขาย้อยมายังพิพิธภัณฑ์ เพื่อให้นักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเที่ยวถ้ำเขาย้อยรู้จักพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ และเดินทางมาเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำได้อย่างสะดวก ในส่วนนี้ต้องอาศัยความร่วมมือจากภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการให้บริการดังกล่าว ด้านของที่ระลึก ควรมีการพัฒนารูปแบบของที่ระลึกให้หลากหลาย สะดุดตายิ่งขึ้น โดยให้ชาวบ้านหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ช่วยกันคิดออกแบบรูปแบบใหม่ๆ ให้ของที่ระลึกมีความทันสมัยตรงกับความต้องการของนักท่องเที่ยว นอกจากจะช่วยให้ของที่ระลึกขายดีแล้ว ยังช่วยเพิ่มความสามัคคีให้ชาวบ้านและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องอีกด้วย

2. สิ่งอำนวยความสะดวกของพิพิธภัณฑ์ (Amenities) เนื่องจากสิ่งอำนวยความสะดวกของพิพิธภัณฑ์ ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวที่มีมากขึ้น แนวทางในการพัฒนาจึงควรเพิ่มจำนวนบ้านพักให้มากขึ้น เพื่อให้สามารถรองรับนักท่องเที่ยวได้อย่างเพียงพอ การพัฒนาในด้านแสงสว่างการไฟฟ้าควรเพิ่มเสาไฟฟ้าบนถนนทางเข้าพิพิธภัณฑ์ทั้งด้านหน้าและด้านหลังของพิพิธภัณฑ์ ทำให้การเดินทางในเวลากลางคืนของนักท่องเที่ยวสะดวกยิ่งขึ้น เป็นการสร้างความมั่นใจในด้านความปลอดภัยของนักท่องเที่ยว การพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกของพิพิธภัณฑ์นั้น จำเป็นต้องมีงบประมาณสนับสนุนจากภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำรายได้จากพิพิธภัณฑ์มาใช้ในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหา

3. การเข้าถึงพิพิธภัณฑ์ (accessibility) เนื่องจากการเข้าถึงพิพิธภัณฑ์ยังไม่สะดวก แนวทางในการพัฒนาด้านการเข้าถึงพิพิธภัณฑ์ โดยการปรับปรุงเรื่องป้ายบอกทางให้ชัดเจน เพิ่มขนาดให้ใหญ่ขึ้น และสะดุดตามากขึ้น เพื่อประชาสัมพันธ์ให้นักท่องเที่ยวรู้จักพิพิธภัณฑ์มากขึ้น และไม่ทำให้นักท่องเที่ยวเกิดความสับสนในการเดินทางไปยังพิพิธภัณฑ์ นอกจากนี้ยังต้องจัดสถานที่สำหรับตั้งตลาดนัดใหม่ที่ไม่ไกลจากที่เดิมมากนัก ไม่ควรตั้งอยู่บนถนนทางเข้าพิพิธภัณฑ์ เพื่อลดปัญหาในการเดินทาง ซึ่งในส่วนนี้ต้องอาศัยความร่วมมือจากคนในชุมชนในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งการจัดการบริการรถโดยสารประจำทางผ่านหน้า

พิพิธภัณฑ์ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่นักท่องเที่ยว โดยปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการ

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

วัฒนธรรมทางชาติพันธุ์ เป็นสิ่งที่แสดงออกถึงความเป็นอัตลักษณ์ และความเป็นตัวตนของของแต่ละกลุ่ม ระบบความรู้ ความเชื่อ และโลกทัศน์ ภูมิปัญญาต่างๆ ได้ถูกถ่ายทอดผ่านบรรพบุรุษ การเข้าใจซึ่งกันและกันย่อมทำให้เกิดความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างกลุ่ม การอยู่ด้วยความเคารพในความแตกต่างหลายหลากปราศจากอคติทางชาติพันธุ์ ย่อมทำให้คนสังคมอยู่ร่วมกันอย่างมีคุณค่า ในขณะที่สังคมกำลังเปลี่ยนแปลงไปตามสังคมยุคใหม่ วัฒนธรรมทางชาติพันธุ์ได้ถูกละทิ้ง หรือไม่ได้รับความสนใจในการธำรงรักษาจนกระทั่งอาจสูญหายไปจากสังคม การทำความเข้าใจ ประวัติ ความเป็นตัวตน รวมทั้งการรักษาวัฒนธรรมทางชาติพันธุ์จึงเป็นเรื่องของทุกภาคส่วน และควรมีการส่งเสริมให้บุคคลภายนอกได้เข้ามาศึกษารับในรูปแบบการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของชุมชนอย่างยั่งยืนและเป็นระบบ โดยหน่วยงานภาครัฐ องค์กรภาคประชาชน สถาบันการศึกษาในท้องถิ่น ปราชญ์ชุมชนควรร่วมมือกันอย่างจริงจังเพื่อสนับสนุนส่งเสริมการอนุรักษ์ทางวัฒนธรรมและนำมาสู่การท่องเที่ยวชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม

สรุปผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า มีปัญหาและอุปสรรคในการท่องเที่ยวในด้านต่างๆ ผู้ให้ข้อมูลหลักจากการศึกษาได้เสนอแนวทางในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว ดังนี้

ด้านสิ่งดึงดูดใจของพิพิธภัณฑ์ที่ยังมีน้อย เนื่องจากพิพิธภัณฑ์มีขนาดเล็กและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำรงชีวิตของชาวไทยทรงดำที่จัดแสดงไว้ยังมีไม่มากนัก ควรเพิ่มจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำรงชีวิตของชาวไทยทรงดำที่ใช้ในการจัดแสดงให้มากขึ้น โดยขอความร่วมมือจากชาวบ้านให้ช่วยกันทำอุปกรณ์เหล่านั้นหรือของบประมาณจากภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดหาอุปกรณ์เหล่านั้นเพิ่ม ปัญหาด้านการเชื่อมโยงกับแหล่งท่องเที่ยวที่อยู่ใกล้เคียง คือ ถ้ำเขาย้อย ควรติดป้ายประชาสัมพันธ์ที่น่าสนใจ และจัดรถโดยสารจากถ้ำเขาย้อยมายังพิพิธภัณฑ์ เพื่อให้นักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเที่ยวถ้ำเขาย้อยรู้จักพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำและเดินทางเข้ามาเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์แห่งนี้ได้อย่างสะดวก รวมถึงการพัฒนารูปแบบของที่ระลึกให้หลากหลายและสะดุดตายิ่งขึ้น โดยให้ชาวบ้านหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องช่วยกันคิดออกแบบของที่ระลึกให้ทันสมัยตรงกับความต้องการของนักท่องเที่ยว

ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกของพิพิธภัณฑ์ที่ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว จึงควรเพิ่มจำนวนบ้านพักตากอากาศให้มากขึ้น การพัฒนาในด้านแสงสว่าง ในส่วนนี้จำเป็นต้องอาศัยงบประมาณสนับสนุนจากภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการแก้ไขปัญหา

ด้านการเข้าถึงพิพิธภัณฑ์ มีปัญหาเรื่องป้ายบอกทางบริเวณถนนเพชรเกษม จึงเสนอให้มีการปรับปรุงเรื่องป้ายบอกทางให้ชัดเจน เพิ่มขนาดให้ใหญ่ขึ้น และสะดุดตามากขึ้น เพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์ให้นักท่องเที่ยวรู้จักพิพิธภัณฑ์มากขึ้น และไม่ทำให้นักท่องเที่ยวเกิดความสับสนในการเดินทาง ถนนทางเข้าพิพิธภัณฑ์เป็นถนนขนาดเล็กและมีตลาดนัดมาตั้งบนถนนในตอนเย็น จึงต้องจัดสถานที่สำหรับตั้งตลาดนัดใหม่ที่ไม่ไกลจากที่เดิมมากนัก เพื่อลดปัญหาในการเดินทาง และจัดบริการรถโดยสารประจำทางผ่านหน้าพิพิธภัณฑ์ เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่นักท่องเที่ยว

จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำแนวทางการพัฒนาที่เสนอไว้ในรายงานการวิจัย ไปใช้ในการศึกษาแนวทางการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒธรรมของแหล่งท่องเที่ยวอื่นๆ และสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ ตำบลเขาย้อย อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรีได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัย

ข้อเสนอแนะเพื่อการปฏิบัติ

ควรปรับปรุงด้านการบริหารพิพิธภัณฑ์ให้มีรายได้มากขึ้น แม้ว่าจุดประสงค์ในการจัดตั้งพิพิธภัณฑ์คือ ต้องการเผยแพร่วัฒนธรรมของชาวไทยทรงดำ และไม่ได้มุ่งหวังผลกำไรก็ตาม แต่พิพิธภัณฑ์จำเป็นต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การรอคอยงบประมาณสนับสนุนจากภาครัฐอย่างเดียวไม่ใช่วิธีการที่ถูกต้องนัก พิพิธภัณฑ์ต้องมีการบริหารจัดการให้มีรายได้อย่างเพียงพอ สำหรับค่าใช้จ่ายภายในพิพิธภัณฑ์ ค่าจ้างสำหรับเจ้าหน้าที่ และชาวบ้านที่มาดูแลพิพิธภัณฑ์ รวมถึงงบประมาณในการปรับปรุง และพัฒนาพิพิธภัณฑ์ การบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์ที่ดี จะทำให้พิพิธภัณฑ์สามารถพึ่งพาตนเองได้ อีกทั้งเป็นการกระจายรายได้ให้กับคนในชุมชนอย่างเสมอภาคกัน เป็นการพัฒนาการท่องเที่ยวแบบยั่งยืน (กรกช, 2549) ลดปัญหาการอพยพเข้ามาทำงานในเมืองหลวง (สมบัติ, 2544) และรณรงค์ให้ทุกฝ่ายช่วยกันสืบทอดประเพณีวัฒนธรรมของชาวไทยทรงดำให้คงอยู่สืบไป

ข้อเสนอแนะเพื่อการวางนโยบาย

ควรให้ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของเทศบาลอำเภอเขาย้อย สนับสนุนนโยบายการพัฒนาพิพิธภัณฑ์ โดยการสนับสนุนด้านการประชาสัมพันธ์พิพิธภัณฑ์ให้เป็นที่รู้จักมากขึ้น สนับสนุนด้านงบประมาณในการพัฒนาพิพิธภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ในด้านสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เช่น ไฟฟ้า บ้านพักตากอากาศ รวมถึงการจัดบริการรถโดยสารประจำทางจากถ้ำเขาย้อยมาถึงพิพิธภัณฑ์ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่นักท่องเที่ยว และเป็นการเชื่อมโยงแหล่งท่องเที่ยว ทำให้พิพิธภัณฑ์เป็นที่รู้จักมากขึ้น นอกจากนี้ควรให้งบประมาณสนับสนุนพิพิธภัณฑ์ ในการปรับปรุงและพัฒนาอาคารสถานที่ อุปกรณ์ที่จัดแสดง และถนนหนทางต่างๆ ตามที่เห็นสมควร

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

นักวิจัยที่สนใจศึกษาแนวทางการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม สามารถต่อยอดการทำวิจัยครั้งนี้ โดยเก็บข้อมูลด้านวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของชาวไทยทรงดำมากขึ้น และมีความละเอียดของข้อมูลอย่างครบถ้วน ในส่วนของนักวิจัยหรือผู้ที่ต้องการพัฒนาพิพิธภัณฑ์ไทยทรงดำ ตำบลเขาย้อย อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี สามารถนำแนวทางการพัฒนาที่เสนอไว้ในการวิจัยนี้ ไปใช้ในการพัฒนาพิพิธภัณฑ์ได้ในโอกาสต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรกช แสนป้อ. 2549. **ศักยภาพในการพัฒนาชนเผ่าลาหู่ บ้านจะบูสี ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม.** วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนา. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย: เชียงราย

ชูสิทธ์ ชูชาติ. 2544. **รูปแบบการท่องเที่ยวเชิงนิเวศในเขตลุ่มแม่น้ำวาง.** รายงานการวิจัย. โครงการท่องเที่ยวเชิงนิเวศวัฒนธรรม: เชียงใหม่.

ฐานข้อมูลพิพิธภัณฑ์ท้องถิ่นในประเทศไทย. (ม.ป.ป.). **ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร**. จาก *http://www.sac.or.th/databases/museumdatabase/detail_museum.php?get_id=16-001.* [15 ธันวาคม, 2552].

ภูสวัสดิ์ สุขเกลี้ยง. 2545. **การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม: กรณีศึกษาหมู่บ้านห้วยโป่งผาลาด อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย.** วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

สมบัติ กาญจนกิจ. 2544. **นันทนาการและอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว.** สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ คล้ายสังข์. 2549. **ยุทธศาสตร์การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมย่านเยาวราช ศึกษากรณีเทศกาลกินเจ.** โครงการวิจัยยุทธศาสตร์การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา: กรุงเทพฯ

อารีวรรณ เสริมวิลาสกุล. 2547. **แนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวอุทยานประวัติศาสตร์พิมาย อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา.** ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม: มหาสารคาม

มาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทชุมชนเกาะพิทักษ์ อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร

The Standard of Home Stay in Pitak Island Community Langsuan District, Chumphon Province

ชลดรงค์ ทองสง* และอำนาจ รักษาพล

Chondarong Tongsong* and Amnat Raksaphon

สาขาวิชาพัฒนาการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร จังหวัดชุมพร 86170

Tourism Development Department, Maejo Universtiy at Chumphon, Chumporn 86170

*Corresponding author: teacherhin@hotmail.com

บทคัดย่อ

มาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทชุมชนเกาะพิทักษ์ อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร เป็นการศึกษาความพึงพอใจในด้านต่างๆ ของนักท่องเที่ยวที่มีต่อการให้บริการที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทของชุมชนเกาะพิทักษ์ เพื่อสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทของชุมชนเกาะพิทักษ์ให้มีมาตรฐานเพิ่มสูงขึ้น ทำการศึกษาโดยใช้แบบสอบถามวัดความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อการให้บริการด้านต่างๆ ประกอบไปด้วย 1) มาตรฐานด้านที่พัก 2) มาตรฐานด้านอาหารและโภชนาการ 3) มาตรฐานด้านความปลอดภัย 4) มาตรฐานด้านการจัดการการท่องเที่ยว 5) มาตรฐานด้านกิจกรรมการท่องเที่ยว 6) มาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อม 7) มาตรฐานด้านมูลค่าเพิ่ม 8) มาตรฐานด้านการส่งเสริมการตลาด ซึ่งจากการศึกษาได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.99 จากคะแนนเต็ม 5 จัดอยู่ในระดับดีมาก ตามเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทของกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา

คำสำคัญ: มาตรฐาน ที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบท ชุมชนเกาะพิทักษ์

Abstract

The study of home stay standard at Pitak island community in Langsuan district, Chumphon province is to study tourists' satisfaction with services at community. Collected data used for an improvement to higher standard of the community home stay. By using questionnaires, to measure tourists' satisfaction with the services. The standards consist of 1) standard of accommodation 2) standard of food and nutrition 3) standard of safety 4) standard of tourism management 5) standard of tourism activity 6) standard of environment 7) standard of value added and 8) standard of marketing promotion. A result of the study shows that its mean value is 3.99 from a totality of 5.00 which is considered to be in a very good level according to a home stay standard value set by the ministry of tourism and sport.

Keywords: standard, home stay, Pitak island community

คำนำ

ชุมชนเกาะพิทักษ์ ตำบลบางน้ำจืด อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเกาะแห่งหนึ่งในอ่าวไทย รอบๆ เกาะพิทักษ์มีทรัพยากรที่อุดมสมบูรณ์ ไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรทางทะเล สัตว์น้ำ แนวปะการัง ตลอดจนทรัพยากรทางการท่องเที่ยวที่สมบูรณ์สวยงาม ทำให้มีนักท่องเที่ยวเดินทางเข้ามาเที่ยวในเกาะพิทักษ์อยู่อย่างสม่ำเสมอ ในปี พ.ศ. 2538 ชุมชนเกาะพิทักษ์ก็ได้พัฒนาที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบท (home stay) ขึ้น ซึ่งก็ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวค่อนข้างดี แต่ในปัจจุบันเมื่อการท่องเที่ยวในลักษณะเช่นนี้มีมากขึ้นในหลายพื้นที่ อัตราการแข่งขันก็เริ่มสูงขึ้นเพราะนักท่องเที่ยวมีโอกาสที่จะเลือกชุมชนที่จะเดินทางไปประกอบกิจกรรมการท่องเที่ยวได้มากขึ้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่ปัญหาของการให้บริการที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทของชุมชนเกาะพิทักษ์และชุมชนอื่นๆ ในประเทศไทยก็คือมาตรฐานในด้านการให้บริการในด้านต่างๆ นั่นเอง โดยพบว่าแต่ละชุมชนที่มีการจัดการการท่องเที่ยวในลักษณะนี้ยังขาดมาตรฐานในการให้บริการและการจัดการในด้านต่างๆ อยู่ค่อนข้างมาก

การศึกษามาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทชุมชนเกาะพิทักษ์เป็นการศึกษาถึงความพึงพอใจในด้านต่างๆ ของนักท่องเที่ยวในการให้บริการที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทของชุมชนเกาะพิทักษ์ ตามมาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทของสำนักงานพัฒนาการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา ซึ่งจะเป็นเครื่องสะท้อนมาตรฐานการให้บริการด้านต่างๆ ของชุมชนเกาะพิทักษ์ว่ามีความเหมาะสมอย่างไร ควรพัฒนาและปรับปรุงในด้านใดบ้าง เพื่อสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการวางแผนพัฒนาที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทของชุมชนเกาะพิทักษ์ไปสู่ความยั่งยืนได้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ในการวิจัยประกอบไปด้วย 1) แบบสอบถามความคิดเห็นนักท่องเที่ยว 2) โปรแกรมสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์ (SPSS: Statistics Package for the Social Science) 3) คอมพิวเตอร์ 4) กล้องถ่ายภาพ

วิธีการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลมาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทชุมชนเกาะพิทักษ์ใช้แบบสอบถาม (questionnaire) ในการสอบถามความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวที่มีต่อการให้บริการในด้านต่างๆ ของที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทของชุมชนเกาะพิทักษ์ ซึ่งประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังเกาะพิทักษ์ ซึ่งใช้สถิติของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังเกาะพิทักษ์ในปี พ.ศ.2550 จำนวน 10,267 คน ส่วนกลุ่มตัวอย่างใช้การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยคำนวณจากสูตร Yamane (1973) ซึ่งจากการคำนวณได้นักท่องเที่ยวที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา จำนวน 385 คน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์มาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทชุมชนเกาะพิทักษ์ ประกอบไปด้วย

1. การจัดลำดับความสำคัญค่ามาตรฐาน

จากการวิเคราะห์ความคิดเห็นของบุคลากรด้านการท่องเที่ยวในประเทศไทย โดยสำนักพัฒนาการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา ได้จัดลำดับความสำคัญของมาตรฐานทั้ง 8 ด้าน ของที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบท สรุปได้ดังนี้ ความสำคัญลำดับที่ 1) มาตรฐานด้านความปลอดภัย 2) มาตรฐานด้านที่พัก 3) มาตรฐานด้านอาหารและโภชนาการ 4) มาตรฐานด้านการจัดการ 5) มาตรฐานด้านกิจกรรมการท่องเที่ยว 6) มาตรฐานด้านมูลค่าเพิ่ม 7) มาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อม 8) มาตรฐานด้านการส่งเสริมการตลาด

2. การคำนวณหาค่าน้ำหนัก

2.1 รวมค่าน้ำหนักทั้ง 8 ด้าน ดังนี้ 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 = 36

2.2 การหาค่าน้ำหนักมาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบท

Table 1 Finding accommodation for Home stay standard

มาตรฐานคุณภาพ	ลำดับความสำคัญ	คะแนน *	ค่าน้ำหนัก**
1) ที่พัก	2	7	7/36 = 0.19
2) อาหาร	3	6	6/36 = 0.17
3) ความปลอดภัย	1	8	8/36 = 0.22
4) การจัดการ	4	5	5/36 = 0.14
5) กิจกรรม	5	4	4/36 = 0.11
6) สภาพแวดล้อม	7	2	2/36 = 0.06
7) มูลค่าเพิ่ม	6	3	3/36 = 0.08
8) ส่งเสริมการตลาด	8	1	1/36 = 0.03

* ค่าน้ำหนักมาตรฐานที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 ให้คะแนนสูงสุด คือ 8 ส่วนลำดับความสำคัญรองลงมาคะแนนก็จะลดลงตามลำดับ

** ค่าน้ำหนัก = คะแนน/ค่าน้ำหนักรวมทั้ง 8 ด้าน

3. การวิเคราะห์มาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบท

นำข้อมูลจากตารางมาแทนค่าค่าเฉลี่ยรวมในมาตรฐานแต่ละด้านแต่ละด้านตามสมการ ดังนี้

$\bar{X}$ = (0.19 x 4.36) + (0.17 x 4.31) + (0.22 x 3.80) + (0.14 x 3.96) + (0.11 x 3.70) + (0.06 x 3.74) + (0.08 x 3.84) + (0.03 x 3.34) = 3.99

สำหรับเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยมีวิธีการหา ดังนี้

1) หาพิสัย = 5 – 0 = 5

2) หาช่วง = 5/6 = 0.83

3) แบ่งระดับ (มี 6 ระดับ คือ 5, 4, 3, 2, 1, 0) โดยเริ่มจากบนลงล่างดังนี้

5.00-0.83 = 4.17 (ได้ 4.17-5.00) หมายถึงโฮมสเตย์มีระดับดีเยี่ยม

4.16-0.83 = 3.33 (ได้ 3.33-4.16) หมายถึงโฮมสเตย์มีระดับดีมาก

3.32-0.83 = 2.49 (ได้ 2.49-3.32) หมายถึงโฮมสเตย์มีระดับดี

2.48-0.83 = 1.65 (ได้ 1.65-2.48) หมายถึงโฮมสเตย์มีระดับต้องปรับปรุง

1.64-0.83 = 0.81 (ได้ 0.81-1.64) หมายถึงโฮมสเตย์มีระดับต้องปรับปรุงมาก

0.80-0.83 = หมายถึง โฮมสเตย์มีระดับต้องปรับปรุงมากที่สุด

(เนื่องจากเริ่มจากบนลงล่างทำให้ค่าสุดท้าย ช่วงจะสั้นกว่าเล็กน้อย)

Figure 1 Scenery in Pitak island

ผลการวิจัย

การประเมินมาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทชุมชนเกาะพิทักษ์ อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ด้าน คือ

1. ข้อมูลทั่วไปของนักท่องเที่ยว เป็นการศึกษาถึงข้อมูลทั่วไปในด้านต่าง ๆ ของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังเกาะพิทักษ์ ซึ่งสามารถนำเสนอผลการศึกษาได้ดัง Table 2

Table 2 General data of tourists visiting Pitak Island.

General data of Tourist	Highest value	Number	%
Sex	Male	196	50.4
Ages	40-49 year old	132	34.3
Education level	Bachelor's degree	199	51.7
Occupation	Civil servant	118	30.6
Revenue	16,001-32,000 baht	158	41
Native	Bangkok	118	30.6
Occasion	First time	270	70.1
Information	From friend	231	60
Transportation	Private car	232	60.3
Number in s group of persons	More than 10 persons	148	38.4

จาก Table 2 แสดงข้อมูลทั่วไปของนักท่องเที่ยว เห็นได้ว่านักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังเกาะพิทักษ์มากที่สุด คือ เพศชายคิดเป็นร้อยละ 50.9 นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 40-49 ปี คิดเป็นร้อยละ 34.3 ส่วนใหญ่มีการศึกษาสูงสุดในระดับปริญญาตรี อาชีพส่วนใหญ่คือรับราชการ คิดเป็นร้อยละ 30.6 ส่วนใหญ่มีรายได้สูงสุดอยู่ในระหว่าง 16,001-32,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 41 ส่วนใหญ่นักท่องเที่ยวมีภูมิลำเนาอยู่กรุงเทพมหานคร คิดเป็นร้อยละ 30 ส่วนใหญ่นักท่องเที่ยวเดินทางมายังเกาะพิทักษ์เป็นครั้งแรก คิดเป็นร้อยละ 70.1 ส่วนใหญ่รู้ข้อมูลเกี่ยวกับเกาะพิทักษ์มาจากเพื่อน คิดเป็นร้อยละ 60 ส่วนใหญ่เดินทางมายังเกาะพิทักษ์โดยรถส่วนตัวคิดเป็นร้อยละ 60.3 นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางมายังเกาะพิทักษ์เป็นกลุ่มมากกว่า 10 คน คิดเป็นร้อยละ 38.4

2. การประเมินมาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทชุมชนเกาะพิทักษ์ เป็นการประเมินความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อการให้บริการในด้านต่างๆ ของที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทชุมชนเกาะพิทักษ์ สามารถนำเสนอผลการวิจัยได้ดังนี้

Table 3 Standard value of home stay at Pitak island

Indicator	Mean
Standard of accommodation	4.36
Standard of food and nutrition	4.31
Standard of safety	3.80
Standard of tourism management	3.96
Standard of environment	3.70
Standard of tourism activity	3.74
Standard of value added	3.84
Standard of marketing promotion	3.34
The standard of home stay at Pitak island	**3.99**

จาก Table 3 ในการวัดความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อมาตรฐานในด้านต่างๆ ของที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทชุมชนเกาะพิทักษ์ พบว่า มาตรฐานในการให้บริการด้านที่พักมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.36 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับดีเยี่ยม มาตรฐานด้านอาหารและโภชนาการมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.31 ซึ่งอยู่ในระดับดีเยี่ยม มาตรฐานด้านความปลอดภัยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.80 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก มาตรฐานด้านการจัดการการท่องเที่ยวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.96 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก มาตรฐานด้านกิจกรรมการท่องเที่ยวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.70 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก มาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.74 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก มาตรฐานด้านมูลค่าเพิ่มมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.84 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก มาตรฐานด้านการส่งเสริมการตลาดอยู่ที่ 3.34 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งจากมาตรฐานการให้บริการทั้ง 8 มาตรฐานของที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทชุมชนเกาะพิทักษ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.99 ซึ่งอยู่ในระดับดีมากของเกณฑ์มาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทของกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา

Figure 2 Home stay standard in Pitak island community

วิจารณ์และผลสรุปการวิจัย

การประเมินมาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทชุมชนเกาะพิทักษ์เป็นการประเมินความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวแบบที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทในชุมชนเกาะพิทักษ์ ซึ่งได้ผลการศึกษาดังนี้

1) ด้านข้อมูลทั่วไปของนักท่องเที่ยว ส่วนใหญ่นักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังเกาะพิทักษ์เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 50.9 ของนักท่องเที่ยวทั้งหมด (ซึ่งมีสัดส่วนของเพศชายและหญิงที่ใกล้เคียงกันมาก) นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 40-49 ปี คิดเป็นร้อยละ 34.3 ของนักท่องเที่ยวทั้งหมด นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 51.7 ของนักท่องเที่ยวทั้งหมด นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ประกอบอาชีพข้าราชการ คิดเป็นร้อยละ 30.6 ของนักท่องเที่ยวทั้งหมด นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีรายได้อยู่ระหว่าง 16,001-32,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 41 ของนักท่องเที่ยวทั้งหมด นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีภูมิลำเนาอยู่ในกรุงเทพมหานคร คิดเป็นร้อยละ 30.6 ของนักท่องเที่ยวทั้งหมด นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางมายังเกาะพิทักษ์เป็นครั้งแรก คิดเป็นร้อยละ 70.1 นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ได้ข้อมูลของเกาะพิทักษ์มาจากเพื่อน คิดเป็นร้อยละ 60 ส่วนใหญ่นักท่องเที่ยวเดินทางมายังเกาะพิทักษ์โดย รถส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 60.3 และนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางมายังเกาะพิทักษ์ด้วยกันเป็นกลุ่ม มากกว่า 10 คน คิดเป็นร้อยละ 38.4 ของนักท่องเที่ยวทั้งหมด

2) ด้านมาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบท เป็นการสอบถามความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวที่มีต่อที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทชุมชนเกาะพิทักษ์ ตามตัวชี้วัดมาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทของกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา (2550) ได้ผลการศึกษาดังนี้

1) มาตรฐานด้านที่พัก มีค่าเฉลี่ย 4.36 อยู่ในมาตรฐานระดับดีเยี่ยม ซึ่งที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทในชุมชนเกาะพิทักษ์จะเป็นส่วนหนึ่งของบ้านเรือนชาวบ้านที่ยื่นลงไปในทะเล เดิมจะเป็นนอกชานไว้เพื่อจัดเก็บอุปกรณ์ทางการประมงก็มีการดัดแปลงให้เป็นบริเวณที่พักของนักท่องเที่ยว ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี มีภูมิทัศน์ที่สวยงาม อาจจะมีปัญหาบ้างก็คือในช่วงที่มีฝนตกหนักอาจจะมีน้ำฝนสาดเข้ามาในบริเวณที่พักของนักท่องเที่ยวได้และในช่วงหัวค่ำก็อาจจะมียุงละแมลงรบกวนบ้างแต่ที่พักของเกาะพิทักษ์ก็จะมีมุ้งไว้ให้บริการแก่นักเที่ยวทุกคน

2) มาตรฐานด้านอาหารและโภชนาการ มีค่าเฉลี่ย 4.31 อยู่ในมาตรฐานระดับดีเยี่ยม ซึ่งจุดเด่นอีกจุดหนึ่งของการท่องเที่ยวบนเกาะพิทักษ์ก็คือ การที่มีอาหารทะเลที่สด สะอาด อร่อย ทำให้นักท่องเที่ยวที่

เดินทางมายังเกาะพิทักษ์ติดใจในคุณภาพและรสชาติของอาหารบนเกาะพิทักษ์ อีกทั้งการประกอบอาหารของเกาะพิทักษ์ยังมุ่งเน้นในด้านความสะอาดของภาชนะและบริเวณที่ประกอบอาหารได้เป็นอย่างดี และชุมชนมีการผลิตน้ำยาล้างจานที่มีความปลอดภัยและลดต้นทุนการผลิตไว้ใช้ในชุมชนเองอีกด้วย

3) มาตรฐานด้านความปลอดภัย มีค่าเฉลี่ย 3.80 อยู่ในระดับดีมาก โดยชุมชนเกาะพิทักษ์ซึ่งเป็นเกาะขนาดเล็กมีเพียง 42 ครัวเรือน โดยแทบทุกครัวเรือนต่างก็เป็นเครือญาติกันทั้งสิ้น อีกทั้งชุมชนเกาะพิทักษ์ยังเป็นชุมชนที่ปลอดยาเสพติดและการพนัน ทำให้ตั้งแต่อดีตที่ผ่านมาชุมชนเกาะพิทักษ์ไม่มีปัญหาอาชญากรรมเกิดขึ้น และเนื่องด้วยชุมชนเกาะพิทักษ์มีลักษณะเป็นเกาะที่เป็นชุมชนปิดผู้คนจากข้างนอกจะผ่านหรือเข้ามาในชุมชนได้ยากจึงสามารถดูแลรักษาความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของนักท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี ในขณะเดียวเมื่อกิจกรรมการท่องเที่ยวของเกาะพิทักษ์มีชื่อเสียงมากขึ้น หน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ก็ให้ความสำคัญและเอาใจใส่ในด้านความปลอดภัยของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังเกาะพิทักษ์เป็นอย่างดี โดยในปัจจุบันมีการตั้งฐานปฏิบัติการของตำรวจตระเวนชายแดนขึ้นบนเกาะพิทักษ์เพื่อดูแลความสงบเรียบร้อยและความปลอดภัยบนเกาะพิทักษ์ตลอด 24 ชั่วโมง

4) มาตรฐานด้านการจัดการ มีค่าเฉลี่ย 3.96 อยู่ในมาตรฐานระดับดีมาก ซึ่งในการดำเนินกิจกรรมการท่องเที่ยวบนเกาะพิทักษ์เป็นลักษณะของสหกรณ์การท่องเที่ยว มีการถือหุ้นของทุกครัวเรือนบนเกาะเท่าๆ กันทุกครัวเรือน มีการปันผลให้กับสมาชิกอย่างเป็นธรรม ซึ่งแทบทุกเครือเรือนบนเกาะพิทักษ์ต่างก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวแทบทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นการให้บริการที่พักและอาหาร การบริการเรือรับส่ง/เรือนำเที่ยว ร้านขายของชำ/ของที่ระลึก การขายผลิตภัณฑ์ทางการประมงเพื่อสนับสนุนกิจกรรมการท่องเที่ยว เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้สามารถสร้างรายได้เสริมให้กับชุมชนเกาะพิทักษ์เป็นอย่างดี ในแต่ละปีจะมีเงินหมุนเวียนในเกาะพิทักษ์ในด้านการท่องเที่ยวมากกว่าหนึ่งล้านบาทและรายได้จากทุกกิจกรรมในด้านการท่องเที่ยวจะถูกหักเข้าสู่ชุมชนจำนวน 3% เพื่อนำมาใช้ในกิจกรรมสาธารณประโยชน์ต่างๆ ในชุมชนอีกด้วย

5) มาตรฐานด้านกิจกรรมการท่องเที่ยว มีค่าเฉลี่ย 3.70 อยู่ในมาตรฐานระดับดีมาก ซึ่งแม้ชุมชนเกาะพิทักษ์จะเป็นชุมชนขนาดเล็กอยู่ห่างจากฝั่งประมาณ 1 กิโลเมตร แต่ก็มีทรัพยากรทางการท่องเที่ยวที่มีความหลากหลาย ทำให้เกิดกิจกรรมการท่องเที่ยวได้หลากหลายกิจกรรม ไม่ว่าจะเป็นการพักแรมร่วมกับชาวบ้าน การร่วมประกอบกิจกรรมด้านอาชีพกับชุมชน การศึกษาวิถีชีวิตชาวประมงพื้นบ้าน การเดินเล่นรอบเกาะ การชมวิวทิวทัศน์ การเล่นน้ำทะเล การดำน้ำชมปะการัง การตกหมึก/ตกปลา การพายเรือคายัครอบเกาะ ซึ่งนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังเกาะพิทักษ์สามารถเลือกประกอบกิจกรรมได้อย่างเต็มที่

6) มาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อม มีค่าเฉลี่ย 3.74 อยู่ในมาตรฐานระดับดีมาก ซึ่งก่อนที่ชุมชนเกาะพิทักษ์จะหันมาประกอบกิจกรรมการท่องเที่ยว ชุมชนเกาะพิทักษ์ได้ทำกิจกรรมเกี่ยวกับการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรทางทะเลมาก่อน ทำให้เกาะพิทักษ์มีทรัพยากรที่มีความอุดมสมบูรณ์เอื้อประโยชน์ต่อการท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นอาหารทะเลที่มีคุณภาพ แนวปะการังที่อุดมสมบูรณ์สวยงาม เป็นต้น โดยกิจกรรมการท่องเที่ยวบนเกาะพิทักษ์ส่วนใหญ่เป็นกิจกรรมที่เอื้อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้และดูแลรักษาสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี จึงเป็นการท่องเที่ยวที่ค่อนข้างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่ปัญหาที่หน้าเป็นห่วงด้านสิ่งแวดล้อมบนเกาะพิทักษ์ในปัจจุบันก็คือการเพิ่มจำนวนที่มากขึ้นของนักท่องเที่ยว ทำให้เกิด

ปัญหาขยะและของเสียบนเกาะพิทักษ์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันบนเกาะพิทักษ์ก็ยังไม่มีระบบการจัดการขยะและของเสียที่มีประสิทธิภาพ

7) มาตรฐานด้านมูลค่าเพิ่ม มีค่าเฉลี่ย 3.84 อยู่ในมาตรฐานระดับดีมาก ซึ่งเมื่อกิจกรรมการท่องเที่ยวบนเกาะพิทักษ์มีการขยายตัวมากขึ้นในปัจจุบัน ภายในชุมชนก็มีการคิดค้นและ พัฒนาผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อตอบสนองนักท่องเที่ยวที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นด้วย ไม่ว่าจะเป็นการผลิตสินค้าของที่ระลึก เช่น โมบายเปลือกหอย เสื้อยืด โปสการ์ด หรือจะเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการประมงเพื่อจำหน่ายแก่นักท่องเที่ยว เช่น การทำปลาทูต้มหวานบรรจุกระป๋อง ปลาเค็ม ปลาหมึกแห้ง ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้สร้างสร้างมูลค่าเพิ่มจากการท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี โดยผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่มีอยู่ส่วนใหญ่จะผลิตขึ้นโดยชาวบ้านเองซึ่งอาจจะยังขาดรูปแบบและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ ทำให้ตลาดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นยังไม่กว้างขวางมากนัก

8) มาตรฐานด้านการส่งเสริมการตลาด มีค่าเฉลี่ย 3.34 อยู่ในมาตรฐานระดับดีมาก ซึ่งการพัฒนาการตลาดของการท่องเที่ยวชุมชนเกาะพิทักษ์จะเป็นการตลาดแบบตั้งรับเพียงอย่างเดียว โดยส่วนใหญ่นักท่องเที่ยวรู้จักเกาะพิทักษ์ผ่านสื่อที่เข้ามายังเกาะพิทักษ์โดยเฉพาะรายการท่องเที่ยวต่างๆ และการประชาสัมพันธ์กันปากต่อปากจากนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังเกาะพิทักษ์แล้วมีความประทับใจ และปริมาณของนักท่องเที่ยวในปัจจุบันสัมพันธ์กับขีดความสามารถในการรองรับ (carrying capacity) ของเกาะพิทักษ์ได้เป็นอย่างดีอยู่แล้ว แต่พื้นที่เกาะพิทักษ์เป็นชุมชนและเกาะขนาดเล็กหากมีปริมาณนักท่องเที่ยวและกิจกรรมการท่องเที่ยวที่สูงขึ้นมากกว่านี้อาจจะส่งผลต่อความสามารถในการรองรับของพื้นที่และอาจก่อให้เกิดปัญหาในด้านต่างๆ ตามมาได้

เมื่อนำค่ามาตรฐานทั้ง 8 มาตรฐาน มาหาค่าเฉลี่ย พบว่า ที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทของชุมชนเกาะพิทักษ์มีค่า**มาตรฐานเฉลี่ย 3.99** อยู่ในผลการประเมินมาตรฐานที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบทอยู่ใน**ระดับดีมาก**

เอกสารอ้างอิง

คณะวิทยาการจัดการ โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมท่องเที่ยว. 2002. **ความเป็นมาของโฮมสเตย์และฟาร์มสเตย์**. สถาบันราชภัฏอุดรธานี. จาก *http://www.geocities.com/tourismclub2005/ home_stay. htm* [1 เมษายน 2551].

จิตศักดิ์ พุฒจร. 2545. **การวิเคราะห์ศักยภาพเพื่อจัดทำทำเนียบแหล่ง ท่องเที่ยวเชิงนิเวศ.** เสนอต่อการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์: นครศรีธรรมราช. 221 น.

บุญเลิศ จิตตั้งวัฒนา. 2542 . **การวางแผนพัฒนาการท่องเที่ยวแบบยั่งยืน**. เอกสารประกอบคำบรรยาย คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่. 272 น.

สำนักงานพัฒนาการท่องเที่ยว. 2549. **การประชุมปฏิบัติการที่พักสัมผัสวัฒนธรรมชนบท.** กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. จาก *http://www.tourism.go.th/index.php?option=com_content& task= view&id=1940&Itemid=39* [23 มีนาคม 2551].

สำนักงานพัฒนาการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. 2550. **คู่มือเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชน.** ศรีเมืองการพิมพ์: กรุงเทพฯ. 167 น.

สำนักงานพัฒนาบริการการท่องเที่ยว. 2007. **Home Stay Standard.** กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. จาก *http://homestaythai. tourism.go.th/page_history.php* [3 เมษายน 2551].

Yamane, T. 1973. **Statistics: an introduction analysis**. Harper and Row: New York. 1,130 p.7

ผลของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวผู้ประกอบการต่อคุณภาพสัมพันธภาพระหว่างผู้ประกอบการกับผู้บริโภคในธุรกิจสปาขนาดกลางและขนาดย่อมในเขตกรุงเทพมหานคร

The Effect of Factors Related to Entrepreneurs to Relationship Quality between Consumer and Firm of SMEs Spa Business in Bangkok Area

ปิยะพร ไทยสรวง[1*] และสมบัติ ธำรงสินถาวร[2]

Piyaporn Thaisuang[1*] and Sombat Thamrongsinthaworn[2]

คณะการจัดการและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

Faculty of Management and Tourism, Burapha University, Chonburi, Thailand 20131

*Corresponding author: booma3@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้ประกอบการ ที่ส่งผลต่อการสร้างความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้ประกอบการและผู้บริโภคในธุรกิจสปา เพื่อศึกษาการนำทฤษฎีทางด้านการตลาดสัมพันธ์ (relationship marketing) มาใช้ในธุรกิจ SMEs โดยการศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริโภคกับผู้ประกอบการในธุรกิจสปา ยิ่งกว่านั้นยังศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ และความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริโภคกับผู้ประกอบการในธุรกิจสปา สำหรับผลการวิจัย พบว่า ตัวแปรอิสระ 5 ตัว คือ ความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อพนักงานให้บริการ ความคุ้นเคยของลูกค้ากับพนักงานที่ให้บริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อสถานบริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ ความคุ้นเคยของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการส่งผลกระทบต่อตัวแปรตาม คือ คุณภาพสัมพันธภาพอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ตัวแปรอิสระที่เหลืออีก 1 ตัว คือ ทัศนคติของลูกค้าด้านการบริการ ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ต่อความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริโภคและผู้ประกอบการในธุรกิจสปา พบว่า ผู้ใช้บริการเพศหญิงมีระดับของความสัมพันธ์ระยะยาวสูงกว่าเพศชาย ระดับของความสัมพันธ์ระยะยาวของผู้มีรายได้สูงมากกว่าผู้มีรายได้ต่ำ และกลุ่มที่มีระยะความสัมพันธ์กับสถานประกอบการยาวนานกว่า ย่อมมีระดับความสัมพันธ์ระยะยาวที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ผู้ประกอบการ ผู้บริโภค คุณภาพสัมพันธภาพ ธุรกิจสปา กรุงเทพมหานคร

Abstract

This research aims to study factors related to entrepreneur that impact to relationships quality between entrepreneur and consumers in the spa business. This study also focuses on the implementation of relationship marketing theory adopting to SMEs business by studying the various theoretical variables that can describe quality relationship between consumer and service provider in the spa business. Moreover, this research also studies the relationship between demographic factors and long-term relationship between consumers and service provider in the spa business, and the behavior of using spa service of consumers.

The findings shows that five independent variables have the significant effect on relationship quality, they are customer's satisfaction toward service provider's employees, customer's familiarity with service provider's employees, customer's attitude toward service location, customer's attitude toward entrepreneur and the customer's familiarity with entrepreneur. However, another independent variable, customer's attitude toward provided service, dose not affect to relationship quality significantly. The study, the relationship between demographic factors and long-term relationship between consumers and spa business service provider, is also found that female users have the level of long-term relationship higher than male users. The level of long-term relationship of people who have high income are higher than low-income people. It is found that the longer term relationship with service provider, the higher level of significant relationship.

Keywords: entrepreneur, customer, relationship quality, spa business, Bangkok

คำนำ

ในปัจจุบันธุรกิจมีหลายประเภท ซึ่งต่างก็ค้นหากลยุทธ์ที่จะทำให้ธุรกิจของตนประสบความสำเร็จ ไม่ว่าจะเป็นธุรกิจขนาดใหญ่หรือขนาดเล็กในที่นี้รวมถึงธุรกิจ SMEs ต่างก็พยายามหากลยุทธ์ต่างๆ มาใช้ในธุรกิจของตนให้ประสบความสำเร็จ ซึ่งรวมถึงแนวความคิดด้านการตลาดมีการเปลี่ยนแปลงไปจากรูปแบบเดิม จากพื้นฐานส่วนผสมทางการตลาด 4P แต่เพียงอย่างเดียวได้เปลี่ยนไปเป็นการตลาดสัมพันธภาพ (relationships marketing) มากขึ้น ซึ่งมุ่งสร้างความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้ประกอบการกับผู้บริโภค และมีการให้ความสำคัญถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการรักษาลูกค้าเก่ามากขึ้น

นักวิจัยจำนวนไม่น้อยได้พยายามศึกษาว่า ปัจจัยใดที่จะทำให้ธุรกิจ SMEs ประสบความสำเร็จ (Granered, 2005) จากการวิจัยส่วนใหญ่ยังพบว่า ปัจจัยที่ทำให้ธุรกิจ SMEs ประสบความสำเร็จได้นั้นจะต้องใช้การตลาดสัมพันธภาพ (relationships marketing) (priluck, 2003) โดยการตลาดสัมพันธภาพ (relationships marketing) จะสร้างความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริโภคและผู้ประกอบการ โดยในทฤษฎีการตลาดสัมพันธภาพ พบว่า มีปัจจัยสำคัญอยู่หลายตัวในการสร้างความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริโภคและบริษัท เช่น การลงทุนของผู้บริโภคในความสัมพันธ์ การติดต่อสื่อสารระหว่างบริษัทและผู้บริโภค (marketing

communication) และปัจจัยที่เกี่ยวกับตัวผู้ประกอบการและตัวบริษัทเองซึ่งงานวิจัยเหล่านี้ ส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาระหว่างผู้บริโภคและบริษัทขนาดใหญ่ โดยเฉพาะในธุรกิจบริการ (Garbarino and Johnson, 1999)

สำหรับธุรกิจสปาในฐานะเป็นธุรกิจบริการขนาดกลางและขนาดย่อมชนิดหนึ่ง มีข้อมูลจากกรมส่งเสริมการส่งออก กองการประกอบโรคศิลปะว่า ในปี พ.ศ.2549 มีรายได้รวมจากธุรกิจนี้และผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องประมาณ 25,000 ล้านบาท ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งที่ทำรายได้ให้กับประเทศไม่น้อยเมื่อเทียบกับรายได้จากธุรกิจทางการแพทย์ที่มีเพียง 1,400 ล้านบาท และในอนาคตรัฐบาลมีนโยบายที่จะกำหนดมาตรฐานของสปาให้เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก สปาโดยทั่วๆ ไปมีหลายประเภท แต่ที่กำลังขยายตัวอย่างมาก คือ day spa และ resort and hotel spa

จะเห็นได้ว่าธุรกิจสปาในประเทศไทยกำลังขยายตัวอย่างรวดเร็ว กลายเป็นจุดขายสำคัญของโรงแรมและรีสอร์ทระดับ 4-5 ดาว สามารถทำรายได้จากนักท่องเที่ยว ต่างชาติปีละไม่ต่ำกว่า 2.4 หมื่นล้านบาท ขณะที่สปาขนาดเล็กซึ่งเป็นตลาดของคนไทย ทำรายได้มากถึงปีละ 2,000 ล้านบาท ด้วยเหตุนี้การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยจึงได้ประกาศให้สปาเป็นแหล่งท่องเที่ยว และพักผ่อนอันดับหนึ่งของเมืองไทย การก่อตัวขึ้นของสถานบริการสปานั้นยังสอดรับกับนโยบายการสนับสนุนให้เกิดวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (small and medium enterprises: SMEs) ของภาครัฐที่ต้องการให้ประชาชนไทยเป็นเจ้าของกิจการ เพื่อให้ประชาชนมีรายได้และสร้างความเข้มแข็งให้กับภาคธุรกิจเอกชน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในธุรกิจสปาที่ประสบความสำเร็จได้ โดยการใช้หลักการของการตลาดสัมพันธภาพ (relationships marketing) และปัจจัยเกี่ยวกับตัวผู้ประกอบการ ซึ่งหมายรวมถึงทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผู้ประกอบการและความคุ้นเคยของลูกค้าที่มีต่อเจ้าของ ในฐานะเป็นปัจจัยหลักที่กำหนดความสำเร็จในระยะยาวของผู้บริโภคและบริษัทในระยะยาว (Zontanos and Anderson, 2004) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์ในด้านการบริการและปัญหาต่างๆ ของธุรกิจสปาและความต้องการของผู้บริโภค เพื่อจะได้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของผู้ประกอบการ และการใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสมกับธุรกิจบริการ

สมมติฐานการวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐานไว้ดังนี้

สมมติฐานที่ 1: ยิ่งความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อพนักงานที่ให้บริการมากขึ้น ยิ่งทำให้คุณภาพของความสัมพันธ์สูงขึ้น

สมมติฐานที่ 2: ยิ่งความคุ้นเคยของลูกค้าที่มีต่อพนักงานที่ให้บริการมากขึ้น ยิ่งทำให้คุณภาพของความสัมพันธ์สูงขึ้น

สมมติฐานที่ 3: ยิ่งทัศนคติที่ดีของลูกค้าที่มีต่อพนักงานที่ให้บริการมากขึ้น ยิ่งทำให้คุณภาพของความสัมพันธ์สูงขึ้น

สมมติฐานที่ 4: ยิ่งทัศนคติที่ดีของลูกค้าที่มีต่อสถานบริการมากขึ้น ยิ่งทำให้คุณภาพของความสัมพันธ์สูงขึ้น

สมมติฐานที่ 5: ยิ่งทัศนคติที่ดีของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการมากขึ้น ยิ่งทำให้คุณภาพของความสัมพันธ์สูงขึ้น

สมมติฐานที่ 6 : ยิ่งความคุ้นเคยของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการมากขึ้น ยิ่งทำให้คุณภาพของความสัมพันธ์สูงขึ้น

สมมติฐานที่ 7 : คุณภาพของความสัมพันธ์ของผู้ใช้บริการเพศหญิงสูงกว่าผู้ใช้บริการเพศชาย

สมมติฐานที่ 8 : คุณภาพของความสัมพันธ์ของผู้ใช้บริการที่มีอายุมากสูงกว่าผู้ใช้บริการที่มีอายุน้อย

สมมติฐานที่ 9 : คุณภาพของความสัมพันธ์ของผู้ใช้บริการที่มีการศึกษาสูง จะมากกว่าผู้ใช้บริการที่มีการศึกษาน้อย

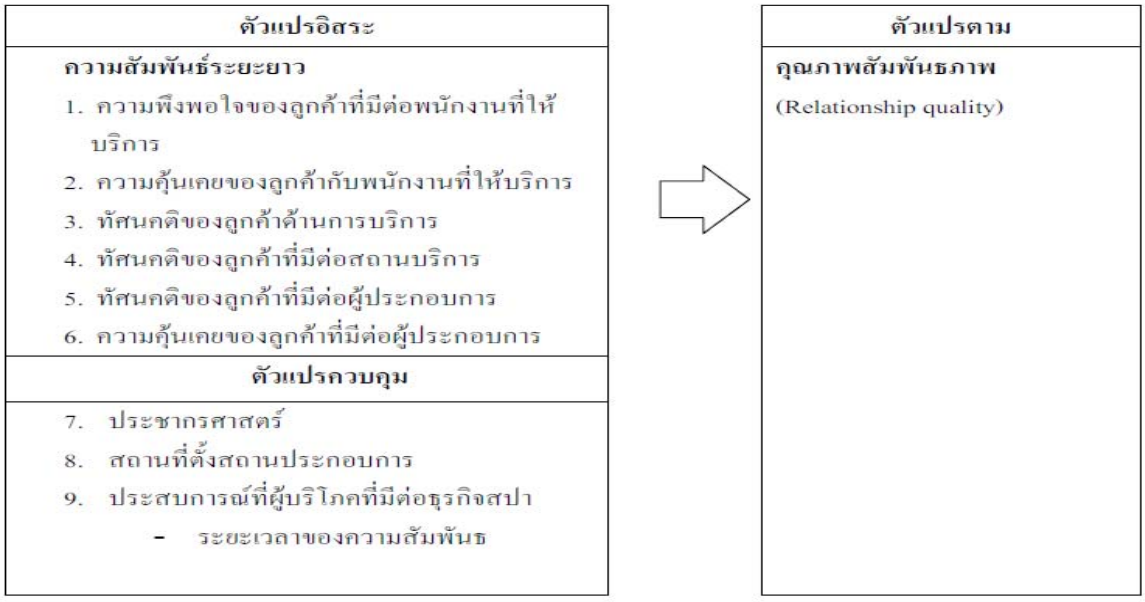
สมมติฐานที่ 10: คุณภาพของความสัมพันธ์ของผู้ใช้บริการที่มีรายได้สูง ย่อมสูงกว่าผู้ใช้บริการที่มีรายได้น้อย

สมมติฐานที่ 11: คุณภาพของความสัมพันธ์ของผู้ใช้บริการที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เศรษฐกิจ ย่อมสูงกว่าผู้ใช้บริการที่อาศัยอยู่ในพื้นที่นอกเขตเศรษฐกิจ

สมมติฐานที่ 12: คุณภาพของความสัมพันธ์ของผู้ใช้บริการที่มีระยะเวลาของความสัมพันธ์ยาวนาน ย่อมสูงกว่าระยะเวลาของความสัมพันธ์ที่สั้น

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวความคิดในการวิจัยนี้ตัวแปรอิสระ คือ ความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อพนักงานที่ให้บริการ ความคุ้นเคยของลูกค้ากับพนักงานที่ให้บริการ ทัศนคติของลูกค้าด้านการบริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อสถานบริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ ความคุ้นเคยของลูกค้าที่มีต่อเจ้าของ และตัวแปรควบคุม คือ ประชากรศาสตร์ เพศ อายุ การศึกษา รายได้ สถานที่ตั้งสถานประกอบการ ประสบการณ์ที่ผู้บริโภคที่มีต่อธุรกิจสปา ที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม คือ คุณภาพสัมพันธภาพ (relationship quality)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดซึ่งแสดงถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์ของผู้ประกอบการและผู้บริโภคในระยะยาว

นิยามศัพท์เฉพาะ ผู้วิจัยได้กำหนดนิยามศัพท์เฉพาะเพื่อให้สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนี้

ความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อพนักงานที่ให้บริการ หมายถึง ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการที่เคยได้รับจากพนักงานที่ให้บริการ แล้วส่งผลให้ผู้ใช้บริการกลับมาใช้อีก Garbarino and Johnson (1999); Thamrongsinthaworn (2008); Udorn (1999)

ความคุ้นเคยของลูกค้ากับพนักงานที่ให้บริการ หมายถึง การที่ลูกค้าคุ้นเคยกับผู้ให้บริการเป็นปัจจัยระหว่างบุคคลที่สำคัญที่ลูกค้ามีประสบการณ์จากการรับการบริการ Czepiel (1990); Price *et al.* (1995)

ทัศนคติของลูกค้าด้านการบริการ หมายถึง การที่ลูกค้ารับรู้ของคุณภาพของตัวบริการเองและพนักงานที่ให้บริการ รวมถึงการให้บริการในสถานประกอบการนั้นๆ ที่ลูกค้าได้รับ และส่งผลต่อความนึกคิดและความผูกพันทำให้ลูกค้าเกิดความสัมพันธ์กับสถานประกอบการ (Garbarino and Johnson, 1999)

ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อสถานบริการ หมายถึง การรับรู้ของคุณภาพของสถานบริการ (Parasuraman *et al*., 1994) และความนึกคิดที่ก่อตัวขึ้นอาจสะท้อนความผูกพันธ์ทางอารมณ์ต่อความสัมพันธ์อันได้แก่ ความไว้วางใจและการมีพันธกิจที่มีต่อองค์กร (Morgan and Hunt, 1994)

ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ หมายถึง การรับรู้ถึงความเอาใจใส่ ของผู้ประกอบการและส่งผลต่อความสัมพันธ์ของผู้ประกอบการและผู้ใช้บริการ (Zontanos and Anderson, 2004)

ความคุ้นเคยของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ หมายถึง การที่เจ้าของกิจการพยายามทำความรู้จักกับลูกค้าเป็นการส่วนตัว ทำให้มีความสัมพันธ์แนบแน่น และลูกค้ามีความจงรักภักดีและมีความพึงพอใจในบริษัท (Carson, 1985)

คุณภาพสัมพันธภาพ (relationship quality) หมายความถึง การยอมรับของผู้บริโภคว่าความสัมพันธ์ที่ดีของพวกเขาทั้งหมดเป็นอย่างไร ที่จะเติมเต็มความคาดหวัง การคาดเดา เป้าหมาย ความปรารถนาของผู้บริโภค เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ทั้งหมด (Jarvelin and Lehtinen, 1996)

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล ลักษณะการใช้สินค้าและบริการ การบริหารจัดการ ลูกค้าสัมพันธ์ และการรับรู้การบริหารจัดการลูกค้าสัมพันธ์ ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่สนใจ คือ กลุ่มประชากรที่เป็นผู้ใช้บริการร้านสปาในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามที่ผ่านการประเมินความเที่ยงตามเนื้อหา โดยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบ non-probability sampling โดยใช้วิธี convenience sampling โดยจะสุ่มตัวอย่างจากประชากร จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นผู้บริโภคคนไทยในเขตกรุงเทพมหานคร ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอ้างอิง คือ *t*-test และ *F*-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่าสหสัมพันธ์ (correlation analysis) การวิเคราะห์สมการถดถอยชนิดหลายตัวแปร (multiple regression analysis)

เครื่องมือวัด (measurement items)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ใช้แบบสอบถาม ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพสัมพันธภาพ (relationship quality)

1. ความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อพนักงานที่ให้บริการ

1. ท่านมีความพึงพอใจต่อบุคลิกภาพและการแต่งกายสะอาดเรียบร้อยของพนักงาน
2. ท่านมีความพึงพอใจต่อพนักงานที่ยิ้มแย้มแจ่มใส ยินดีให้บริการ
3. ท่านมีความพึงพอใจต่อพนักงานพูดจาสุภาพ
4. ท่านมีความพึงพอใจต่อพนักงานที่มีความรู้สามารถให้คำตอบที่ต้องการได้
5. ท่านมีความพึงพอใจต่อพนักงานที่แสดงออกถึงความเป็นมิตรและมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี
6. ท่านมีความพึงพอใจกับพนักงานที่ยินดีให้คำแนะนำและความช่วยเหลือท่านเมื่อมีความต้องการ

2. ความคุ้นเคยของลูกค้ากับพนักงานที่ให้บริการ

1. ท่านชอบเห็นการให้บริการของพนักงานคนเดิมในหลายๆ หน้าที่ของสถานบริการ
2. ท่านชอบความรู้สึกที่เป็นกันเองของพนักงานที่ให้บริการของสถานบริการ
3 .ท่านรู้สึกว่าท่านได้รู้จักพนักงานที่ให้บริการดีขึ้นของสถานบริการ

3. ทัศนคติของลูกค้าด้านการบริการ

1. โดยปกติแล้วท่านมีความพึงพอใจกับบริการที่สถานบริการ
2. ท่านชอบบริการที่มีอยู่หลากหลายในสถานบริการ
3. ท่านคิดว่าการบริการในสถานบริการน่าสนใจมาก
4. ท่านคิดว่าการบริการในสถานบริการจริงๆ แล้วไม่ค่อยดี (R)
5. ท่านคิดว่าการบริการที่เลือกใช้เป็นเหตุผลหลักที่ท่านมาใช้บริการ
6. ท่านคิดว่าการบริการที่เลือกใช้เป็นเหตุผลหลักที่ทำให้ไม่มาใช้บริการบ่อยมากนัก (R)

4. ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อสถานบริการ

1. ท่านมีความพึงพอใจกับสิ่งอำนวยความสะดวกในปัจจุบันที่ได้รับจากสถานบริการ
2. ท่านรู้สึกคุ้นเคยสนิทสนมกับสถานบริการ
3. ท่านเห็นด้วยกับสถานบริการมีพนักงานบริการที่เพียงพอ
4. ท่านเห็นด้วยว่าสถานบริการมีทำเลที่ง่ายต่อการติดต่อ
5. ท่านเห็นด้วยว่าสถานบริการมีสถานที่จอดรถเพียงพอต่อความต้องการ
6. ท่านเห็นด้วยว่าสถานประกอบการมีพื้นที่สำหรับรับรองลูกค้ากว้างขวาง
7. ท่านเห็นด้วยว่าสถานบริการมีสิ่งอำนวยความสะดวกให้ลูกค้าอย่างเหมาะสม
8. ท่านเห็นด้วยว่าสถานบริการมีช่วงเวลาเปิด-ปิดบริการเหมาะสม

5. ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ

1. ท่านเห็นด้วยว่าผู้ประกอบการของสถานบริการเป็นผู้ที่คิดค้นสินค้าหรือบริการใหม่ๆ เสมอ
2. ท่านเห็นด้วยว่าผู้ประกอบการของสถานบริการสามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้ดี
3. ท่านเห็นด้วยว่าผู้ประกอบการของสถานบริการเป็นผู้มีวาทศิลป์ที่ดี

4. ท่านเห็นด้วยที่ผู้ประกอบการของสถานบริการเป็นผู้มีความรับผิดชอบ และเชื่อมั่นในตนเอง

5. ท่านเห็นด้วยที่ผู้ประกอบการของสถานบริการมีความกระตือรือร้นที่จะดำเนินกิจกรรมให้เป็นผลสำเร็จ

6. ความคุ้นเคยของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ

1. ท่านชอบเห็นการให้บริการของเจ้าของในหลายๆ บทบาทในสถานบริการ
2. ท่านชอบความรู้สึกที่เป็นกันเองของเจ้าของในสถานบริการ
3. ท่านรู้สึกว่าท่านได้รู้จักเจ้าของสถานบริการดีขึ้น

7. สถานที่ตั้งสถานประกอบการ

1. สถานบริการสปาแห่งนี้ ตั้งอยู่ในพื้นที่ใด

8. ประสบการณ์ที่ผู้บริโภคที่มีต่อธุรกิจสปา

1. ท่านเคยใช้บริการสปาหรือไม่
2. ท่านรู้จักและเคยพบผู้ประกอบการในร้านสปาที่ท่านไปใช้บริการหรือไม่
3. ท่านไปใช้บริการสปาดังกล่าวเป็นระยะเวลานานเท่าไร...ปี....เดือน

9. คุณภาพความสัมพันธ์ภาพ

1. ในฐานะที่ท่านเป็นลูกค้าปกติ ท่านมีความสัมพันธ์ที่มีคุณภาพที่ดีกับสถานบริการ
2. ท่านมีความสุขต่อการบริการต่างๆ ที่สถานบริการได้พยายามทำให้แก่ท่าน
3. ท่านรู้สึกพอใจกับความสัมพันธ์ที่ท่านมีกับสถานบริการ

เครื่องมือวัดความเที่ยงตรง

ผลการวิเคราะห์ค่า ความน่าเชื่อถือ (reliability) และค่าความเที่ยงตรง (validity)

ผลการวิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือ (reliability) การศึกษาค่าความเชื่อถือได้ (Cronbach's alpha) จากการวิเคราะห์ในบรรดาทัศนคติที่ก่อให้เกิดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลแสดงการแจกที่ดีของตัวแปรแต่ละอัน ความเชื่อถือได้ของเครื่องมือวัดค่าโดยอัลฟาของ Cronbach ดัชนีความเชื่อถือได้ทั้งหมด (Cronbach's alpha) ในอุตสาหกรรมสปาได้กำหนดค่าตัวแปรที่สามารถวัดได้ ค่าสูงกว่า 0.7

จากการเก็บข้อมูล พบว่า ตัวแปรส่วนใหญ่ที่ทำการเก็บข้อมูลนั้น มีค่าสูงกว่า 0.7 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐาน (Nunnally, 1959) ค่าความเชื่อถือได้ควรจะสูงกว่า 0.7 ดังเช่น การเก็บขอมูลของผู้วิจัย จากตัวแปรทั้งหมดในแบบสอบถามมีค่ายอมรับของอัลฟาของ Cronbach

การหาค่าความเที่ยงตรง (validity) ใช้การวัดจากโครงสร้างวัถตุประสงค์ โดยผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้นๆ ได้พิจารณาว่าแบบสอบถามแต่ละข้อและจำนวนข้อของแบบสอบถามที่สร้างขึ้นนั้น เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ มีเนื้อหาครอบคลุมครบถ้วนและสามารถวัดได้ถูกต้องตรงตามความเป็นจริง

ผู้เชี่ยวชาญได้นำค่ามาหาดัชนีความสอดคล้อง (index of consistency: IOC) IOC = $\sum R/N$ เมื่อ N คือจำนวนผู้เชี่ยวชาญ และ R คือ ค่าคะแนนความสอดคล้อง ถ้าค่า IOC ที่คำนวณได้มีค่าตั้งแต่ 0.50 (ฉัตรศิริ, 2541) ขึ้นไปถือว่าแบบสอบถามข้อนั้นมีความเที่ยงตรงอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

สรุปจากการวิเคราะห์จากเครื่องมือของผู้วิจัย โดยส่วนใหญ่แล้ว จากตัวแปรทั้งหมดในการสร้างความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริการและผู้ใช้บริการสปา มีความเชื่อถือที่ยอมรับได้ และมีความเที่ยงตรงในระดับที่ยอมรับได้

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อพนักงานให้บริการ ความคุ้นเคยของลูกค้ากับพนักงานที่ให้บริการ ทัศนคติของลูกค้าด้านการบริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อสถานบริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ ความคุ้นเคยของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการที่มีผลกระทบต่อคุณภาพความสัมพันธ์ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation)

ตัวแปร	ค่าสถิติ	ตัวแปร						
		X1	**X2**	**X3**	**X4**	**X5**	**X6**	**X7**
X1	correlation	1	0.569**	0.090	0.565**	0.419**	0.420**	0.299*
	sig.		0.000	0.079	0.000	0.000	0.000	0.000
X2	correlation		1	0.108*	0.464**	0.458**	0.485**	0.433*
	sig.			0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
X3	correlation			1	0.111*	0.087	0.161**	0.140*
	sig.				0.027	0.083	0.001	0.000
X4	correlation				1	0.526**	0.552**	0.469*
	sig.					0.000	0.000	0.000
X5	correlation					1	0.569**	0.538*
	sig.						0.000	0.000
X6	correlation						1	0.527*
	sig.							0.000
X7	correlation							1
	sig.							.

X1 หมายถึง ความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อพนักงานให้บริการ
X2 หมายถึง ความคุ้นเคยของลูกค้ากับพนักงานที่ให้บริการ
X3 หมายถึง ทัศนคติของลูกค้าด้านการบริการ
X4 หมายถึง ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อสถานบริการ
X5 หมายถึง ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ
X6 หมายถึง ความคุ้นเคยของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ
X7 หมายถึง คุณภาพความสัมพันธ์

ผลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อพนักงานให้บริการ ความคุ้นเคยของลูกค้ากับพนักงานที่ให้บริการ ทัศนคติของลูกค้าด้านการบริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อสถานบริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ ความคุ้นเคยของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการที่มีผลกระทบต่อคุณภาพสัมพันธภาพ และค่าระดับความมีนัยสำคัญ พบว่า ความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อพนักงานให้บริการ ความคุ้นเคยของลูกค้ากับพนักงานที่ให้บริการ ทัศนคติของลูกค้าด้านการบริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อสถานบริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ ความคุ้นเคยของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการที่มีผลกระทบต่อคุณภาพสัมพันธภาพ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์น้อยกว่า 0.80 ทุกค่า แสดงว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันในระดับปกติก็ไม่มีแนวโน้มที่จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรพยากรณ์ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป การเกิดความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรพยากรณ์ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อตัวแปรพยากรณ์ตัวหนึ่ง มีความสัมพันธ์กับตัวแปรพยากรณ์อีกตัวหนึ่งสูงมาก ซึ่งจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชื่อถือไม่ได้ เครื่องหมายของสัมประสิทธิ์การถดถอยอาจแปรเปลี่ยนไปเป็นตรงกันข้าม และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการถดถอยมีค่าสูงขึ้นผิดปกติ

ผลของสมการถดถอยหลายตัวแปรในการศึกษาผลกระทบของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวผู้ประกอบการไปยังความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้ประกอบการกับผู้บริโภคในธุรกิจสปาขนาดกลางและขนาดย่อมในเขตกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient analysis)

ตัวแปร	β	t	Sig.	Collinearity Statistics	
ค่าคงที่ (a)	0.482	1.607	.109	Tolerance	VIF
X1	-0.118	-2.263	0.024*	0.558	1.792
X2	0.175	3.421	0.001*	0.584	1.711
X3	0.052	1.310	0.191	0.972	1.029
X4	0.177	3.294	0.001*	0.529	1.891
X5	0.282	5.532	0.000*	0.589	1.699
X6	0.225	4.286	0.000*	0.552	1.812

R^2 = 0.401. R^2 Adjusted = .392

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient analysis: B) เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระทีละตัว ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ได้ค่าคงที่ 0.482

ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุ พบว่า มีตัวแปรอิสระ คือ ความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อพนักงานให้บริการ ความคุ้นเคยของลูกค้ากับพนักงานที่ให้บริการ ทัศนคติของลูกค้าด้านการบริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อสถานบริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ ความคุ้นเคยของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม คือ คุณภาพสัมพันธภาพ (Y)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้สมการถดถอยหลายตัวแปร สรุปได้ว่า สมมติฐานเรื่อง ความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อพนักงานให้บริการ ความคุ้นเคยของลูกค้ากับพนักงานที่ให้บริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อสถานบริการ ทัศนคติของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ ความคุ้นเคยของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการ ในการทดสอบสมมติฐานครั้งนี้มีค่านัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่า 0.05 ทุกตัว ซึ่งทำให้ผู้วิจัยปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) และจะเห็นได้ว่า คุณภาพความสัมพันธ์ของผู้บริโภคยิ่งมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

งานวิจัยที่ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ โดยการใช้สมการถดถอยหลายตัวแปร สรุปพบว่า สมมติฐานเรื่องทัศนคติของลูกค้าด้านการบริการ จะเห็นได้ว่าสมมติฐานข้างต้นนี้ถึงจะเพิ่มขึ้น ก็ไม่มีผลทำให้คุณภาพความสัมพันธ์ของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น และในการทดสอบ พบว่า นัยสำคัญทางสถิตมากกว่า 0.05 ดังนั้น สมมติฐานดังกล่าวนี้จึงไม่สามารถถูกสนับสนุนได้

สรุปผลการวิจัย โดยการหาค่า F-test และ t-Test ที่ระดับความแปรปรวนเท่ากันและความแปรปรวนไม่เท่ากัน มีดังนี้ เพศ รายได้ และระยะเวลา ในการทดสอบสมมติฐานครั้งนี้จะพบได้ว่าสมมติฐานที่กล่าวมาข้างต้นนั้นมีค่านัยสำคัญทางสถิตน้อยกว่า 0.05 ทุกตัว ซึ่งทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ได้ หมายความว่า คุณภาพความสัมพันธ์ของผู้บริโภคยิ่งมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

งานวิจัยที่ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ โดยการหาค่า F-test และ t-Test ที่ระดับความแปรปรวนเท่ากันและความแปรปรวนไม่เท่ากัน มีดังนี้ อายุ การศึกษา พื้นที่ จะเห็นได้ว่า สมมติฐานข้างต้นที่กล่าวมานี้มาใช้บริการเพิ่มมากขึ้น ก็ไม่มีผลทำให้คุณภาพความสัมพันธ์ของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น และในการทดสอบ พบว่า นัยสำคัญทางสถิตมากกว่า 0.05 ดังนั้น สมมติฐานดังกล่าวนี้จึงไม่สามารถถูกสนับสนุนได้

เอกสารอ้างอิง

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. 2547. การวิเคราะห์การถดถอย. **วารสารปาริชาติ**. 17(1): 55-62.

Nunnally, J.C.Jr. 1959. **Tests and Measurement**. McGraw-Hill: New York.

Carson, D., S. Cromie, P. Mcgawan and J. Hill. 1995. **Marketing and Entrepreneurship in SMe$_s$:** An Innovative Approach. Englewood Cliffs, Prentice-Hall: NJ.

Czepiel, J.A. 1990. Service encounters and service relationships: Implications for research. **Journal of Business Research**. 20(1): 13-21.

Dwyer, F., P. Robert, H. Schurr and O. Sejo. 1987. Developing buyer-seller relationships. **Journal of Marketing**. 51(April): 11-27.

Ellen, G. and S.J. Mark. 1999. The different roles of satisfaction, trust, and commitment in customer relationships. **Journal of Marketing**. 63: 70-87.

Grigorios, Z. and R.A. Alistair. 2004. Relationships marketing and small business: an exploration of links in theory and practice. **International Journal Qualitative Market Research**. 7(3): 228-236.

Jarvelin, A. and U. Lentinen. 1996. Relationship quality in business-to-business service context. **Quis 5 Academy of marketing science**. 22 (1): 52-61.

Morgan, R. and H. Shelby. 1994. “The Commitment-trust theory of Relationship Marketing. **Journal of Marketing**. 3(July): 20-38.

Parasuraman, A., A.Z. Valerie and L.B. Leonard. 1988. SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service. **Journal of Retailing**. 64 (Spring): 12-40.

Price, L., I.A. Eric and T. Patrick. 1995. Going to extremes: managing service encounters and assessing provider performance. **Journal of Marketing.** 59 (April): 83-97.

Randi, P. 2003. Relationship marketing can mitigate product and service failures. **Journal of Services Marketing**. 17(1): 37-52.

Thamrongsinthaworn, S. 2008. Consumer investment in multi-brand service Relationship. **Journal of Business Administration**. 117(1): 32-55.

Udorn, P. 1999. Consumer commitment: conceptual franework and Results from a preliminary study. **วารสารบริหารธุรกิจ.** 22: 83.

ผลของการลงทุนของร้านค้าปลีกขนาดกลางและขนาดย่อมในชุมชน ต่อความสัมพันธ์ที่ยั่งยืนระหว่างร้านค้าปลีกและผู้บริโภคในจังหวัดชลบุรี

The Investment Effect of the Community's SMEs Retail Stores towards the Sustainable Relationships between the Retail Stores and the Consumers in Chonburi Province

ณัฐิณี แซ่โง้ว และสมบัติ ธำรงสินถาวร

คณะการจัดการและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

Faculty of Management of Tourism, Burapha University, Chonburi, Thailand 20131

Corresponding author: mamyn_28_wow2@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคจำนวน 400 คน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (correlation coefficient) การวิเคราะห์สมการถดถอยชนิดหลายตัวแปร (multiple regression analysis) ผลการวิจัย พบว่า ตัวแปรอิสระ 3 ตัว คือ ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อร้านค้าปลีก การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังชุมชน การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของตัวผู้บริโภคมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม คือ ความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างร้านค้าปลีกกับผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ ตัวแปรอิสระที่เหลืออีก 2 ตัว คือ การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังผู้บริโภค และคุณภาพของทางเลือกอื่นไม่ได้ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ความสัมพันธ์ที่ยั่งยืน การลงทุนธุรกิจร้านค้าปลีก ร้านค้าปลีกขนาดกลางและขนาดย่อม ผู้บริโภค ชลบุรี

Abstract

The sample was consisted of 400 people. The questionnaire was the instrument to collect data. The statistical analyses used were correlation coefficient, multiple regression analysis.

The results shows that independent variables; satisfaction of consumers on retailing shop, perception of consumers on investment of retailing shop toward community and perception of consumers on own investment, influenced to the dependent variable, the strength of relationship significantly. While the other two variables, the perception of consumers on investment of retailing shop toward consumers and quality of alternatives did not influence to the dependent variable significantly.

Keywords: reciprocity, grocery store's investment, grocery stores small and medium enterprise, consumer, Chon Buri

คำนำ

ธุรกิจร้านค้าปลีกแบบ SMEs ของประเทศไทยในปัจจุบันได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงของสังคมที่เป็นโลกาภิวัตน์มากขึ้นในปัจจุบัน ดังเห็นได้จากการรุกเข้ามาในตลาดค้าปลีกของบริษัทยักษ์ใหญ่ข้ามชาติ เช่น เซเว่นอีเลฟ-เว่น จำกัด บริษัท เทสโก้ โลตัส จำกัด บริษัท บิ๊กซี ซุปเปอร์มาเก็ต จำกัด บริษัทคาร์ฟูร์ (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งส่งผลให้ร้านค้าปลีกของไทยจำนวนมากที่ไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพสังคมโลกาภิวัตน์ดังกล่าวได้ จึงต้องปิดตัวจากธุรกิจค้าปลีกตลอดไป (สุเมต, 2546)

ผู้วิจัยจึงขอเสนอตัวแปรความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ (strength of relationship) ในการอธิบายความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริโภคและผู้ประกอบการร้านค้าปลีก ซึ่งตัวแปรความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ (strength of relationship) เหมาะสมเพราะว่า ตัวแปรความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์สามารถอธิบายความสัมพันธ์โดยรวมระหว่างผู้บริโภค และผู้ประกอบการร้านค้าปลีกได้ดี นั่นคือความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริโภค และผู้ประกอบการไม่ได้เป็นไปในเชิงผูกมัด แต่เป็นไปในเชิงแข็งแกร่ง และครอบคลุมหลายๆ ความรู้สึกถึงความไว้วางใจ ความพึงพอใจ และอื่น (Thamrongsinthaworn, 2007)

จากการศึกษาตัวแปรของการรับรู้ของผู้บริโภคต่อการให้และรับของผู้ประกอบการ พบว่า มีงานวิจัยบางส่วนศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อการให้และรับของบริษัทต่อสังคมกับความตั้งใจซื้อสินค้าในร้านค้าปลีกในชุมชน โดยศึกษาตัวแปรที่มุ่งเน้นถึงการวัดระดับของแรงจูงใจของผู้บริโภคและพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคประจำ ซึ่งมีผลต่อการวัดความพึงพอใจของผู้บริโภค จากการแลกเปลี่ยนผลประโยชน์ซึ่งกันและกัน สิ่งเหล่านี้ คาดว่าจะสามารถอธิบายพฤติกรรมการซื้อขายภายในชุมชนของผู้บริโภค (Miller and Kean, 1997) ซึ่งการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์แบบให้และรับกันที่ดีในชุมชนนั้น มีความสำคัญมากนั้น คือ ไม่ว่าจะเป็นความสัมพันธ์แบบให้และรับที่ดี ระหว่างร้านค้าปลีกกับชุมชน หรือร้านค้าปลีกกับผู้บริโภค หรือผู้บริโภคกับชุมชน จะส่งผลถึงความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่ง ระหว่างผู้บริโภคกับร้านค้าปลีก

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ของผู้บริโภคในการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังชุมชนในการสร้างความสัมพันธ์ระยะยาวที่แข็งแกร่งระหว่างผู้บริโภคและร้านค้าปลีกในชุมชนโดยใช้ทฤษฎีโมเดลของการลงทุน (investment model theory) (Rusbult, 1983) เป็นกรอบแนวคิดในการอธิบายความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริโภคและผู้ประกอบการร้านค้าปลีกนี้ ซึ่งมีการศึกษาในแง่มุมนี้มีอยู่ไม่มากนัก

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาตัวแปรที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริโภค และร้านค้าปลีกขนาดกลางและขนาดย่อม ในชุมชนจังหวัดชลบุรี และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรการรับรู้ของผู้บริโภคในการลงทุนของร้านค้าปลีกต่อชุมชนที่ส่งผลความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างผู้บริโภคและร้านค้าปลีกในระยะยาว

สมมติฐานการวิจัย

H_1 : ยิ่งความไว้วางใจของผู้บริโภคที่มีต่อร้านค้าปลีกมากขึ้น ยิ่งทำให้ความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างผู้บริโภคและร้านค้าปลีกสูงขึ้น

H_2 : ยิ่งความพึงพอใจของผู้บริโภคดีต่อร้านค้าปลีกมากขึ้น ยิ่งทำให้ความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างผู้บริโภคและร้านค้าปลีกสูงขึ้น

H_3 : ยิ่งการรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกที่มีต่อชุมชนมากขึ้น ยิ่งทำให้ความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างผู้บริโภคและร้านค้าปลีกสูงขึ้น

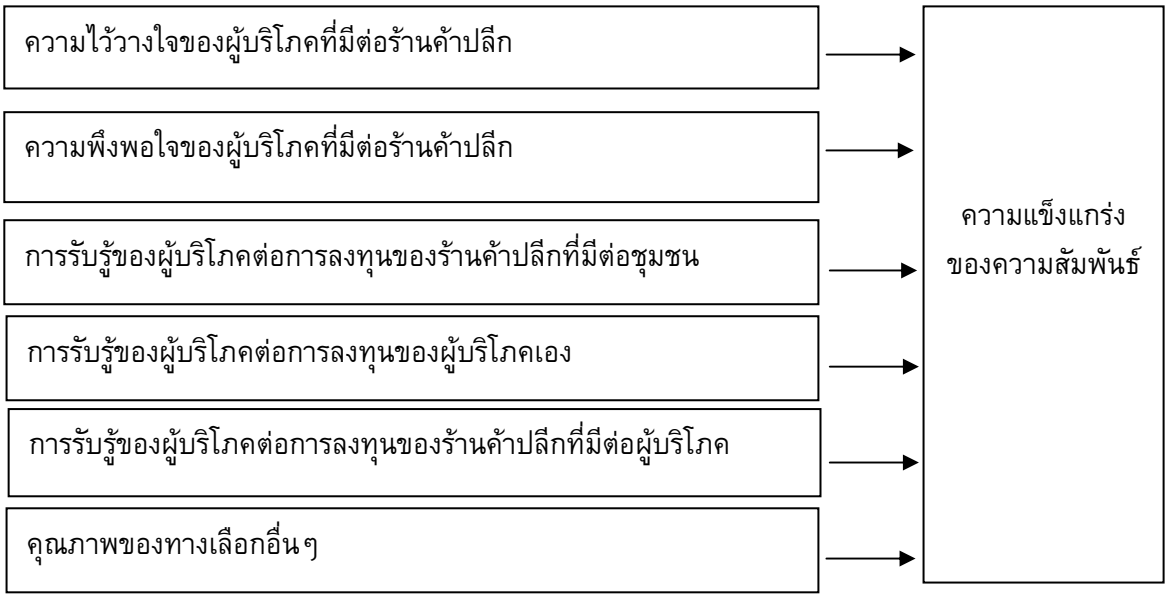
H_4 : ยิ่งการรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของตัวผู้บริโภคเองมากขึ้น ยิ่งส่งผลให้ความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างร้านค้าปลีกและผู้บริโภคสูงขึ้น

H_5 : ยิ่งการรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกที่มีต่อผู้บริโภคมากขึ้น ยิ่งทำให้ความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างผู้บริโภคและร้านค้าปลีกสูงขึ้น

H_6 : คุณภาพของทางเลือกอื่น ส่งผลในเชิงลบต่อความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างร้านค้าปลีกกับผู้บริโภค

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ทฤษฎีการลงทุนระยะยาวของ Rusbult (1983) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของผู้ประกอบการและผู้บริโภคในชุมชนต่างจังหวัด ดังกล่าวข้างต้นทางผู้วิจัยจึงขอเสนอกรอบแนวคิด เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าว



นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1. ความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ หมายถึง ร้านค้าปลีกสร้างความสัมพันธ์หรือมูลค่ากับผู้บริโภคในทางที่ดี ส่งผลให้มีการผูกมัดและพึงพอใจมากขึ้นสำหรับการให้บริการระหว่างผู้บริโภคกับร้านค้าปลีก (Bove and Johnson, 2000)

2. ความไว้วางใจ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างผู้บริโภคกับร้านค้าปลีกที่มีความรู้ความสามารถในการทำธุรกิจต่อกัน (Moornam *et al*., 1992)

3. คุณภาพของทางเลือกอื่น (quality of alternation) คือ ทางเลือกของผู้บริโภคที่ดีที่สุด และมีคุณภาพมากที่สุดสำหรับผู้บริโภค (Rusbult, 1983)

4. ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อร้านค้าปลีก คือ ความพอใจของร้านค้าปลีก และผู้บริโภคที่จะซื้อสินค้าของผู้บริโภคต่อร้านค้าปลีก (Anderson and Narus, 1984)

5. การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกที่มีต่อชุมชน คือ ผู้บริโภครับรู้ถึงการลงทุนของร้านค้าปลีกซึ่งการลงทุนนั้นไม่อยู่ในรูปของตัวเงิน แต่จะมุ่งไปที่สิ่งตอบแทนจากความสัมพันธ์ คุณค่าของความสัมพันธ์ และประโยชน์ต่อร้านค้าปลีก (Rusbult, 1983)

6. การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของผู้บริโภคเอง คือ ผู้บริโภครับรู้ถึงการลงทุนของตัวเองซึ่งมุ่งเน้นไปยังการสร้างความสัมพันธ์ของผู้บริโภค (Rusbult, 1983) เช่น ผู้บริโภคช่วยเหลือร้านค้าปลีกในด้านต่างๆ อาจจะเป็นในรูปของตัวเงิน หรือทรัพย์สิน

7. การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกที่มีต่อผู้บริโภค คือ ผู้บริโภครับรู้ถึงการลงทุนของร้านค้าปลีกซึ่งการลงทุนนั้นไม่อยู่ในรูปของตัวเงิน แต่จะมุ่งไปที่สิ่งตอบแทนจากความสัมพันธ์ คุณค่าของความสัมพันธ์ และประโยชน์ต่อร้านค้าปลีก (Rusbult, 1983)

ทฤษฎีการลงทุนระยะยาว

การศึกษาความสัมพันธ์ระยะยาวของ Rusbult (1983) ซึ่งจะศึกษาตัวแปรอิสระหลักๆ 3 ตัว คือ ความพึงพอใจ คุณภาพของทางอื่นๆ และการลงทุน จากการศึกษาผู้วิจัยได้เสนอทฤษฎีการลงทุนระยะยาว ซึ่งจะเห็นได้ว่าทฤษฎีนี้มีความสอดคล้องกับกรอบแนวความคิดของผู้วิจัยที่ได้นำเสนอไปแล้วนั้น ทฤษฎีการลงทุนระยะยาวจะกล่าวถึงตัวแปรหลักๆ อยู่สามตัวแปรคือ ความพึงพอใจ คุณภาพของทางเลือกอื่นๆ การลงทุน ทางผู้วิจัยได้นำตัวแปรมาใช้ในการสร้างกรอบแนวคิดของผู้วิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาสำหรับการวิจัยเชิงสำรวจแล้วนี้ ทางผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบ non-probability โดยใช้วิธี convenience sampling โดยจะสุ่มตัวอย่างจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน สถานที่เก็บตัวอย่าง คือ อำเภอเมือง อำเภอบ้านบึง และอำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 1 ค่าความน่าเชื่อถือ

ความคิดเห็นต่อการให้บริการของร้านค้าปลีก	α
1. ความไว้วางใจของผู้บริโภคที่มีต่อร้านค้าปลีก	.931
2. ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อร้านค้าปลีก	.885
3. การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังชุมชน	.818
4. การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของผู้บริโภค	.822
5. การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังผู้บริโภค	.530
6. คุณภาพของทางเลือกอื่น	.625
7. ความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์	.889

ผลการวิจัย

ผลของสมการถดถอยเชิงพหุ ในการศึกษาผลของการลงทุนของร้านค้าปลีกขนาดกลาง และขนาดย่อม ต่อความสัมพันธ์ที่ยั่งยืน ระหว่างผู้บริโภคและ ร้านค้าปลีกในจังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 2 ผลของสมการถดถอยเชิงพหุ

ตัวแปร	β	t	Sig.	Collinearity Statistics	
				Tolerance	VIF
ค่าคงที่ (a)	0.569	3.102	0.002*		
X2	0.554	12.333	0.000*	0.341	2.935
X3	0.188	4.013	0.000*	0.315	3.174
X4	0.219	4.593	0.000*	0.302	3.315
X5	-0.043	-1.193	0.233	0.540	1.851
X6	-0.001	-0.31	0.975	0.748	1.337
R = 0.854		R^2= 0.729		Adjusted R^2= 0.726	

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

X2 = ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อร้านค้าปลีก

X3 = การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังชุมชน

X4 = การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของตัวผู้บริโภคเอง

X5 = การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังผู้บริโภค

X6 = คุณภาพของทางเลือกอื่น

จากการศึกษาผลของการลงทุนของร้านค้าปลีกขนาดกลาง และขนาดย่อมในชุมชนต่อความสัมพันธ์ที่ยั่งยืน ระหว่างผู้บริโภคและร้านค้าปลีกในเขตจังหวัดชลบุรีนั้น การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient analysis: B) เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระทีละตัว ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ได้ค่าคงที่ 0.569 พบว่า ตัวแปรตาม คือความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ (Y) มีตัวแปรอิสระ คือ ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อร้านค้าปลีก การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังชุมชน การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของผู้บริโภค การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังผู้บริโภค คุณภาพของทางเลือกอื่น ซึ่งทำให้ค่า collinearity statistics VIF มีค่าไม่เกิน 5.000 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันในระดับปกติ ก็จะไม่ก่อให้เกิดปัญหา multicolinearity

ผลลัพธ์แสดงให้เห็นได้ว่ามีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร ที่สามารถอธิบายตัวแปรตามได้ ซึ่งก็คือ ตัวแปรความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อร้านค้าปลีก การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังชุมชน การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของผู้บริโภค ที่สามารถอธิบายตัวแปรตาม ซึ่งคือ ความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ของผู้บริโภค นั้นคือ อิทธิพลของความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อร้านค้าปลีก การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังชุมชน การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของผู้บริโภคต่อตัวแปรความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ของผู้บริโภค มีค่านัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 และตัวแปรอิสระ คือ คุณภาพของทางเลือกอื่นนั้น จะเห็นได้ว่ามีค่านัยสำคัญ 0.97 ซึ่งมีค่ามากกว่านัยสำคัญที่กำหนดไว้ แต่ก็เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่ตัวแปรอิสระ คือ การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังผู้บริโภค มีค่านัยสำคัญ 0.23 ซึ่งมีค่ามากกว่านัยสำคัญที่กำหนดไว้

ดังนั้นสามารถทดสอบสมมติฐานได้ว่า ผลการวิจัยสนับสนุนสมมติฐานที่ H_2, H_3, H_4 และไม่สนับสนุนสมมติฐานที่ H_5, H_6 สำหรับสมมติฐาน H_1 ไม่สามารถทดสอบได้

วิจารณ์ผลการวิจัยและสรุป

ผลการศึกษาผู้วิจัย พบว่า ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อร้านค้าปลีก การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังชุมชน และการรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของตัวผู้บริโภคเอง ส่งผลต่อการสร้างความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่ง ระหว่างผู้บริโภคกับร้านค้าปลีกอย่างมีนัยสำคัญ

ส่วนการรับรู้ของผู้บริโภคต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังผู้บริโภค ไม่มีผลกระทบต่อ ความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากงานวิจัยมุ่งสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างทั้งที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีความผูกพันกันสูง กับร้านค้าปลีก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ เป็นกลุ่มคนในพื้นที่เดียวกับร้านค้าปลีก และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ค่อยจะผูกพันกับร้านค้าปลีก และคุณภาพของทางเลือกอื่น ไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางผู้วิจัยสามารถอธิบายถึงสาเหตุได้ดังนี้ คือคำถามที่ใช้ในแบบสอบถามนั้น อาจจะเป็นการวางลักษณะของคำถามที่สร้างความคลุมเครือให้กับกลุ่มตัวอย่างในการตอบแบบสอบถาม

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำผลการศึกษาที่ได้รับมาพัฒนาร้านค้าปลีกให้เป็นที่ยอมรับ มีคุณภาพ สร้างความพึงพอใจต่อผู้บริโภค และการรับรู้ของผู้บริโภคต่อร้านค้าปลีกและชุมชนด้วย เพื่อให้เกิดการรับรู้จากผู้บริโภคว่า ร้านค้าปลีกทำอะไรให้กับผู้บริโภค ร้านค้าปลีก และชุมชน ซึ่งหากผู้บริโภค ร้านค้าปลีก และชุมชนเกิดการรับรู้ ก็จะส่งผลให้เกิดความสัมพันธ์ที่ยั่งยืนระหว่างผู้บริโภค ร้านค้าปลีก และชุมชน โดยจะส่งผลดีกับทั้งสามฝ่ายเช่นกัน ดังนั้นผู้วิจัยขอเสนอข้อเสนอแนะบางประการจากผลการวิจัยในครั้งนี้ ดังนี้

ควรใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มของผู้บริโภคที่มีความผูกพันสูง ต่อร้านค้าปลีก หรือกลุ่ม ผู้บริโภคในพื้นที่เดียวกันกับร้านค้าปลีก ระหว่างการรับรู้ของผู้บริโภค ต่อการลงทุนของร้านค้าปลีกไปยังผู้บริโภค ร้านค้าปลีกต้องสร้างความ สัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริโภค และร้านค้าปลีก เพื่อให้เกิดความสัมพันธ์ที่ยั่งยืนระหว่างผู้บริโภค กับร้านค้าปลีกในการดำเนินธุรกิจอย่างดีที่สุด แต่สำหรับธุรกิจร้านค้าปลีกนั้นปัจจุบันนี้จะเห็นได้ว่า มีคู่แข่งขันทั้งทางตรงและทางอ้อมมากมาย ดังนั้นควรสร้างความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งให้เกิดขึ้น เพื่อธุรกิจของตนเอง ผู้บริโภคมีความพึงพอใจกับร้านค้าปลีกมาก ผู้บริโภคเกิดการรับรู้เกี่ยวกับการให้ และรับ ของร้านค้าปลีกที่มีต่อชุมชนมากขึ้น ยิ่งทำให้เกิดความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริโภคกับร้านค้าปลีก ก็จะยิ่งทำให้เกิดความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งระหว่างผู้บริโภคกับร้านค้าปลีกในระยะยาว

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรขยายผลการวิจัยเพื่อไปใช้ในจังหวัดอื่นๆ ของประเทศ และขยายผลการวิจัยในธุรกิจอื่นๆ ซึ่งมีปัญหาเรื่องการรับรู้ที่แตกต่างกัน และรูปแบบการดำเนินชีวิตที่แตกต่างกัน ทำให้ผลการวิจัยมีความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งทำการศึกษาเชิงลึกกับผู้บริโภค โดยการให้ความรู้เกี่ยวกับการรับรู้ของผู้บริโภคในด้านต่างๆ กับผู้บริโภคระยะหนึ่งก่อน แล้วจึงค่อยเก็บแบบสอบถามเชิงลึก เช่นการสัมภาษณ์ เป็นต้น

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ทางด้านการศึกษา: นำเสนอตัวแปรที่เหมาะสม ที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งระหว่างผู้ประกอบการร้านค้าปลีกขนาดกลางและขนาดย่อม ผู้บริโภค และปัจจัยด้านการรับรู้ของผู้บริโภคต่อการให้และรับของร้านค้าปลีกที่มีต่อชุมชนในการสร้างความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างร้านค้าปลีกและผู้บริโภค รวมถึงการนำทฤษฎีการลงทุนระยะยาว (investment model) มาใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งระหว่างผู้ประกอบการและผู้บริโภคในธุรกิจร้านค้าปลีกขนาดกลางและขนาดย่อม

ทางด้านธุรกิจ: สร้างความรู้และความเข้าใจแก่ผู้ประกอบการร้านค้าปลีก ในการสร้างความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งของร้านค้าปลีกที่ให้บริการและผู้บริโภค และปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ ซึ่งจะนำความสำเร็จมาสู่ผู้ประกอบการ สำหรับธุรกิจประเภทร้านค้าปลีก รวมถึงผู้ประกอบการร้านค้าปลีกควรจะจัดการทรัพยากรของร้านค้าปลีกเพื่อลงทุนไปในกิจกรรมต่างๆ ในชุมชน และกิจกรรมทางการตลาด เพื่อให้เกิดการรับรู้ของผู้บริโภคต่อการให้และรับของร้านค้าปลีก

เอกสารอ้างอิง

สุเมต ไกรพิทักษ์กุล. 2546. **ผลกระทบจากการขยายตัวของดิสเคานท์สโตร์ที่มีต่อร้านค้าปลีกแบบดั้งเดิม: กรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี.**

Anderson and J.A. Narus. 1984. A Model of the Distributor's Perspective of Distributor Manufacturer Working Relationship. **Journal of Marketing.** 48(fall): 62-74.

Bove, L.L., L.W. Johnson. 2000. A Customer-service Worker Relationship Model. **International Journal Of Service Industry Management**. 11(5): 491-511.

Moorman, C., R. Deshpande and G. Zaltman. 1993. Factors Affecting Trust in Market Research Relationship. **Journal of Marketing.** 57(January): 81-101.

Nancy J. M. and R.C. Kean. 1997. **Factors Contributing to Inshopping Bebavior in Rural Trade Areas: Implications for Local Relaiers.**

Rusbult, C.E. 1983. A Longitudinal Test of the Investment Model: The Development (and Deterioration) of Satisfaction and Commitment in Heterosexual in Heterosexual Involvements. **Journal of Personality and Social Psychology.** 45 (1): 101-117.

Thamrongsinthaworn, S. 2008. Consumer Investment in Multi-Brond Relationship. **Journal of Business Administration.** 31(117): 40-55.

ผลของความรู้ของผู้บริโภคและการเป็นที่ยอมรับในสังคมของธุรกิจต่อความไว้วางใจผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมธุรกิจผักไฮโดรโปนิกส์ในเขตกรุงเทพมหานคร

The Effect of Consumer's Knowledge and Firm's Public Acceptance to Trust in SMEs Hydroponics Vegetable Industry in Bangkok

จรัสพงษ์ สินศิริพงษ์[1*] และสมบัติ ธำรงสินถาวร[2]

Jaraspong Sinsiripong[1*] and Sombat Thamrongsinthaworn [2]

คณะการจัดการและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

Facualty of Management and Tourism, Burapha University, Chonburi, Thailand 20131

Corresponding author: johnkub@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะความไว้วางใจระหว่างผู้บริโภคและผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมในธุรกิจผักไฮโดรโปนิกส์ ผลกระทบของความรู้ของผู้บริโภค การเป็นที่ยอมรับในสังคมของธุรกิจและปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อความไว้วางใจผู้ประกอบการผักไฮโดรโปนิกส์ และเพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อความไว้วางใจ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้บริโภคผักไฮโดรโปนิกส์ จำนวน 402 ตัวอย่าง โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ส่วนสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวนทางเดียว และความสัมพันธ์โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์ในการวิเคราะห์สมการถดถอย

สำหรับผลการวิจัย พบว่า ตัวแปรอิสระ 3 ตัว คือ ความรู้เกี่ยวกับบริษัทผู้ผลิต ความพึงพอใจโดยรวมของผู้บริโภคและการเป็นที่ยอมรับในสังคมของธุรกิจ ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตาม คือ ความไว้วางใจในผู้ประกอบธุรกิจอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ตัวแปรอิสระที่เหลืออีก 3 ตัว คือ ความรู้เกี่ยวกับสินค้าผักไฮโดรโปนิกส์ ความรู้เกี่ยวกับการบริหารการจัดการของบริษัท การรับรู้ของผู้บริโภคต่อพฤติกรรมการเอารัดเอาเปรียบผู้บริโภคของผู้ประกอบการไม่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ความรู้ของผู้บริโภค ผักไฮโดรโปนิกส์ การเป็นที่ยอมรับในสังคมของธุรกิจ ความไว้วางใจต่อผู้ประกอบการธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

Abstract

The purpose of this research is studying the trust between consumers and small and medium business firm in hydroponics vegetable business, and the effect of consumer's knowledge and public acceptance on trust, and the effect of other independent variables to trust. Samples of this study is 402, which is collected by questionnaire. Statistics for analyzing are percentage, mean, standard divistion, variance, correlation and multiple regression at 0.05 significance level. Moreover, computer program was applied for data analyzsis.

For research findings, we find that consumer's knowledge of organizational identity, consumer overall of Satisfaction and the firm's public acceptance have the significant to trust while the other 3 factors, which are consumer's knowledge of product, consumer's knowledge of Management and the consumer perception in firm's opportunistic behavior have the insignificant effect on trust.

Keywords: consumer's knowledge, firm's public acceptance, trust, hydroponics vegetable, small and medium business

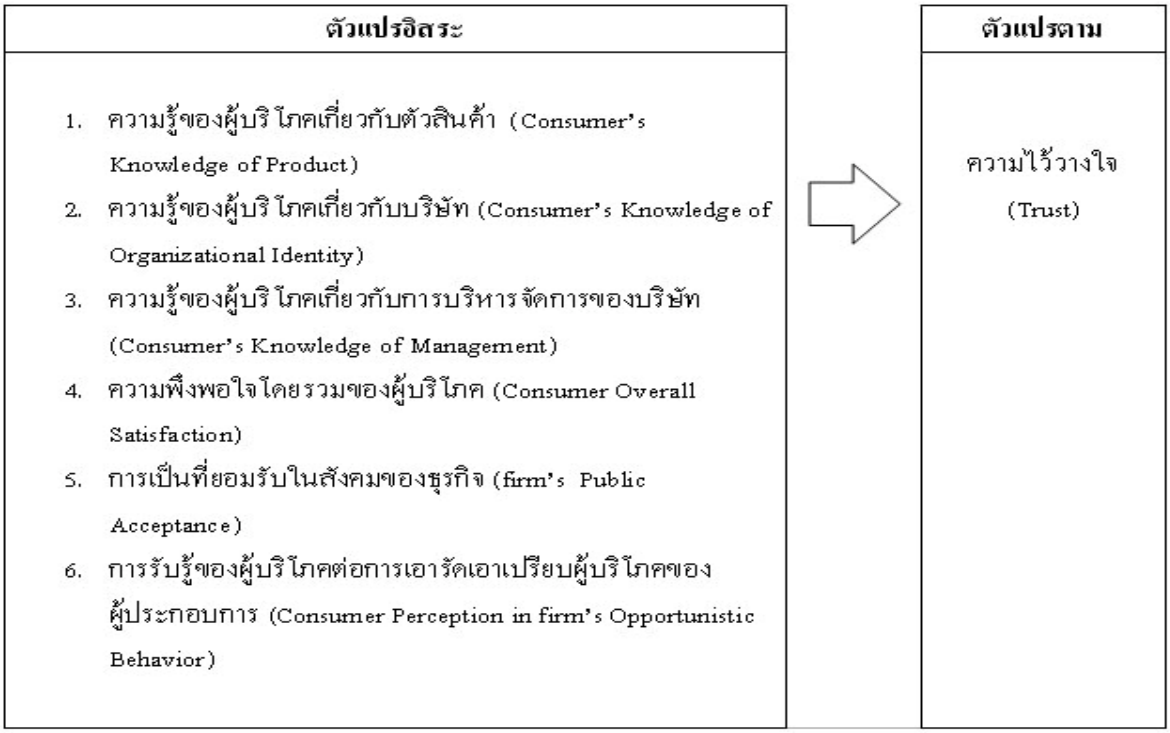
คำนำ

ผักไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ทางหนึ่งของผู้บริโภคที่กำลังได้รับความนิยมของผู้บริโภคที่รักสุขภาพและความปลอดภัย โดยปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ผักจากการปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์วางจำหน่ายในเขตกรุงเทพมหานครที่เป็นตลาดผู้บริโภคผักไฮโดรโปนิกส์ที่ใหญ่ที่สุดในประเทศ ประมาณ 10,000-20,000 กก. ต่อวัน จากปริมาณรวมทั่วประเทศประมาณ 30,000 กิโลกรัมต่อวัน แม้ว่าสินค้าผักไฮโดรโปนิกส์จะเป็นสินค้าที่ให้ผลตอบแทนดีและเป็นที่ต้องการของตลาดมากก็ตาม แต่กลับไม่ทำให้ตัวผู้ประกอบการประสบความสำเร็จเท่าที่ควรโดยเฉพาะผู้ประกอบการรายย่อย หรือผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม ซึ่งพบว่า นอกจากเป็นเพราะต้นทุนในการผลิตที่ค่อนข้างสูงแล้ว ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังขาดการได้รับการประชาสัมพันธ์ที่ดีพอ และยังขาดความมั่นใจหรือไว้วางใจในผู้ประกอบการ รวมถึงคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

การสร้างความน่าเชื่อถือและความไว้วางใจระหว่าง บริษัทผู้ประกอบการและผู้บริโภคจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ผู้บริโภค มั่นใจที่จะซื้อสินค้าและบริการมากขึ้น จากการศึกษาการสร้างความไว้วางใจระหว่างผู้บริโภคกับผู้ประกอบการ ตามทฤษฎี การตลาดสัมพันธภาพ (relationship marketing) พบว่า มีหลายตัวแปรที่สามารถส่งผลต่อความไว้วางใจ เช่น คุณค่าร่วม การสื่อสาร และการเอารัดเอาเปรียบ (Morgan and Hunt, 1994) ความพึงพอใจ (Garbarino and Johnson, 1999) ยิ่งกว่านั้นยังพบว่า การยอมรับในสังคมของธุรกิจ และความรู้ของผู้บริโภคนั้นเป็นตัวแปร อีก 2 ตัว ที่ช่วยสร้างความสัมพันธ์ระยะยาวที่ดีระหว่างผู้บริโภค และธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (Shepherd and Zacharakis, 2003) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของความรู้ของผู้บริโภคและการยอมรับในสังคมของธุรกิจ ต่อความไว้วางใจผู้ประกอบการขนาดกลางกลางและขนาดย่อมธุรกิจผักไฮโดรโปนิกส์ โดยมีข้อสมมุติฐาน 6 ประการดังนี้

1: ยิ่งผู้บริโภคมีความรู้เกี่ยวกับตัวสินค้าผักไฮโดรนิกส์มากขึ้น ยิ่งทำให้ความไว้วางใจสูงขึ้น
2: ยิ่งผู้บริโภคมีความรู้เกี่ยวกับตัวบริษัทมากขึ้น ยิ่งทำให้ความไว้วางใจสูงขึ้น
3: ยิ่งผู้บริโภคมีความรู้เกี่ยวกับการจัดการบริหารของบริษัทมากขึ้น ยิ่งทำให้ความไว้วางใจสูงขึ้น
4: ยิ่งผู้บริโภคมีความพึงพอใจโดยรวมมากขึ้น ยิ่งทำให้ความไว้วางใจสูงขึ้น
5: ยิ่งธุรกิจได้รับการยอมรับจากสังคมมากขึ้น ยิ่งทำให้ความไว้วางใจสูงขึ้น
6: ยิ่งผู้ประกอบการมีพฤติกรรมการเอารัดเอาเปรียบมากขึ้น ยิ่งทำให้ความไว้วางใจลดลง

ส่วนกรอบแนวความคิดในการศึกษาได้แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) โดยกลุ่มตัวอย่างที่สนใจ คือ ผู้บริโภคผักไฮโดรโปนิกส์ในเขตกรุงเทพมหานคร การเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนนี้ดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามนำไปสัมภาษณ์ผู้บริโภคผักไฮโดรโปนิกส์ โดยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบ multi-stage sampling และ convenience sampling การทดสอบเครื่องมือใช้ค่าความน่าเชื่อถือ (reliability) และค่าความเที่ยงตรง (validity) ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติเชิงปริมาณในการวิเคราะห์ ค่าสหสัมพันธ์ (correlation analysis) และการวิเคราะห์สมการถดถอยชนิดหลายตัวแปร (multiple regression analysis)

เครื่องมือวัด

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ใช้แบบสอบถาม ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรความรู้ของผู้บริโภคและการเป็นที่ยอมรับในสังคมของธุรกิจรวมถึงตัวแปรอื่นๆ ที่ส่งผลกระทบต่อความไว้วางใจ

1. ความรู้เกี่ยวกับสินค้าผักไฮโดรโปนิกส์

1. ท่านคิดว่าผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่มีวิตามินและเกลือแร่ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

2. ท่านคิดว่าผักไฮโดรโปนิกส์ของผู้ผลิตที่ท่านทานอยู่มีความสดสะอาดกว่าผักที่ปลูกในดินแบบปกติทั่วไป

3. ท่านทราบว่าราคาของผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่นั้นมีราคาสูงกว่าผักที่ปลูกในดินทั่วไป

4. ท่านคิดว่าผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่มีความปลอดภัยเนื่องจากเป็นผักที่ปลอดสารพิษและยาฆ่าแมลง

5. ท่านคิดว่าผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่นั้นมีรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่บอกไว้ติดอยู่อย่างชัดเจน

2. ความรู้เกี่ยวกับบริษัทผู้ผลิต

1. ท่านคิดว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่นั้นเป็นบริษัทที่ผลิตสินค้าที่มีคุณภาพ

2. ท่านรู้ว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่นั้นเป็นบริษัทที่ได้รับตรารับรองคุณภาพจากกรมวิชาเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

3. ท่านรู้ว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่นั้นเป็นบริษัทที่มีชื่อเสียงและมีความรู้ความสามารถในเรื่องของผักไฮโดรโปนิกส์เป็นอย่างดี

4. ท่านมีความรู้เกี่ยวกับบริษัทที่ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

3. ความรู้เกี่ยวกับการบริหารการจัดการของบริษัท

1. ท่านรู้ว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่นั้นมีกระบวนการในการผลิตที่ถูกต้องได้มาตรฐาน

2. ท่านรู้ว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่มีกระบวนการการสุ่มตรวจวัดคุณภาพของสินค้าก่อนจัดจำหน่ายเสมอ

3. ท่านรู้ว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่มีกระบวนการเก็บรักษาความสะอาดและเก็บความสดใหม่ของสินค้าก่อนถึงมือผู้บริโภคเสมอ

4. ท่านรู้ว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่มีการจัดวางจำหน่ายโดยแยกออกจากผักธรรมดาทั่วไปอย่างชัดเจน

4. ความพึงพอใจโดยรวม

1. ท่านมีความพึงพอใจต่อผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่เป็นประจำ

2. ท่านรู้สึกดีต่อผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่มากกว่ารายอื่นๆ

3. ท่านไม่รู้สึกผิดหวังกับผลิตภัณฑ์ผักไฮโดรโปนิกส์จากผู้ผลิตที่ท่านทานอยู่

5. การเป็นที่ยอมรับในสังคมของธุรกิจ

1. ท่านคิดว่าผักไฮโดรโปนิกส์ของผู้ผลิตที่ท่านทานอยู่นั้นคนทั่วไปรับรู้ว่ามีคุณภาพเหมาะสมเชื่อถือได้

2. ท่านคิดว่าผักไฮโดรโปนิกส์ของผู้ผลิตที่ท่านทานอยู่นั้นเป็นที่ได้รับการยอมรับกันโดยทั่วไปว่ามีคุณภาพ

3. ท่านคิดว่าผักไฮโดรโปนิกส์ของผู้ผลิตที่ท่านทานอยู่นั้นมีชื่อเสียงว่าผลิตผักได้สด สะอาดและมีคุณภาพ

4. ท่านคิดว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่นั้นใช้วิธีการปลูกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

6. การรับรู้ของผู้บริโภคต่อพฤติกรรมการเอารัดเอาเปรียบผู้บริโภคของผู้ประกอบการ

1. ท่านคิดว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่มีการนำผักทั่วไปมากล่าวอ้างว่าเป็นผักไฮโดรโปนิกส์และจำหน่ายให้ผู้บริโภค (R)

2. ท่านคิดว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่แอบมีการนำผักไฮโดรโปนิกส์เก่าที่หมดอายุมาจำหน่ายให้กับผู้บริโภค (R)

3. ท่านคิดว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่นั้นตั้งราคาขายสูงกว่าราคากลางที่มีจำหน่ายทั่วไปมาก (R)

4. ท่านคิดว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่มีการปลอมปนผักไฮโดรโปนิกส์จริงๆ ผสมกับผักทั่วไปมาจำหน่ายให้ผู้บริโภค (R)

5. ท่านคิดว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่ มีการอวดอ้างสรรพคุณในการรักษาโรคของผักไฮโดรโปนิกส์เกินความเป็นจริง (R)

7. ความไว้วางใจ

1. ท่านมั่นใจว่าจะได้รับสินค้าผักไฮโดรโปนิกส์ที่สดสะอาดและมีคุณภาพจากผู้ผลิตรายนี้

2. ท่านมั่นใจว่าจะได้รับการประกันคุณภาพของสินค้าผักไฮโดรโปนิกส์จากผู้ผลิตรายนี้

3. ท่านคิดว่าข้อมูลหรือรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวกับผักไฮโดรโปนิกส์ของผู้ผลิตรายนี้มีความน่าเชื่อถือ

4. ท่านมั่นใจว่าผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์รายนี้จะสามารถรักษามาตรฐานคุณภาพของสินค้าผักไฮโดรโปนิกส์ไว้ตลอดไปได้

5. ผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่มีความรู้ในสินค้าที่เขาจำหน่ายเป็นอย่างดี

6. ผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ที่ท่านทานอยู่นั้นได้ปฏิบัติตามเงื่อนไขการรับประกันหรือสัญญาต่างๆ ที่เขาได้แจ้งรายละเอียดไว้

ผลการทดสอบเครื่องมือวิจัย

ผลการวิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือ (reliability) และค่าความเที่ยงตรง (validity)

ผลการวิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือ (reliability) ดัชนีความเชื่อถือได้ทั้งหมด (Cronbach's alpha) พบว่า ตัวแปรส่วนใหญ่ที่ทำการเก็บข้อมูลนั้น มีค่าสูงกว่า 0.7 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐาน (Nunally, 1959) การหาค่าความเที่ยงตรง (Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้นๆ ได้พิจารณาแบบสอบถามที่สามารถวัดได้ตรง

ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ มีเนื้อหาครอบคลุมครบถ้วนและสามารถวัดได้ถูกต้องตรงตามความเป็นจริง ผู้เชียวชาญได้นำค่ามาหาดัชนีความสอดคล้อง (index of consistency: IOC) ซึ่งค่าที่คำนวณได้มีค่าตั้งแต่ 0.50 (ฉัตรศิริ, 2541) ขึ้นไปถือว่าแบบสอบถามข้อนั้นมีความเที่ยงตรงอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ สรุปจากการวิเคราะห์จากเครื่องมือโดยส่วนใหญ่แล้วมีความเชื่อถือที่ยอมรับได้ และมีความเที่ยงตรงในระดับที่ยอมรับได้

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ผลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation)

ตัวแปร	ค่าสถิติ	ตัวแปร						
		X1	**X2**	**X3**	**X4**	**X5**	**X6**	**X7**
X1	correlation	1	-0.037	0.122*	0.188**	0.165**	-0.156*	0.119*
	sig.		0.004	0.014	0.000	0.001	0.002	0.017
X2	correlation		1	0.495**	0.050	0.121*	-0.062	0.225*
	sig.			0.000	0.314	0.015	0.212	0.000
X3	correlation			1	0.064	0.127*	-0.037	0.048
	sig.				0.202	0.011	0.465	0.335
X4	correlation				1	0.135**	-0.015	0.192*
	sig.					0.007	0.767	0.000
X5	correlation					1	-0.081	0.164*
	sig.						0.103	0.001
X6	correlation						1	-0.058
	sig.							0.244
X7	correlation							1
	sig.							

ผลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ตารางที่ 1) พบว่า ความรู้เกี่ยวกับสินค้าผักไฮโดรโปนิกส์ ความรู้เกี่ยวกับบริษัทผู้ผลิต ความรู้เกี่ยวกับการบริหารการจัดการของบริษัท ความพึงพอใจโดยรวมของผู้บริโภค การเป็นที่ยอมรับในสังคมของธุรกิจ การรับรู้ของผู้บริโภคต่อการเอารัดเอาเปรียบผู้บริโภคของผู้ประกอบการที่มีผลกระทบต่อความไว้วางใจ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์น้อยกว่า 0.80 ทุกค่า แสดงว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันในระดับปกติก็จะมีแนวโน้มที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหา multicollinearity

ตารางที่ 2 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

ตัวแปร	β	t	Sig.	Collinearity Statistics	
ค่าคงที่ (a)	2.068	7.358	0.000	Tolerance	VIF
X1	0.024	0.843	0.399	0.910	1.099
X2	0.248	4.497	0.000*	0.744	1.343
X3	-0.106	-1.924	0.055	0.748	1.337
X4	0.162	3.319	0.001*	0.952	1.050
X5	0.116	2.379	0.018*	0.945	1.058
X6	-0.028	-0.587	0.558	0.971	1.030

R^2 = 0.107, R^2 Adjusted = 0.094

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient analysis: B) เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระทีละตัว ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ได้ค่าคงที่ 2.068

ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยหลายตัวแปร พบว่า

1. โดยตัวแปรอิสระทั้งหมดมีความสัมพันธ์ทางบวกกับตัวแปรตาม คือ มีค่า R^2เท่ากับ 0.107 หมายความว่า ความรู้เกี่ยวกับสินค้าผักไฮโดรโปนิกส์ ความรู้เกี่ยวกับบริษัทผู้ผลิต ความรู้เกี่ยวกับการบริหารการจัดการของบริษัท ความพึงพอใจโดยรวมของผู้บริโภค การเป็นที่ยอมรับในสังคมของธุรกิจ การรับรู้ของผู้บริโภคต่อพฤติกรรมการเอารัดเอาเปรียบผู้บริโภคของผู้ประกอบการ สามารถใช้อธิบายได้ว่ามีผลต่อความไว้วางใจ 10.7% ส่วนอีก 89.3% เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆ ที่ไม่ได้นำมาพิจารณา

2. ค่าสถิติที่ใช้วัดความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระโดยมีค่า Tolerance และค่า VIF จากตารางที่ 2 พบว่า ค่า VIF ของทุกตัวแปรอิสระ ซึ่งมีค่าต่ำ กว่า 5 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า สมการถดถอยนี้ไม่มีปัญหาของ multicollinearity

ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

H1 :	ยิ่งผู้บริโภคมีความรู้เกี่ยวกับตัวสินค้าผักไฮโดรนิกส์มากขึ้น ยิ่งทำให้ความไว้วางใจสูงขึ้น	ไม่สนับสนุน
H2 :	ยิ่งผู้บริโภคมีความรู้เกี่ยวกับตัวบริษัทมากขึ้น ยิ่งทำให้ความไว้วางใจสูงขึ้น	สนับสนุน
H3 :	ยิ่งผู้บริโภคมีความรู้เกี่ยวกับการจัดการบริหารของบริษัทมากขึ้น ยิ่งทำให้ความไว้วางใจสูงขึ้น	ไม่สนับสนุน
H4 :	ยิ่งผู้บริโภคมีความพึงพอใจโดยรวมมากขึ้น ยิ่งทำให้ความไว้วางใจสูงขึ้น	สนับสนุน
H5 :	ยิ่งธุรกิจได้รับการยอมรับจากสังคมมากขึ้น ยิ่งทำให้ความไว้วางใจสูงขึ้น	สนับสนุน
H6 :	ยิ่งผู้ประกอบการมีพฤติกรรมการเอารัดเอาเปรียบมากขึ้น ยิ่งทำให้ความไว้วางใจลดลง	ไม่สนับสนุน

สรุปผลการวิจัย

สมมติฐานเรื่องความรู้เกี่ยวกับบริษัทผู้ผลิต ความพึงพอใจโดยรวมของผู้บริโภค และการเป็นที่ยอมรับในสังคมของธุรกิจ ถูกสนับสนุนโดยงานวิจัยนี้ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้และสมมติฐานเรื่องความรู้เกี่ยวกับสินค้าผักไฮโดรโปนิกส์ ความรู้เกี่ยวกับการบริหารการจัดการของบริษัท การรับรู้ของผู้บริโภคต่อพฤติกรรมการเอารัดเอาเปรียบผู้บริโภคของผู้ประกอบการ สมมติฐานดังกล่าวนี้ไม่สามารถถูกสนับสนุนได้โดยงานวิจัยนี้

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

นำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริโภคและผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม และเป็นการศึกษาผลของตัวแปร ความรู้ และการเป็นที่ยอมรับในสังคมของธุรกิจต่อการสร้างความไว้วางใจระหว่างผู้บริโภคและผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมในธุรกิจผักไฮโดรโปนิกส์ รวมถึงผู้ประกอบการสามารถนำผลการวิจัยไปปรับใช้เพื่อสร้างกลยุทธ์การตลาดเพื่อพัฒนาธุรกิจต่อไปได้

ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยในครั้งต่อไปควรศึกษาถึงตัวแปรตัวอื่นๆ นอกเหนือจากนี้ที่ส่งผลต่อความไว้วางใจรวมถึงขยายขอบงานวิจัยไปยังธุรกิจอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. 2549. **เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ งานมหกรรมพืชสวนโลกเฉลิมพระเกียรติราชพฤกษ์** 49.

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. 2541. **การวิเคราะห์การถดถอย**. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์: กรุงเทพฯ.

Nunnally, J.C., Jr. 1959. **Tests and Measurement**. McGraw-Hill: New York.

Garbarino, E. and M.S. Johnson. 1999. The Different Roles of Satisfaction, Trust, and Commitment in Customer Relationships. **Journal of Marketing**. Vol.63: 70-87.

Morgan R. and S. Hunt. 1994. The Commitment –Trust theory of Relationship Marketing. **Journal of Marketing**. July. 20-38.

Shepherd, D.A and A.L. Zacharakis. 2003. A new venture's cognitive legitimacy: An assessment by customers. **Journal of Small Business Management**. 41(2): 148-167.

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่

The Factors that Influence the Central Business District in Chiang Mai City

สุดารัตน์ อุทธารัตน์

Sudarat Auttarat

สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Social Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

Corresponding author: Sudaraton@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้วัตถุประสงค์เพื่อสรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพัฒนาการของย่านการค้าใจกลางเมืองที่ทำให้ย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่มีบทบาททางด้านการค้าลดลง โดยแต่ละปัจจัยจะเป็นการวิเคราะห์จากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยทำการทดสอบปัจจัยจากการสอบถาม ซึ่งใช้แบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ใช้บริการย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ ผู้ที่พักอาศัยในย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ และผู้ประกอบการในย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ เพื่อให้ได้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ในปัจจุบันและปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติม จากการวิเคราะห์ พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ในปัจจุบันมี 4 ด้าน ดังนี้ ปัจจัยด้านกายภาพ ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านสังคม และปัจจัยอื่นๆ และเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาและฟื้นฟูเพื่อคงความเป็นศูนย์กลางการค้าใจกลางเมืองของเมืองเชียงใหม่

คำสำคัญ: ปัจจัย ย่านการค้าใจกลางเมือง การพัฒนา เชียงใหม่

Abstract

The research has the main purpose of this study is the factors that influence the Chiang Mai Central Business District that make function of the business is down. The research methods are review of theories and other research. The factors test from question to use the questionnaire. The questionnaires given to three subject groups, consumers, residents, and entrepreneurs in the study area. Results of this study found that there are four factors influencing this: 1) Physical factors; 2) Economics factors; 3) Social factors; 4) Other factors and to propose development guidelines for the study area.

Keywords: factors, central business district, development, Chiang Mai

คำนำ

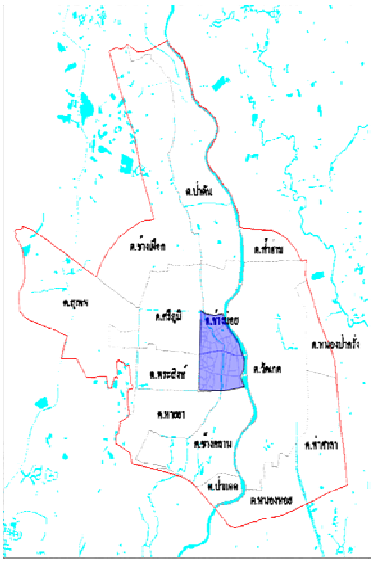
ปัจจุบันบริเวณย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ยังคงมีกิจกรรมการค้าอยู่อย่างหนาแน่น แต่มีการชะลอตัวลงของการลงทุนด้านการค้าทั้งทางราบและทางดิ่ง เพราะเริ่มมีความแออัดของอาคารพาณิชย์ประกอบกับที่ดินที่มีราคาสูง ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการลงทุน และยังประสบปัญหาที่สำคัญคือ ปัญหาการจราจร เพราะย่านการค้านี้มีเส้นทางสำคัญในการเดินทางไปยังจุดต่าง ๆ ของเมืองผ่านถนนท่าแพ ถนนริมแม่น้ำปิง เชื่อมฝั่งตะวันออกและตะวันตกของแม่น้ำปิง และโครงสร้างถนนเดิมที่คับแคบ เนื่องจากไม่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าในการรองรับปริมาณการสัญจรที่คับคั่งในย่านการค้าใจกลางเมืองในปัจจุบัน นอกจากนี้การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และการค้าการลงทุนด้านต่าง ๆ ของเมืองเชียงใหม่ก็มีการลงทุนในพื้นที่ด้านนอกของย่านการค้าใจกลางเมืองอันเนื่องมาจากราคาที่ดิน ความแออัดของพื้นที่ เส้นทางการคมนาคม ฯลฯ ทำให้การลงทุนต่าง ๆ เริ่มสนใจพื้นที่ด้านนอกของย่านการค้าใจกลางเมืองมากขึ้น ส่งผลให้ย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ลดบทบาทลง

ดังนั้นประเด็นในการวิจัยจึงเป็นการศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อย่านการค้าใจกลางเมืองในปัจจุบัน เช่น การพัฒนาของโครงข่ายคมนาคม ราคาที่ดิน ทำเลที่ตั้ง ประชากร ฯลฯ และนำไปสู่แนวทางในการพัฒนาและฟื้นฟูย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ เพื่อคงความเป็นย่านการค้าใจกลางเมืองของเมืองเชียงใหม่

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตด้านพื้นที่

ด้านพื้นที่ที่จะทำการวิจัย คือ พื้นที่ย่านการค้าใจกลางเมือง จังหวัดเชียงใหม่ขอบเขตพื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ดังต่อไปนี้ คือ พื้นที่ที่ตั้งอยู่ระหว่างแนวกำแพงเมืองเชียงใหม่กับแม่น้ำปิง ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกของคูเมืองชั้นใน ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 2 ตำบล คือ ตอนล่างของตำบลช้างม่อย และตอนบนของตำบลช้างคลาน โดยมีพื้นที่ศึกษารวมเท่ากับ 4.1 ตารางกิโลเมตร



ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) คือ เป็นข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมจากผู้ใช้บริการ ซึ่งเป็นกลุ่มประชากรเป้าหมาย เป็นการเก็บข้อมูลที่ได้จากแหล่งข้อมูลโดยตรง ดังนี้คือ

1.1 การสำรวจพื้นที่ศึกษา เป็นการสำรวจภาคสนามเพื่อศึกษาสภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา และปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ในปัจจุบัน

1.2 การสอบถาม และการสัมภาษณ์ จากกลุ่มประชากรเป้าหมายและผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้ที่ใช้บริการย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ ผู้ประกอบการในย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ ผู้ที่พักอาศัยในย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ โดยจะใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มประชากรเป้าหมาย และข้อมูลที่เกี่ยวกับพฤติกรรมในการใช้บริการ และปัญหาที่พบเมื่อมาใช้บริการย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ เพื่อนำมาวิเคราะห์แนวทางในการพัฒนาและฟื้นฟูย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ เพื่อคงความเป็นย่านการค้าใจกลางเมืองด้วย

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) คือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่ทำการวิจัยที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ารวบรวมจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่นอกเหนือจากข้อมูลปฐมภูมิ

2.1 ข้อมูลสถิติ ได้แก่ ข้อมูลด้านประชากร จากสำนักงานสถิติจังหวัดเชียงใหม่

2.2 ข้อมูลทางด้านวิชาการ คือ ข้อมูลที่ค้นคว้าได้ทางด้านเนื้อหาสาระ เอกสาร รายงานการศึกษา รายงานการวิจัย วิทยานิพนธ์ หนังสือ ตำราเรียน ฯลฯ จากแหล่งข้อมูลต่างๆ

2.3 ข้อมูลแผนที่ต่างๆ เช่น ผังเมืองรวมเชียงใหม่ แผนที่ผังเมือง แผนที่แสดงขอบเขตตำบล แผนที่การใช้ที่ดิน แผนที่แสดงเส้นทางคมนาคม ในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ จากสำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่ และสำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ภาคเหนือ)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถที่จะศึกษาจากจำนวนประชากรทั้งหมดได้ เนื่องจากพื้นที่ศึกษานั้นมีจำนวนประชากรมาก จึงได้สุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างจากจำนวนประชากรทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา โดยจะเป็นการสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่ใช้บริการย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ เนื่องจากบริเวณนี้มีจำนวนประชากรมาก และยังเป็นย่านชุมชน ย่านการค้า และข้อจำกัดทางด้านเวลาด้วย

การสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน ผู้ที่ใช้บริการย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ ผู้ประกอบการในย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ ผู้ที่พักอาศัยในย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ โดยการกำหนดขนาดประชากรโดยการคำนวณ พบว่า จำนวนตัวอย่างที่ต้องการในการศึกษาครั้งนี้ จำนวนทั้งสิ้น 3 กลุ่มๆ ละ 150 คน รวมเท่ากับ 450 คน

การกำหนดขนาดตัวอย่าง ได้ทำการกำหนดขนาดประชากรโดยการคำนวณจากสูตร

$$n = \frac{n_0}{1 + n_0/N} \qquad \text{โดยที่} \quad n_0 = \frac{Z^2}{4d^2}$$

n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง N = ประชากรทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา

Z = ค่าวิกฤตจากตารางแจกแจงปกติ ณ ระดับความเชื่อมั่น 95% = 1.96

d = ความผิดพลาดสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้น ซึ่งกำหนดไว้ 0.05

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ คือ “แบบสอบถาม“ โดยพยายามสร้างแบบสอบถามให้ได้ข้อมูลครอบคลุม และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย ลักษณะคำถามจะมีคำถามแบบกำหนดตอบให้เลือก ซึ่งผู้ตอบคำถามจะเลือกตัวเลือกที่กำหนดให้ และคำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้ตอบคำถามสามารถแสดงความคิดเห็นส่วนตัว หรือข้อเสนอแนะ โดยคำถามจะครอบคลุมเนื้อหาดังนี้

2.1 ข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ การศึกษา รายได้

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้บริการ ได้แก่ เหตุผลในการมาใช้บริการ ช่วงเวลาที่ใช้บริการ ความถี่ในการใช้บริการ กิจกรรมที่ทำในย่านการค้าใจกลางเมือง ระยะเวลาในการเดินทาง ระยะทางจากที่พักอาศัยถึงจุดบริการ ปัญหาของการใช้บริการย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของย่านการค้าใจกลางเมืองในปัจจุบัน ตลอดจนแนวทางในการพัฒนาและฟื้นฟูย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลเชิงพื้นที่ คือ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่ศึกษาบริเวณย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ และข้อมูลที่ได้จากข้อมูลทุติยภูมิต่างๆ ดังต่อไปนี้ แผนที่ลักษณะการใช้ที่ดิน แผนที่ถนน แผนที่แสดงขอบเขตตำบล และผังเมืองรวมเทศบาลนครเชียงใหม่

ข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ จะนำมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาพัฒนาการของย่านการค้าใจกลางเมือง และหาปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ในปัจจุบัน เพื่อสรุปศักยภาพในการเป็นย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่

2. ข้อมูลเชิงพฤติกรรม คือ ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถาม โดยข้อมูลประเภทนี้จะมีการนำมาวิเคราะห์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา หาความถี่ อัตราส่วน ตลอดจนนำข้อเสนอแนะต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการหาแนวทางในการพัฒนาและฟื้นฟูย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ในปัจจุบัน มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้คือ

1. นำปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของย่านการค้าจากการศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่ได้ทำการศึกษามากำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ โดยทำการจำแนกปัจจัยต่างๆ ออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม เพื่อให้เห็นประเด็นที่ชัดเจนในแต่ละด้าน

2. เป็นการนำปัจจัยที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาวิเคราะห์เพื่อเป็นการกำหนดปัจจัยที่คาดว่ามีอิทธิพลต่อย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ในปัจจุบัน

3. ทำการวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อทำการทดสอบว่าปัจจัยที่ได้กำหนดไว้นั้นเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ในปัจจุบันจริงหรือไม่ โดยทำการทดสอบจากการสอบถามโดยใช้แบบสอบถามจากประชากร 3 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ใช้บริการย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ ผู้ที่พักอาศัยในย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ และผู้ประกอบการในย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ เพื่อให้ได้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ในปัจจุบันและปัจจัยอื่นๆเพิ่มเติมที่ได้จากความคิดเป็นของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย พบว่า พฤติกรรมการใช้บริการของผู้ใช้บริการย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ส่วนใหญ่ผู้ที่เข้ามาใช้บริการย่านการค้าใจกลางเมืองจะเป็นผู้ที่พักอาศัยอยู่ในย่านการค้าใจกลางเมืองและนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและต่างชาติเป็นหลัก กิจกรรมหลักที่ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่เข้ามาใช้บริการย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ คือ การซื้อสินค้าและบริการ ทำให้เห็นว่าในปัจจุบันย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ยังเป็นศูนย์กลางของสินค้าและการบริการ ซึ่งการวิเคราะห์พฤติกรรมในการใช้บริการของย่านการค้าใจกลางเมือง มีความสำคัญในส่วนของพฤติกรรมที่นำมาวิเคราะห์ประกอบกับปัญหาที่ต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในย่านการค้าใจกลางเมือง เพื่อนำไปประกอบการพิจารณาเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อย่านการค้าใจกลงาเมืองในปัจจุบัน และนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ต่อไป

จากการวิจัยที่ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของย่านการค้าจากการศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) แนวคิดเกี่ยวกับย่านการค้าใจกลางเมือง (central business district: CBD) ประกอบด้วย โครงสร้างของ CBD ลักษณะการเกิดของ CBD วัฏจักรการพัฒนาของ CBD และแนวโน้มการพัฒนา 2) แนวคิดเกี่ยวกับพัฒนาการของย่านการค้า 3) แนวคิดเกี่ยวกับย่านการค้าใจกลางเมืองของประเทศไทย 4) แนวคิดเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของย่านการค้าใจกลางเมือง และ 5) แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาและฟื้นฟูเมือง ทำให้สามารถสรุปปัจจัยทำให้สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านการค้าของย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ในปัจจุบันได้ 4 ด้าน คือ ปัจจัยด้านกายภาพ ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านสังคม และปัจจัยอื่นๆ โดยเรียงลำดับจากการปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อย่านการค้าใจกลางเมืองในปัจจุบันจากมากที่สุดของแต่ละด้าน ไปหาปัจจัยที่มีอิทธิพลน้อยที่สุดต่อย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ในปัจจุบัน ได้ดังนี้

ปัจจัยทางด้านกายภาพ

ระบบคมนาคมและการพัฒนาโครงข่ายคมนาคมขนส่ง ย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ มีถนนที่คับแคบ ทำให้เกิดปัญหาในการสัญจรเข้าสู่ย่านการค้าใจกลางเมือง ซึ่งถนนส่วนใหญ่ทำหน้าที่คอยเชื่อมต่อการเดินทาง และกระจายการจราจรสู่ถนนสายอื่นๆ จึงทำให้ย่านการค้าใจกลางเมืองมีการสัญจรหนาแน่นมาก และไม่สามารถรองรับปริมาณการจราจรที่มากได้ ทำให้ต้องมีการพัฒนาเส้นทางคมนาคมนอกย่านการค้าใจกลางเมือง เพื่อลดปริมาณการเดินทางเข้าสู่ย่านการค้าใจกลางเมืองเพื่อเชื่อมต่อไปยังบริเวณข้างเคียง ทำให้ผู้คนไม่จำเป็นต้องเดินทางเข้ามาในเมืองอีกต่อไป

การใช้รถยนต์ส่วนตัวมากขึ้น การที่ประชาชนที่ใช้รถยนต์ที่จะเข้ามาใช้บริการทั้งซื้อสินค้าและบริการภายในย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ ส่วนใหญ่มักจะไม่เข้ามาใช้บริการย่านการค้าใจกลางเมือง เนื่องจากเกิดความไม่สะดวกจึงทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของกิจกรรมการค้าและบริการต่างๆ ออกจากศูนย์กลาง หรือย่านการค้าใจกลางเมือง เพื่อให้บริการแก่ประชาชนที่ใช้รถยนต์นั้นจึงส่งผลกระทบต่อปริมาณการขายในย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่อย่างมาก

ความหนาแน่น และความแออัดของพื้นที่ใจกลางเมือง ในปัจจุบันย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่มีกิจกรรมการค้าต่างๆ กระจุกตัวอยู่จำนวนมาก และปัจจุบันมีความคับแคบไม่สามารถรองรับ

ความต้องการพื้นที่ได้อีก ทำให้การลงทุนทางเศรษฐกิจของกิจกรรมหรือธุรกิจต่างๆ ที่เกิดขึ้นใหม่ไม่สามารถเข้ามาอยู่ในย่านการค้าใจกลางเมืองได้ จึงต้องกระจัดกระจายไปออกไปนอกพื้นที่ย่านการค้าใจกลางเมือง ซึ่งทำให้เกิดย่านการค้าใหม่นอกย่านการค้าใจกลางเมือง ซึ่งเป็นคู่แข่งทางเศรษฐกิจที่สำคัญของย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่

การขยายตัวของเมืองออกไปสู่ชานเมือง พื้นที่ชานเมืองมีการเดินทางเข้าถึงได้สะดวกมากขึ้น ทำให้เกิดการขยายตัวของเมืองไปยังชานเมืองมากขึ้น และจากการขยายตัวของเมืองออกไปบริเวณรอบนอกนั้น ทำให้เกิดศูนย์การค้าและบริการใหม่ๆ ตามเส้นทางคมนาคม เพื่อให้บริการแก่ประชาชนที่กระจายตัวออกไปตามการขยายตัวของเมือง ซึ่งมีผลต่อความสำคัญของย่านการค้าใจกลางเมือง

กิจการของธุรกิจบางประเภทที่ต้องการทำเลที่ตั้งที่ใกล้ถนนสายสำคัญที่พุ่งออกจากใจกลางเมือง เนื่องจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจเหล่านั้นต้องการเข้าถึงที่สะดวก ยังรวมไปถึงการจราจรที่ไม่ติดขัดและการมีที่จอดรถอย่างเพียงพอสำหรับลูกค้า ดังนั้นกิจกรรมการค้าประเภทนี้จึงมีทำเลที่ตั้งที่อยู่นอกย่านการค้าใจกลางเมือง ดังนั้นปัจจัยนี้จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ธุรกิจการค้าใน CBD มีการขยายตัวไม่มากนักและเป็นปัจจัยที่ผลักดันให้ธุรกิจการค้าเคลื่อนย้ายออกจาก CBD

ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ

ราคาที่ดินและค่าเช่าที่ดินที่มีราคาสูง ย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ เป็นบริเวณที่มีราคาที่ดินสูงของเมือง จึงเป็นอุปสรรคในการลงทุนเพราะต้องมีการลงทุนที่สูง ซึ่งเป็นอุปสรรคขัดขวางการขยายตัวของธุรกิจการค้าใน CBD ทำให้ย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่มีการขยายตัวของธุรกิจไม่มาก ธุรกิจการค้าอาจเลี่ยงไปตั้งในบริเวณที่มีราคาที่ดินหรือค่าเช่าที่ดินต่ำกว่า

นโยบายรัฐที่สนับสนุนให้เมืองมีการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจแบบกระจายออกจากศูนย์กลาง ทำให้มีการสนับสนุนให้เมืองมีการกระจายความเจริญทางเศรษฐกิจออกจากศูนย์กลางออกไปรอบนอกหรือชานเมือง เนื่องจากย่านใจกลางเมืองไม่สามารถขยายตัวได้อีก และมีปัญหาต่างๆ เกิดขึ้น จึงทำให้เกิดย่านการค้าและบริการแห่งใหม่ที่เป็นคู่แข่งทางเศรษฐกิจที่สำคัญของย่านการค้าใจกลางเมือง และส่งผลทำให้บทบาทของย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ลดความสำคัญลงอย่างมาก

การได้รับความกระทบกระเทือนจากภาวะเศรษฐกิจที่ผันผวน โดยเฉพาะในระยะที่เศรษฐกิจตกต่ำ ทำให้การลงทุนภายในย่านการค้าใจกลางเมืองเกิดการชะงักงัน และยังส่งผลให้ประชาชนมีกำลังซื้อลดลง อาจส่งผลกระทบให้มีนักท่องเที่ยวเข้ามาใช้บริการในปริมาณที่ลดลง และส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการค้าภายในย่านการค้าใจกลางเมืองที่ชะลอตัว และทำให้มีผลต่อปริมาณการขายของกิจกรรมการค้าและบริการต่างๆ ที่ลดลงด้วย

ปัจจัยด้านสังคม

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร พื้นที่ย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ไม่สามารถรองรับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นนั้นได้ เนื่องจากพื้นที่มีความคับแคบ ไม่สามารถขยายได้ ทำให้เกิดการย้ายถิ่นของประชาชนออกมาอยู่ในพื้นที่ชานเมือง และปัญหาต่อมาที่ส่งผลกระทบต่อย่านการค้าใจกลางเมือง คือ การเกิดย่านการค้าใหม่ เพื่อให้บริการแก่ประชากรที่เพิ่มขึ้นนั้นในชานเมือง

การเปลี่ยนแปลงของกำลังซื้อและรสนิยมของประชาชน ประชาชนได้รับอิทธิพลจากสื่อมวลชนประเภทข่าวและสันทนาการ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกำลังซื้อและรสนิยมของประชาชนนั้น เช่น

ต้องการสินค้าและบริการที่มียี่ห้อและราคาแพง ซึ่งสินค้าและบริการเหล่านี้จะมีในย่านการค้าใหม่นอกย่านการค้าใจกลางเมือง

ปัจจัยอื่น ๆ

การใช้ที่ดินทั้งภายใน CBD และการใช้ที่ดินในบริเวณข้างเคียง ธุรกิจการค้าบางประเภทจะมีแรงดึงดูดทำให้ธุรกิจการค้าประเภทเดียวกันหรือบางประเภทที่เอื้อประโยชน์ต่อกันมาอยู่ใกล้กัน แต่ปัจจุบันย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ไม่มีการเพิ่มขึ้นของธุรกิจการค้าและบริการ โดยธุรกิจการค้าและบริการต่าง ๆ มักมีทำเลที่ตั้งอยู่นอกย่านการค้าใจกลางเมืองและจะดึงดูดทำให้ธุรกิจการค้าประเภทเดียวกันหรือบางประเภทที่เอื้อประโยชน์ต่อกันไปตั้งอยู่รวมกันนอกย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่

พื้นที่ว่างหรือพื้นที่ของที่อยู่อาศัยที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ พื้นที่ทางด้านใต้ของย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่มีพื้นที่ว่างอยู่หลายแห่ง อาจทำให้มีการขยายตัวของธุรกิจการค้ามายังด้านนี้ของย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่มาก ซึ่งอาจทำให้เกิดย่านการค้าใหม่ในพื้นที่ด้านใต้ของเมืองเชียงใหม่ได้

การใช้ประโยชน์ที่ดินบางประเภท ในย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ในปัจจุบันมีการใช้ที่ดินบางประเภทที่เป็นอุปสรรคต่อการขยายตัวของย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ เช่น วัด โรงเรียน สถานที่ราชการ โรงพยาบาล เป็นจำนวนมากในพื้นที่

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาและฟื้นฟูย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ มีดังนี้คือ

แนวทางในการพัฒนาทางด้านกายภาพ

- ควรมีมาตรการหรือระเบียบในการควบคุมทัศนะอุจาดต่าง ๆ ภายในย่านการค้าใจกลางเมืองเพื่อความสวยงามและความเป็นระเบียบเรียบร้อย
- รัฐควรจะมีมาตรการการจัดระเบียบให้หาบเร่แผงลอยมีที่ตั้งให้เหมาะสม และเป็นส่วนหนึ่งของย่านการค้าใจกลางเมือง และคงประสิทธิภาพในการบริการลูกค้า เพื่อเพิ่มพื้นที่ทางเท้าให้มีมากขึ้น และยังช่วยลดความแออัดวุ่นวายในพื้นที่ได้
- ควรสนับสนุนให้คนใช้รถรับจ้าง รถประจำทาง รถสามล้อรับจ้าง เป็นต้น เพื่อช่วยลดปริมาณรถยนต์บนท้องถนน เพื่อแก้ไขปัญหาการจราจร ที่จอดรถ มลพิษต่าง ๆ

แนวทางในการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ

- ควรมีการสนับสนุนและส่งเสริมกิจกรรมการค้าของย่านการค้าใจกลางเมือง เพื่อดึงดูดคนให้เข้ามาใช้บริการเป็นจำนวนมากและตลอดไป
- รักษาความหลากหลายของสินค้าและบริการ รวมทั้งรูปแบบของความเป็นย่านการค้าดั้งเดิมของเมืองซึ่งเป็นจุดเด่นของย่านเอาไว้ เพราะเอกลักษณ์ของย่านสามารถดึงดูดให้ผู้คนเข้ามาใช้บริการเป็นจำนวนมาก
- การประชาสัมพันธ์และจัดกิจกรรม เพื่อให้เห็นถึงภาพลักษณ์ของย่านการค้าใจกลางเมือง
- สร้างความร่วมมือทางธุรกิจในย่านการค้าใจกลางเมือง เพื่อพัฒนากิจกรรมทางการค้าต่าง ๆ ให้มีความก้าวหน้า

แนวทางในการพัฒนาทางด้านสังคม

- ควรมีการปลูกฝังจิตสำนึกให้เกิดความรู้สึกหวงแหนย่านการค้าใจกลางเมือง เนื่องจากเป็นย่านการค้าที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ เศรษฐกิจ สังคม และจิตใจต่อผู้คน รวมทั้งยังเป็นย่านที่มีเอกลักษณ์เฉพาะที่น่าสนใจ จึงควรช่วยกันอนุรักษ์ย่านการค้าใจกลางเมืองที่สำคัญนี้ไว้สืบไป

สรุปผลการวิจัย

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อย่านการค้าใจกลางเมืองเชียงใหม่ในปัจจุบันมี 4 ด้าน ดังนี้ 1) ปัจจัยด้านกายภาพ ได้แก่ ระบบคมนาคมและการพัฒนาโครงข่ายคมนาคมขนส่ง การใช้รถยนต์ส่วนตัวมากขึ้น ความหนาแน่นและความแออัดของพื้นที่ใจกลางเมือง การขยายตัวของเมืองออกไปสู่ชานเมือง, กิจการของธุรกิจบางประเภทที่ต้องการทำเลที่ตั้งที่ใกล้ถนนสายสำคัญที่พุ่งออกจากใจกลางเมือง 2) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ ราคาที่ดินและค่าเช่าที่ดินที่มีราคาสูง นโยบายรัฐที่สนับสนุนให้เมืองมีการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจแบบกระจายออกจากศูนย์กลาง การได้รับความกระทบ กระเทือนจากภาวะเศรษฐกิจที่ผันผวน 3) ปัจจัยด้านสังคม ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การเปลี่ยนแปลงของกำลังซื้อ และรสนิยมของประชาชน 4) ปัจจัยด้านอื่นๆ ได้แก่ การใช้ที่ดินทั้งภายในย่านการค้าใจกลางเมืองและการใช้ที่ดินในบริเวณข้างเคียง พื้นที่ว่างหรือพื้นที่ของที่อยู่อาศัยที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์

จากการวิเคราะห์ปัจจัยทำสามารถเสนอแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงเพื่อคงความเป็นย่านการค้าใจกลางเมืองของเมืองเชียงใหม่ใน 3 แนวทาง ดังนี้ 1) แนวทางพัฒนาด้านกายภาพ ได้แก่ ควรมีมาตรการหรือระเบียบในการควบคุมทัศนะอุจาดต่างๆ รัฐควรจะมีมาตรการการจัดระเบียบให้หาบเร่แผงลอยให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มพื้นที่ทางเท้าให้มีมากขึ้นและยังช่วยลดความแออัดวุ่นวายในพื้นที่ได้ และควรสนับสนุนให้คนใช้ระบบขนส่งมวลชนเพื่อแก้ไขปัญหาจราจร ที่จอดรถ และมลพิษต่างๆ 2) แนวทางพัฒนาด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ การสนับสนุนและส่งเสริมกิจกรรมการค้าของย่านการค้าใจกลางเมือง รักษาความหลากหลายของสินค้าและบริการ รวมทั้งรูปแบบของความเป็นย่านการค้าดั้งเดิมของเมืองซึ่งเป็นจุดเด่นของย่านเอาไว้ ประชาสัมพันธ์และจัดกิจกรรมเพื่อให้เห็นถึงภาพลักษณ์ของย่านการค้าใจกลางเมือง และสร้างความร่วมมือทางธุรกิจในย่านการค้าใจกลางเมือง เพื่อพัฒนากิจกรรมทางการค้าต่างๆ ให้มีความก้าวหน้า 3) แนวทางพัฒนาด้านสังคม ได้แก่ ควรปลูกฝังจิตสำนึกให้เกิดความรู้สึกหวงแหนย่านการค้าใจกลางเมือง เนื่องจากเป็นย่านการค้าที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ เศรษฐกิจ สังคม และจิตใจต่อผู้คน รวมทั้งยังเป็นย่านที่มีเอกลักษณ์เฉพาะที่น่าสนใจ จึงควรช่วยกันอนุรักษ์ย่านการค้าใจกลางเมืองที่สำคัญนี้ไว้สืบไป

เอกสารอ้างอิง

กำพล สีกา. 2539. **การศึกษาเพื่อเป็นแนวทางพัฒนาย่านการค้าและบริการ: กรณีศึกษาเทศบาลเมืองขอนแก่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ

จำนรรจา ชัยโชณิชย์. 2532. **การศึกษาเอกลักษณ์ของการใช้ที่ดินย่านศูนย์กลางธุรกิจการค้าใจกลางกรุงเทพมหานคร: กรณีศึกษาเขตธุรกิจ สีลม-สุรวงศ์ และพื้นที่ที่เกี่ยวข้องเขตบางรัก.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

บรรณศาสตร์ สุขตระกูล. 2542. **แนวทางการพัฒนาย่านการค้าใจกลางเมืองเก่า: กรณีศึกษาเมืองเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

บุญญฤทธิ์ บุญญวงศ์. 2544. **การวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างและบทบาทหน้าที่ของย่านธุรกิจการค้ากลางของเมืองเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

Berry, B.J.L., R.J. tenant, B.J. Garner and J.W. Simmons 1966. Commercial Structure and Commercial Blight. **Research Paper 85.** Department of Geography. Doxiadis: Chicago.

Burgess, E.W. 1925. **The Growth of the City : An Introduction to a Research Project.** The University of Chicago Press: Chicago.

Friedrich Baerwald. 1960. **Economic system analysis: concepts and perspectives.** Fordham University Press: New York.

Herbert, D.T. and C.J. Thomas. 1982. **Urban Geography: A First Approach.** John Wiley & Sons: New York.

Horwood, E. and R. Boyce. 1959. **Studies of the Central Business District and Freeway Development.** University of Washington Press: Seattle.

John, E. 1976. **Transportation and traffic engineering handbook/Institute of Traffic Engineers.** Englewood Cliffs, Prentice-Hall: N.J.

Proudfoot, M.J. 1937. **City Retail Structure.** Economic Geography 13: New York.

Stuart Chapin, F.Jr. 1965. **Urban land use planning.** University of Illinois Press: Urbana.

Wheeler, J.O. 1998. **Economic Geography.** Wiley: New York.

Wheeler, J.O. and P.O. Muller. 1996. **Economic Geography.** Wiley: New York.

Yarnasarn, S. 1985. **Land Use Patterns and Land Use Changes in Chiang Mai.** Ph.d. Dissertation. Columbia University in the City of New York.

การวิเคราะห์ผลกระทบของโครงการ “หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์” ที่มีต่อการยกระดับฐานะความเป็นอยู่ของประชาชนในชุมชน

An Analysis of Impact of the OTOP Project on Upgrading the Standard of Living of Local Manufacturers in Southern Provinces

ศรัณยา บุนนาค* และสิทธิ์ชัย ลิมาพร

Saranya Bunnag* and Sitchai Limaporn

ภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

Department of Business Administration, Faculty of Management Sciences, Prince of Songkla University, Songkla, Thailand 90110

*Corresponding author: saranya.b@psu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) นี้ มีวัตถุประสงค์ต้องการวิเคราะห์ผลกระทบของโครงการ “หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์” ที่มีต่อการยกระดับฐานะความเป็นอยู่ของประชาชนในท้องถิ่น ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ในการเลือกสมาชิกโครงการ “หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์” (OTOP) ตัวอย่างจำนวน 1,074 ราย จากทั้ง 14 จังหวัดภาคใต้ มาทำการสัมภาษณ์เก็บรวบรวมข้อมูล ผลการวิจัย พบว่า ร้อยละ 91.3 ของผู้เข้าร่วมกลุ่มผลิตผ้าและเครื่องแต่งกาย ร้อยละ 91.2 ของผู้เข้าร่วมกลุ่มผลิตเครื่องใช้และเครื่องประดับตกแต่ง ร้อยละ 88.6 ของผู้เข้าร่วม กลุ่มผลิตงานศิลปประดิษฐ์และของที่ระลึก และร้อยละ 82.8 ของกลุ่มที่ผลิตสมุนไพรที่ไม่ใช่อาหาร และยา มีฐานะความเป็นอยู่ดีขึ้นกว่าเดิม

คำสำคัญ: โครงการ “หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์” ระดับฐานะความเป็นอยู่

Abstract

The objective of this survey research was to analyze the impact of the One Tambon One Product (OTOP) project on upgrading the standard of living of manufacturers in community. By using the purposive sampling and gather data by interview from 1,074 selected members of OTOP project in 14 southern provinces. The results of the study revealed that 91.3% of textile and garment respondents, 91.2% of respondents in the group of household and decorations, 88.6% of handicrafts and souvenirs respondents, and 82.8% of respondents in the group of herbal products (non-food) were better well-being.

Keywords: One Tambon One Product (OTOP) project, standard of living

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในช่วงที่ประเทศชาติกำลังเผชิญปัญหาวิกฤตทางเศรษฐกิจ และประชาชนทุกระดับประสบปัญหาต่างๆ มากมาย ปัญหาหนึ่งที่ประชาชนซึ่งเป็นคนกลุ่มใหญ่ของประเทศถูกรุมเร้า คือ ปัญหาความยากจน รัฐบาลสมัยนั้นจึงได้ประกาศสงครามกับความยากจน โดยแถลงนโยบายต่อรัฐสภาและจัดให้มีโครงการ “หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์” เพื่อให้แต่ละชุมชนได้ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการพัฒนาสินค้า โดยรัฐพร้อมเข้าช่วยเหลือในด้านความรู้สมัยใหม่ และการบริหารจัดการเพื่อเชื่อมโยงสินค้าจากชุมชนสู่ตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศด้วยระบบร้านค้าเครือข่ายและอินเตอร์เน็ต เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนกระบวนการพัฒนาท้องถิ่น สร้างชุมชนให้เข้มแข็ง พึ่งตนเองได้ ให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการสร้างรายได้ด้วยการนำทรัพยากร ภูมิปัญญาในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์และบริการที่มีคุณภาพ มีจุดเด่นและมูลค่าเพิ่ม เป็นที่ต้องการของตลาด ทั้งในและต่างประเทศ

แนวคิด “หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์” (กิตติ, 2545) เป็นแนวคิดที่ต้องการให้แต่ละหมู่บ้านมีผลิตภัณฑ์ (หลัก) 1 ประเภท เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบและทรัพยากรของท้องถิ่น เพื่อลดปัญหาการอพยพย้ายถิ่นไปสู่เมืองใหม่ ซึ่งถือได้ว่าเป็นการสร้างเศรษฐกิจชุมชนให้เกิดขึ้น อันเป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับการพัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว กิจกรรมทางเศรษฐกิจดังกล่าวเป็นกลยุทธ์การพัฒนาที่อาศัยหมู่บ้านเป็นหน่วยการพัฒนา (unit of development) และรวมกันเป็นเครือข่ายภายใต้ตำบลที่จะสร้างความเจริญให้แก่ชุมชน และสามารถยกระดับฐานะความเป็นอยู่ของคนในชุมชนให้ดีขึ้น โดยการผลิตหรือจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นให้กลายเป็นสินค้าที่มีคุณภาพมีจุดเด่นและจุดขายและสอดคล้องกับวัฒนธรรมในแต่ละท้องถิ่น เพื่อให้รู้จักแพร่หลายไปทั่วประเทศและทั่วโลก โดยมีหลักการพื้นฐาน 3 ข้อคือ

1. ภูมิปัญหาท้องถิ่นสู่สากล (local yet global) ผลิตสินค้าและบริการที่ใช้ภูมิปัญญา และวัฒนธรรมท้องถิ่นให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
2. พึ่งตนเองและคิดอย่างสร้างสรรค์ (self-reliance-creativity) โดยสร้างกิจกรรมที่อาศัยศักยภาพของท้องถิ่น
3. การสร้างทรัพยากรมนุษย์ (human resource development)

ทั้งนี้ ปรัชญาประการหนึ่งในการดำเนินโครงการ “หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์” ได้เน้นการมีส่วนร่วมของประชาชนในท้องถิ่นในทุกกิจกรรม และระบุให้มีการจัดประชาคมสำหรับการติดตามประเมินผลโดยชุมชน ซึ่งจากแนวคิดดังกล่าวได้ทำให้กรม/กอง/กระทรวงมีแผนงานต่างๆ ลงสู่ภาคปฏิบัติ จึงควรติดตามประเมินผลว่ามีการนำแนวคิดโครงการ “หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์” ลงสู่ภาคปฏิบัติหรือไม่ และประสบกับความสำเร็จหรือล้มเหลวมากน้อยเพียงไร โดยการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ต้องการวิเคราะห์ผลกระทบของโครงการ “หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์” ที่มีต่อการยกระดับฐานะความเป็นอยู่ของประชาชนในชุมชน

นิยามศัพท์

"ชุมชน" หมายถึง การรวมตัวของบุคคล กลุ่ม/องค์กรชุมชน เครือข่ายองค์กรชุมชน และประชาชนที่อาศัยอยู่ในขอบเขตพื้นที่หนึ่งๆ ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระดับพื้นฐานที่สุด คือ หมู่บ้าน หรือชุมชนในรูปแบบอื่นๆ ที่มีประเด็นของเนื้อหาที่มารวมกันเพื่อแก้ปัญหาเดียวกัน เช่น ชุมชนลุ่มน้ำ ชุมชนวัฒนธรรม เป็นต้น

"ระดับฐานะความเป็นอยู่" หมายถึง ความเป็นอยู่ด้านเศรษฐกิจ-สังคมที่ผู้ตอบแบบสอบถามประเมินตนเองว่าภายหลังการเข้าร่วมเป็นสมาชิก OTOP แล้วมีสภาพดีขึ้นหรือเลวลงกว่าเดิม (คณะกรรมการจัดทำระบบมาตรฐานงานพัฒนาผู้นำชุมชนฯ, 2547)

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ในการคัดเลือกสมาชิกโครงการ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์" (OTOP) ตัวอย่างใน 14 จังหวัดภาคใต้ทุกจังหวัดโดยจำแนกตามประเภทสินค้าที่ผลิต (ได้แก่ กลุ่มผ้าและเครื่องแต่งกาย กลุ่มของใช้และของประดับตกแต่ง กลุ่มศิลปประดิษฐ์และของที่ระลึก และกลุ่มสมุนไพรที่ไม่ใช่อาหารและยา) จำนวน 1,074 ราย มาทำการสัมภาษณ์เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามในช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายน พ.ศ. 2549 และนำมาทำการวิเคราะห์สภาพเศรษฐกิจ สังคม และการเข้าร่วมโครงการ และผลกระทบโครงการต่อการยกฐานะความเป็นอยู่สมาชิกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การจำแนกพหุ (multiple classification analysis) และการวิเคราะห์การผันแปร (analysis of variance)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

สภาพทั่วไปด้านเศรษฐกิจ – สังคมของกลุ่มตัวอย่าง (ตารางที่ 1)

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ (ร้อยละ 72.7) เป็นเพศหญิงมากกว่าครึ่งหนึ่งหรือคิดเป็นร้อยละ 64.6 นับถือศาสนาพุทธ อาศัยอยู่ในจังหวัดนครศรีธรรมราชมากที่สุด รองลงมาเป็นจังหวัดสตูล และปัตตานี ตามลำดับ กลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 42.38 ปี ได้รับการศึกษาเฉลี่ย 8.77 ปี หรือเรียนจบประมาณชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 16.6 ของกลุ่มตัวอย่างยังเป็นโสด ร้อยละ 72.9 กำลังอยู่กินกับคู่สมรส ที่เหลืออีกร้อยละ 10.5 เป็นหม้าย หย่าร้าง หรือแยกกันอยู่กับคู่สมรส สำหรับผู้ที่ทำการสมรสแล้ว มีจำนวนบุตรเฉลี่ย 2.85 คน กลุ่มตัวอย่างประกอบอาชีพทำสวนยางมากที่สุด (ร้อยละ 33.7) รองลงมาประกอบอาชีพค้าขาย รับจ้าง ทำนา และอื่นๆ ตามลำดับ โดยมีรายได้จากอาชีพหลักเฉลี่ย 6,974.76 บาท/เดือน

ลักษณะการเข้าร่วมโครงการ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์"

ร้อยละ 33.2 ของกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมกลุ่มผลิตผ้าและเครื่องแต่งกาย ร้อยละ 28.5 ของกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมกลุ่มผลิตเครื่องใช้และเครื่องประดับตกแต่ง ร้อยละ 23.7 ของกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมกลุ่มผลิตศิลปประดิษฐ์และของที่ระลึก ร้อยละ 14.5 ของกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมกลุ่มผลิตสมุนไพรที่ไม่ใช่อาหารและยา อย่างไรก็ตามร้อยละ 65.4 ระบุว่าสินค้าที่ตนผลิตในการเข้าร่วมโครงการ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์" เป็น

สินค้าที่ตนผลิตอยู่แต่เดิมแล้ว การผลิตสินค้า OTOP สร้างรายได้ให้ผู้เข้าร่วมกลุ่มผลิตสินค้าประเภทต่าง ๆ เฉลี่ยรายละ 3,115.32 บาท/เดือน สมาชิกโครงการ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์" ใช้เวลาทำการผลิตสินค้า OTOP เฉลี่ย 7.78 เดือน/ปี 4.37 วัน/สัปดาห์ และ 5.64 ชั่วโมง/วัน และได้เข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มมาเป็นเวลานานเฉลี่ย 36.30 เดือน ทั้งนี้ร้อยละ 85.4 ของกลุ่มตัวอย่างระบุว่าตนมีฐานะความเป็นอยู่ดีขึ้น เมื่อได้เข้าร่วมโครงการ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์"

ผลกระทบของโครงการ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์" ที่มีต่อการยกระดับฐานะความเป็นอยู่ของประชาชนในชุมชน

จากการใช้เทคนิคการวิเคราะห์การจำแนกพหุ (multiple classification analysis) ประกอบกับสถิติการวิเคราะห์การผันแปร (analysis of variance) ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการผันแปรของฐานะความเป็นอยู่ของประชาชนในชุมชน โดยกำหนดให้ตัวแปรตาม (dependent variable) ได้แก่ ฐานะความเป็นอยู่

ความเป็นอยู่ภายหลังเข้าร่วมโครงการ OTOP ตัวแปรอิสระ (independent variables)มี 9 ตัวแปร ได้แก่ กลุ่มประเภทสินค้าที่ผลิต เพศ การนับถือศาสนา อายุ ระดับการศึกษา สินค้าที่ผลิตเกิดเนื่องจากมีโครงการ OTOP ใช่หรือไม่ รายได้จากกลุ่มสินค้าที่ผลิต/เดือน จำนวนเดือน/ปีที่ใช้เวลาร่วมผลิตสินค้า OTOP และระยะเวลาที่เป็นสมาชิกกลุ่มอาชีพ ส่วนตัวแปรผันร่วม (covariate variables) มี 3 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนบุตร (คน) รายได้จากอาชีพหลักเฉลี่ย/เดือน (บาท) และคะแนน (score) การนำแนวคิด "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์" ไปสู่การปฏิบัติ ผลการวิเคราะห์พบว่า ร้อยละ 91.3 ของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์" ในการผลิตผ้าและเครื่องแต่งกาย ร้อยละ 91.2 ของกลุ่มที่ผลิตเครื่องใช้และเครื่องประดับตกแต่ง ร้อยละ 88.6 ของกลุ่มที่ผลิตงานศิลปประดิษฐ์และของที่ระลึก และร้อยละ 82.8 ของกลุ่มที่ผลิตสมุนไพรที่ไม่ใช่อาหารและยามีฐานะความเป็นอยู่ดีขึ้น ภายหลังการเข้าร่วมเป็นสมาชิกโครงการ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์" โดยเพศ ศาสนา และรายได้จากกลุ่มสินค้าที่ผลิต สามารถอธิบายการผันแปรของระดับฐานะความเป็นอยู่ของประชาชนในชุมชนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เพศหญิงที่เข้าร่วมโครงการ OTOP มีฐานะความเป็นอยู่ดีกว่าเพศชาย ไทยพุทธที่เข้าร่วมโครงการ OTOP จะมีฐานะความเป็นอยู่ดีกว่าไทยมุสลิม และยิ่งมีรายได้เพิ่มมากขึ้นจากกลุ่มสินค้า OTOP ที่ตนเข้าร่วมผลิตยิ่งช่วยให้มีฐานะความเป็นอยู่ดีขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์" เป็นโครงการที่รัฐบาลกำหนดขึ้นเพื่อต่อสู้กับความยากจน เมื่อ พ.ศ. 2544 โดยมีแนวคิดในการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ของชุมชนบนพื้นฐานของภูมิปัญญาชาวบ้าน วัฒนธรรมประเพณี และการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่น เพื่อเสริมสร้างความเป็นเอกลักษณ์ของชุมชน และกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพ มาตรฐานตรงกับความต้องการของตลาด เพื่อก่อให้เกิดรายได้ของชุมชน ดังนั้นในการดำเนินงานโครงการ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์" ให้สามารถยกระดับฐานะความเป็นอยู่ของคนในชุมชนให้ดีขึ้น จึงควร

1. กลุ่มเป้าหมายที่ควรกระตุ้นให้เข้ามาเป็นสมาชิก OTOP เพื่อยกระดับฐานะความเป็นอยู่ ได้แก่ เพศชาย และผู้ที่นับถือศาสนาอิสลาม

2. ยึดหลักชุมชนเป็นศูนย์กลางและการมีส่วนร่วมของชุมชนทุกกระบวนการ ด้วยการสนับสนุนให้คนในชุมชนเข้าร่วมโครงการ “หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์” เพื่อสร้างโอกาสในการมีอาชีพเสริม หรือสามารถทำการผลิตให้เป็นอาชีพหลัก เป็นการเพิ่มรายได้และช่วยให้คนในชุมชนมีฐานะความเป็นอยู่ดีขึ้น

3. ควรจัดให้มีร้านค้าชุมชนริมถนน เช่น ทางหลวงแผ่นดิน ที่เป็นเส้นทางซึ่งมีผู้สัญจรไป-มาจำนวนมาก โดยเฉพาะที่เป็นจุดผ่านของนักท่องเที่ยว เพื่อจัดจำหน่ายสินค้า OTOP ของชุมชนในละแวกนั้นและใกล้เคียงให้เป็นที่รู้จักโดยทั่วกัน โดยจัดสถานที่ให้ร้านค้ามาตั้งร้านเรียงรายริมถนนรวมกันเป็นจุดๆ จัดให้มีป้ายโฆษณาและจัดให้มีที่จอดรถริมทาง ให้ผู้สัญจรไป-มาสามารถจอดและหยุดพักรถเพื่อหาซื้อสินค้าได้โดยสะดวก ปลอดภัย ดังเช่น จุดขายไข่เค็มไชยา ริมถนนเพชรเกษม จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นต้น

4. จัดหาแหล่งเงินทุนเพื่อสนับสนุนให้กลุ่มผลิตสินค้า OTOP สามารถกู้ยืมได้ในอัตราดอกเบี้ยต่ำและมีวงเงินเพียงพอสำหรับการผลิตสินค้า

5. จัดให้มีการฝึกอาชีพในประเภทสินค้าที่ตรงกับความต้องการของคนในชุมชน โดยใช้ฐานของชุมชนเป็นหลัก เช่น ฐานองค์ความรู้ (ภูมิปัญญาท้องถิ่น) ฐานวัฒนธรรมของชุมชน (วิถีชีวิต) ฐานทรัพยากรท้องถิ่นและฐานอาชีพของชุมชน โดยให้ความสำคัญกับสินค้าและบริการที่ใช้วัตถุดิบทรัพยากรของท้องถิ่นเป็นส่วนใหญ่ ตลอดจนใช้ภูมิปัญญาและวัฒนธรรมท้องถิ่นในพื้นที่นั้นๆ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2549

เอกสารอ้างอิง

กิตติ ลิ่มสกุล. 2545. **แนวทางการพัฒนาท้องถิ่นโดยประชาชนมีส่วนร่วม “หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์”** คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวบรวมจัดทำ โดย กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย จาก *http://www.thaitambon.com/OTOP/OTOPProcess/ProcessPage1.htm* [25 มกราคม 2545].

คณะกรรมการจัดทำระบบมาตรฐานงานพัฒนาผู้นำชุมชน กลุ่ม/องค์กรชุมชน เครือข่ายองค์กรชุมชน. 2547. **คู่มือระบบมาตรฐานงานชุมชน: เครื่องชี้วัดการพัฒนาแบบบูรณาการที่ให้ชุมชนเป็นศูนย์กลาง** สำนักส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพชุมชน กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย.

นวลน้อย ตรีรัตน์. 2548. หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ คอลัมน์ ดุลยภาพดุลยพินิจ. **มติชนรายวัน.** (17 สิงหาคม 2548).

บุญอนันต์ พินัยทรัพย์ และพลาพรรณ คำพรรณ์. 2549. **โครงการศึกษาชุมชนเข้มแข็งกระบวนการสร้างสรรค์ คืนพลังสู่ชุมชน: หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์.** สำนักวิจัย สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ประภาส ปิ่นตบแต่ง และพยุงศักดิ์ คชสวัสดิ์. 2548. **รายงานการประเมินนโยบายหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์** .

ลินดา นาคโปย. 2549. **ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโครงการหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา: ประเภทอาหาร จังหวัดฉะเชิงเทรา**. มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ วิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ.

สภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2004. **นโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน กรณีโครงการหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์**. จาก *http://www.ryt9.com/s/ryt9/161749* [23 ธันวาคม 2004].

สมเกียรติ ชัยพิบูลย์. 2548. การศึกษาการดำเนินโครงการหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ที่ประสบผลสำเร็จในจังหวัดกำแพงเพชร ปีการผลิต 2546/2547. **วารสารสมาคมนักวิจัยในความอุปถัมภ์ของสภาวิจัยแห่งชาติ**. 10(2): 26-33.

ตาราง 1 ลักษณะทั่วไปด้านเศรษฐกิจ-สังคมของประชาชนในท้องถิ่นที่เข้าร่วมกิจกรรมโครงการ “หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์”

ลักษณะข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	293	27.3
หญิง	781	72.7
รวม	1,074	100.0
ศาสนา		
พุทธ	694	64.6
อิสลาม	380	35.4
รวม	1,074	100.0
จังหวัดที่อยู่		
นราธิวาส	94	8.8
สตูล	115	10.7
ปัตตานี	102	9.5
ยะลา	60	5.6
สงขลา	59	5.5
พัทลุง	76	7.1
นครศรีธรรมราช	195	18.2
ตรัง	62	5.8
สุราษฎร์ธานี	90	8.4
กระบี่	66	6.1
พังงา	41	3.8
ภูเก็ต	36	3.4
ระนอง	29	2.7
ชุมพร	49	4.6
รวม	1,074	100.0
อายุเฉลี่ย (ปี) $\bar{x}$ 42.38		
จำนวนปีที่ได้รับการศึกษาเฉลี่ย(ปี) $\bar{x}$ 8.77		

ตาราง 1 (ต่อ)

ลักษณะข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
สถานภาพสมรส		
โสด	178	16.6
หม้าย	71	6.6
หย่าร้าง	20	1.9
แยกกันอยู่	22	2.0
กำลังอยู่กินกับคู่สมรส	783	72.9
รวม	1,074	100.0
จำนวนบุตรเฉลี่ย (คน) $\bar{x}$ 2.85		
อาชีพหลัก		
จักสาน	43	4.2
รับจ้าง	146	14.4
ทำนา	88	8.7
ทำสวนยาง	341	33.7
ทำสวนผลไม้	19	1.9
ประมง	7	.7
ค้าขาย	243	24.0
เย็บผ้า	56	5.5
ทำหมวกปิเยาะ	7	.7
แม่บ้าน	14	1.4
ทำผ้าบาติก	18	1.8
แกะสลัก	8	.8
เลี้ยงสัตว์	3	.3
รับราชการ	15	1.5
ลูกจ้าง	4	.4
รวม	1,012	100.0
รายได้จากอาชีพหลักเฉลี่ย/เดือน (บาท) $\bar{x}$ 6,974.76		

การจัดการนิคมการเกษตรข้าวโพดแบบบูรณาการ

Integrated Management of Agricultural Land Reform Settlement for Corn Growing

จำเนียร บุญมาก[1*] ประเสริฐ จรรยาสุภาพ[2] และพัชรินทร์ สุภาพันธ์[2]

[1]คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Faculty of Business Administration, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: jamnian@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการนิคมการเกษตรข้าวโพดแบบบูรณาการ โดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมจากหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการนิคมการเกษตรข้าวโพดแบบบูรณาการต้องมีการบูรณาการร่วมกันทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ เกษตรกร สหกรณ์นิคม และพันธมิตรทางธุรกิจ โดยเกษตรกรต้องมีการพัฒนาศักยภาพของตนเองโดยการปฏิรูปที่ดินและน้ำ และการปฏิรูปวิถีชีวิตเกษตรกร ส่วนพันธมิตรทางธุรกิจต้องมีการวางแผนการตลาดร่วมกันกับสหกรณ์นิคม ในขณะที่สหกรณ์นิคมจะเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อน ต้องทำการปฏิรูปการจัดการโดยการจัดทำแผนธุรกิจที่มีการบูรณาการทั้งทางด้านการผลิต การตลาด และด้านอื่นๆ ให้มีความสอดคล้องและสัมพันธ์กันเพื่อให้กระบวนการในการขับเคลื่อนการจัดการนิคมการเกษตรข้าวโพดแบบบูรณาการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

คำสำคัญ: การจัดการ นิคมการเกษตร สหกรณ์นิคม

Abstract

The objective of this study was to investigate a guideline for the development and improvement of the integrated management of agricultural land reform settlement for corn growing. This was done through participatory action research with the collaboration of both government and private sectors. Findings showed that the guideline consisted of the following aspects: 1) farmer; 2) land settlement cooperative; and 3) business alliance. The farmers must develop their potential by using land reform and farmer reform. Meanwhile, the business alliance must have mutual market planning with the land settlement cooperative. The land settlement cooperative was considered as an important mechanism for movement. Thus, management reform must be done by preparing an integrated business plan on production, marketing, and others. This must conform to one another for the efficiency and effectiveness of the process of the integrated management of agricultural land reform settlement for corn growing.

Keywords: management, agricultural land reform settlement, The land settlement cooperative

คำนำ

นิคมการเกษตรพืชอาหารและพืชพลังงานทดแทน เป็นนิคมที่เกิดขึ้นภายใต้นโยบายของรัฐบาลที่แถลงเมื่อ 18 กุมภาพันธ์ 2551 ในการฟื้นฟูความเชื่อมั่นของประเทศโดยการจัดที่ดินทำกิน การกระจายสิทธิ์ และการกำหนดเขตการใช้ที่ดิน การปรับโครงสร้างภาคการเกษตร ด้านการผลิต การส่งเสริม การเพิ่มมูลค่าให้สินค้าเกษตร ตลอดจนการส่งเสริมการเรียนรู้ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่เกษตรกร และการสร้างเกษตรกรรุ่นใหม่ สอดคล้องกับแนวนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่เน้นเกษตรเพื่อเกษตร เกษตรเพื่อประชาชน และเกษตรเพื่อเศรษฐกิจ กอปรกับสถานการณ์ราคาน้ำมันในตลาดโลกที่แปรปรวนไป ส่งผลให้ประเทศที่พึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศมีนโยบายส่งเสริมการประหยัดพลังงาน และการใช้น้ำมันจากพืชพลังงานทดแทน ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นพืชอาหารด้วย

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์โดยความรับผิดชอบของสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม จึงได้กำหนดให้มีโครงการจัดตั้งนิคมการเกษตรพืชอาหารและพืชพลังงานทดแทนแบบบูรณาการเพื่อพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรในการผลิตพืชอาหารและพืชพลังงานทดแทน โดยการบูรณาการร่วมกันระหว่างเกษตรกร ภาครัฐ และภาคเอกชนที่เกี่ยวข้อง ในการสร้างโอกาสเข้าถึงทรัพยากร การจัดการเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต รวมทั้งการรวมกลุ่มเพื่อการจัดการแหล่งทุนและการใช้กลไกการตลาดนำการผลิตเพิ่มมูลค่าผลผลิตและวิสาหกิจชุมชนที่เข้มแข็ง อันจะทำให้เกษตรกรเกิดความสมดุลและภูมิคุ้มกันภาคการเกษตรที่จะพัฒนาสู่ความยั่งยืน เพื่อให้การดำเนินการตามโครงการดังกล่าวบรรลุตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่กำหนดไว้ จึงได้คัดเลือกนิคมสหกรณ์แม่สอด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวโพดมากที่สุดในจังหวัดตากเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ และพิจารณาให้มหาวิทยาลัยแม่โจ้ดำเนินงานโครงการ “การจัดการนิคมการเกษตรข้าวโพดแบบบูรณาการ” ร่วมกับหน่วยงานต่างๆ ในสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อาทิ กรมส่งเสริมสหกรณ์ กรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน กรมประมง กรมปศุสัตว์ กรมวิชาการเกษตร กรมการข้าว กรมส่งเสริมการเกษตร กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เป็นต้น ในการถ่ายทอดความรู้และพัฒนาศักยภาพของเกษตรกร และให้การปรึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานแบบบูรณาการ ตลอดจนหาแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการนิคมการเกษตรข้าวโพดแบบบูรณาเพื่อให้ได้นำมาซึ่งแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงการดำเนินงานของนิคมการเกษตรต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (participatory action research) โดยการบูรณาการการทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนที่เกี่ยวข้อง

สถานที่ดำเนินการวิจัย

พื้นที่ที่อยู่ในความรับผิดชอบของนิคมสหกรณ์แม่สอด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

ประชากร

การวิจัยครั้งนี้มีเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. เกษตรกรที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ของนิคมสหกรณ์แม่สอด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก
2. สหกรณ์นิคมแม่สอด
3. นิคมสหกรณ์แม่สอด
4. มหาวิทยาลัยแม่โจ้
5. โครงการชลประทานจังหวัดตาก
6. สถานีพัฒนาที่ดินตาก
7. สำนักงานตรวจบัญชีสหกรณ์ตาก
8. สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดตาก
9. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (ไร่สุวรรณ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้มีครัวเรือนเกษตรกรที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ของนิคมสหกรณ์แม่สอด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก เข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 256 ครัวเรือน โดยนิคมสหกรณ์แม่สอด จะเป็นฝ่ายดำเนินการประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรเข้าร่วมโครงการและทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างให้ได้ครบตามจำนวน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถาม

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการเก็บข้อมูลของการวิจัยครั้งนี่ คือ การเสวนากลุ่ม และการใช้แบบสอบถาม

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย มีทั้งการฝึกอบรม การสาธิต และการจัดทำแปลงเรียนรู้ โดยวิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การถ่ายทอดความรู้และพัฒนาศักยภาพให้แก่เกษตรกรในนิคมสหกรณ์แม่สอด โดยการ

1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลเกษตรกรโดยใช้แบบสอบถาม เพื่อติดตามในช่วงการดำเนินงานเป็นระยะๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อดูการใช้ปัจจัยนำเข้า กิจกรรมที่กระทำ และผลที่เกิดขึ้น ข้อมูลที่ได้จะใช้เป็นฐานประกอบการตัดสินใจในขั้นประเมินผลต่อไป

1.2 เยี่ยมเยียนแปลงเกษตรกร โดยบูรณาการการทำงานร่วมกับเจ้าหน้าที่ประจำนิคมฯ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อรับทราบปัญหาและความต้องการของเกษตรกร รวมทั้งการจัดผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี และการแก้ไขปัญหาของเกษตรกร

1.3 ดำเนินการจัดฝึกอบรมตามปัญหาและความต้องการของเกษตรกรทั้งระดับครัวเรือนและกลุ่ม เพื่อให้ความรู้ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการแก่เกษตรกรอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง เกิดการเรียนรู้ การ

ยอมรับ และการแพร่กระจายนวัตกรรมไปยังเกษตรกรในพื้นที่โครงการ

1.4 จัดงานวันไร่นา (field day) โดยการนำเกษตรกรที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางการเกษตร มาสาธิตวิธีการต่างๆ ให้กับเกษตรกรรายอื่น ๆ ที่เข้าร่วมโครงการ

1.5 การสร้างจุดเรียนรู้ประจำนิคมสหกรณ์แม่สอด เพื่อเป็นตัวอย่างให้กับเกษตรกรและผู้สนใจได้ศึกษารูปแบบและนำไปประยุกต์ใช้

2. ดำเนินการนิเทศการดำเนินงานตามแผนการดำเนินงานที่กำหนดไว้ โดยการ

2.1 ร่วมประชุมคณะทำงานและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในระดับพื้นที่และระดับจังหวัดรายปักษ์ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและอุปสรรคระหว่างการดำเนินงาน

2.2 การประเมินการเข้าร่วมงานวันไร่นา โดยการประชุมคณะทำงานและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อประเมินการดำเนินงานและให้ข้อเสนอแนะในการจัดงานวันไร่นาครั้งต่อไป

2.3 การให้คำปรึกษา แนะนำ และสนับสนุนการดำเนินงานด้านการบริหารจัดการจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เพื่อให้เกิดการพัฒนาด้านที่ดินและน้ำ (land reform) ด้านวิถีชีวิตเกษตรกร (farmer reform) และด้านการจัดการ (management reform) อย่างบูรณาการ

2.4 การประชุมประจำเดือนระหว่างคณะทำงาน ผู้จัดการ ผู้เชี่ยวชาญ และเจ้าหน้าที่ประจำนิคมฯ ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อให้การดำเนินงานโครงการบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

3. ทำการประมวลผลและกำหนดแนวทางการดำเนินงาน โดยการ

3.1 จัดประชุมคณะทำงาน เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน และตัวแทนเกษตรกรที่เกี่ยวข้องในพื้นที่เพื่อติดตามความก้าวหน้า รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งส่วนกลางและระดับจังหวัดร่วมกันพัฒนา ปรับปรุงแก้ไข หรือปรับแผนให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

3.2 ทำการประเมินการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับครัวเรือนเกษตรกร โดยใช้วิธีการประเมินตนเอง เพื่อพิจารณาประสิทธิผลและประสิทธิภาพของโครงการ

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 10 เดือน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2551 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2552

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยโดยการถ่ายทอดความรู้และพัฒนาศักยภาพให้แก่เกษตรกรในนิคมสหกรณ์แม่สอด และดำเนินการนิเทศการดำเนินงานตามแผนการดำเนินงานที่กำหนดไว้ รวมทั้งทำการประมวลผลได้ผลสรุป ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์จากการประเมินผลโครงการ

เกษตรกรมีความรู้ด้านการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากขึ้น ตั้งแต่การปรับปรุงบำรุงดิน โดยการนำดินไปตรวจวัดค่า pH ของดิน การใส่ปูนโดโลไมท์เพื่อปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน การปลูกพืช

ตระกูลถั่วเพื่อไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยคอกเพื่อบำรุงดิน การเตรียมดินเกี่ยวกับการไถผาน 3 การไถผาน 7 การใช้เมล็ดพันธุ์ในอัตราที่เหมาะสม ระยะปลูกที่เหมาะสม การใส่ปุ๋ยรองพื้น การถอนแยก การกำจัดวัชพืช การใส่ปุ๋ยแต่งหน้า การเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา ซึ่งผลจากการนำความรู้ที่ได้ไปปฏิบัติจริงในแปลงเรียนรู้ของเกษตรกรทั้ง 5 ราย พบว่า ผลผลิตเพิ่มขึ้นและต้นทุนการผลิตลดลง ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น ทำให้เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการมีความเชื่อมั่นว่าโครงการดังกล่าวเป็นโครงการที่ดี มีประโยชน์ต่อตนเองและครอบครัว

2. ผลสัมฤทธิ์จากการนำความรู้ไปปฏิบัติ

2.1 การตรวจสอบคุณภาพดินเพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหาร

เกษตรกรให้ความสำคัญการเก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการปลูกพืชที่มีอยู่ในดิน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ซึ่งผลการวิเคราะห์ดินที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน ทำให้เกษตรกรมีแนวทางการปรับปรุงบำรุงดิน การเลือกใช้ชนิดของปุ๋ยและอัตราที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชชนิดต่างๆ สามารถนำไปใช้วางแผนการปลูกพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การลดการเผาตอซังข้าวโพด และการปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นพืชสลับกับข้าวโพดเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุลงไปในแปลงปลูกพืชของเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

2.2 การเพิ่มศักยภาพการผลิตพืช

2.2.1 การปลูกข้าวโพดโดยใช้รถปลูก เกษตรกรได้เรียนรู้เรื่องของการเลือกจานปลูกให้เหมาะสมกับขนาดของเมล็ดพันธุ์ซึ่งจะทำให้ประหยัดเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมกับการปลูกข้าวโพดจะช่วยลดค่าแรงงานในการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 และเมื่อข้าวโพดงอกขึ้นมาจะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยรองพื้น การใช้ระยะปลูกที่เหมาะสมจะช่วยลดค่าแรงงานในการถอนแยก การฉีดสารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช ต้องฉีดในขณะที่ดินเปียกจะทำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับการปลูกข้าวโพดตามคำแนะนำของนักวิชาการจะช่วยลดต้นทุนการผลิตไร่ละ 1,000 บาท ซึ่งเกษตรกรได้เล็งเห็นในการปฏิบัติจริงจากแปลงเรียนรู้ ผลจากการทำแปลงเรียนรู้เกษตรกรยอมรับและจะนำไปใช้ในปีต่อไป

2.2.2 การปลูกข้าวโพดโดยใช้แรงงานคนปลูก พบว่า เกษตรกรมักจะหยอดเมล็ดต่อหลุมค่อนข้างมาก 3-4 เมล็ดต่อหลุม ไม่ได้ใส่ปุ๋ยรองพื้น และไม่มีการถอนแยก จากแปลงเรียนรู้ได้แบ่งแปลงส่วนหนึ่งให้เกษตรกรทำตามวิธีดั้งเดิม และแบ่งแปลงอีกส่วนหนึ่งให้ทำตามคำแนะนำของนักวิชาการเกษตร เช่น การถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม เนื่องจากเกษตรกรมีความเสียดายต้นข้าวโพด ไม่กล้าถอนแยก นักวิชาการได้แนะนำให้ถอนแยกตั้งแต่ต้นข้าวโพดอายุได้ 14 วันหลังปลูก เพราะต้นข้าวโพดยังเล็กอยู่จะทำให้การเสียดายลดลง ผลจากการถอนแยกต้นข้าวโพดเหลือ 1 ต้นต่อหลุม ทำให้ผลผลิตของเกษตรกรเพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ เกษตรกรยอมรับการถ่ายถอดเทคโนโลยีใหม่ และจะนำไปใช้ในปีต่อไป

2.2.3 การชะลอการเก็บเกี่ยวฝักข้าวโพด โดยการลิดยอดข้าวโพดทิ้งให้เหลือแต่ฝักข้าวโพดติดต้นไว้ ก่อนจะลิดยอดข้าวโพดให้เกษตรกรหว่านถั่วเขียวผิวมันหรือถั่วเขียวผิวดำให้ทั่วแปลงก่อนจึงค่อยลิดยอดข้าวโพด การปล่อยฝักข้าวโพดติดต้นจะทำให้ความชื้นของฝักข้าวโพดลดลง ช่วยลดการไถพรวนสำหรับการปลูกถั่วเขียว ผลปรากฏว่า เกษตรกรยอมรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและนำไปปฏิบัติตาม

2.3 การจัดทำบัญชีครัวเรือน

เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการมีการเรียนรู้การจัดทำบัญชีครัวเรือนเพื่อทราบรายได้และรายจ่ายของครัวเรือนที่ได้จากการทำการเกษตร เพื่อทราบสถานะของกำไรหรือขาดทุน ต้นทุนหรือรายจ่ายประเภทใดที่สูงเกินไปที่ต้องดำเนินการแก้ไข เพื่อให้เกิดการลดต้นทุนการผลิตทำให้เกิดการวางแผนการผลิตได้อย่างรอบคอบ

แนวทางการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการนิคมการเกษตร

จากการวิเคราะห์ถึงศักยภาพของชุมชนและเกษตรกรในเขตนิคมสหกรณ์แม่สอด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก พบว่า แนวทางการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการนิคมการเกษตรข้าวโพดในเขตนิคมสหกรณ์แม่สอด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จะต้องมีการบูรณาการร่วมกันทั้งหมด 3 ฝ่ายด้วยกัน ดังภาพที่ 1 คือ

1. เกษตรกรที่อาศัยอยู่ในเขตนิคมสหกรณ์
2. สหกรณ์นิคมแม่สอด จำกัด
3. พันธมิตรทางธุรกิจ

ซึ่งทั้ง 3 ฝ่ายจะต้องมีการพัฒนาศักยภาพของตนเอง และบูรณาการด้านต่างๆ ร่วมกัน ดังนี้

เกษตรกรที่อาศัยอยู่ในเขตนิคมสหกรณ์

จากการวิเคราะห์ศักยภาพของเกษตรกรที่อาศัยอยู่ในเขตนิคมสหกรณ์แล้ว พบว่า เกษตรกรมีความรู้ความสามารถในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างดี แต่ยังต้องมีการพัฒนาศักยภาพเพิ่มเติม ดังนี้

1. การปฏิรูปที่ดินและน้ำ ดังนี้

1.1 การจัดการทรัพยากรน้ำ โดยการสนับสนุนจากหน่วยงานภายนอก คือ กรมชลประทาน เข้ามาช่วยในการพัฒนาอ่างเก็บน้ำ และขุดคลองชลประทาน เพื่อให้มีน้ำสำหรับการเพาะปลูกกระจายไปยังพื้นที่ปลูกข้าวโพดของเกษตรกรได้อย่างทั่วถึง

1.2 การจัดการทรัพยากรดิน โดยการสนับสนุนจากหน่วยงานภายนอก คือ กรมพัฒนาที่ดิน เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และปรับปรุงดินให้มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2. การปฏิรูปวิถีชีวิตเกษตรกร ดังนี้

2.1 การเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวโพด โดยการสนับสนุนองค์ความรู้จากหน่วยงานภายนอกที่เกี่ยวข้องเข้ามาให้ความรู้เรื่องเทคนิคใหม่ๆ เกี่ยวกับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และการทดลองพันธุ์ข้าวโพดเพื่อหาพันธุ์ที่เหมาะสำหรับการเพาะปลูกในพื้นที่ของเกษตรกร

2.2 การวิเคราะห์สภาพทางการเงิน โดยการสนับสนุนองค์ความรู้จากหน่วยงานภายนอก คือ กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ เข้ามาช่วยให้ความรู้เรื่องการจัดทำบัญชีครัวเรือน และการจัดทำบัญชีฟาร์ม

2.3 การสร้างจิตสำนึกต่ออุดมการณ์ของสหกรณ์ โดยการให้สหกรณ์นิคมแม่สอดเป็นผู้ให้การฝึกอบรมเรื่องหลักและความสำคัญของสหกรณ์ ซึ่งจะทำให้เกษตรกรเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ของสหกรณ์เพิ่มมากขึ้น และเห็นความสำคัญของสหกรณ์ที่มีต่อตนเองและชุมชนต่อไป

นอกจากนี้เกษตรกรที่อาศัยอยู่ในเขตนิคมสหกรณ์ ยังสามารถพัฒนาศักยภาพเพิ่มเติมได้จากการถ่ายทอดองค์ความรู้หรือการแลกเปลี่ยนความรู้จากผู้นำเกษตรกรในพื้นที่ได้อีกทางหนึ่งด้วย

สหกรณ์นิคมแม่สอด จำกัด

สหกรณ์นิคมแม่สอด จำกัด มีศักยภาพในการขายปัจจัยการผลิต และมีความสัมพันธ์กับพ่อค้าที่รับซื้อข้าวโพดจากสหกรณ์นิคมเป็นอย่างดี แต่หากจะต้องทำการซื้อขายผลผลิตข้าวโพดของสมาชิกสหกรณ์ทั้งหมด สหกรณ์จะต้องมีการพัฒนาดังนี้

1. ปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน/อุปกรณ์ตลาด เช่น เครื่องกะเทาะข้าวโพด รถบรรทุกพ่วง รถตักเครื่องอบลดความชื้น ลานตาก ฉาง เป็นต้น เพื่อให้มีศักยภาพในการรับซื้อผลผลิตข้าวโพดของสมาชิก

2. ให้บริการสินเชื่อเพื่อการเกษตร เนื่องจากสหกรณ์สามารถหาแหล่งเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำได้ ดังนั้นการให้บริการสินเชื่อดอกเบี้ยต่ำแก่สมาชิก ก็จะเป็นการช่วยลดภาระด้านดอกเบี้ยเงินกู้ให้กับสมาชิกได้

3. จัดหาปัจจัยการผลิต เนื่องจากสหกรณ์มีการซื้อปัจจัยการผลิตในปริมาณมาก ทำให้ต้นทุนของปัจจัยการผลิตที่จะนำมาขายให้แก่สมาชิกต่ำกว่าท้องตลาด ดังนั้นจะทำให้สมาชิกได้ซื้อปัจจัยการผลิตในราคาที่ต่ำกว่าท้องตลาดด้วย

4. จัดตั้งศูนย์บริการเครื่องจักรกล เนื่องจากในการปลูกข้าวโพดของเกษตรกรในพื้นที่ ส่วนใหญ่มักจะจ้างรถปลูก ซึ่งการปลูกแต่ละครั้งก็ไม่ได้มีมาตรฐานที่แน่นอน ผู้ที่ขับรถรับจ้างปลูกมักจะปลูกเพื่อให้แล้วเสร็จเท่านั้น โดยไม่ได้มีการปรับขนาดของรูหยอดเมล็ดให้เหมาะสมกับขนาดของเมล็ดข้าวโพดที่ปลูก ทำให้บางครั้งเมล็ดที่ปลูกลงไปในแต่ละหลุมมีมากเกินไป เกษตรกรต้องมีต้นทุนค่าเมล็ดพันธุ์ที่เพิ่มสูงขึ้น

5. การสร้างองค์ความรู้ให้แก่เกษตรกร สหกรณ์จะต้องคอยให้ความรู้เพิ่มเติมแก่สมาชิกอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้เพื่อให้สมาชิกได้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ทั้งต่อการเกษตร ต่อครอบครัว และต่อสหกรณ์ต่อไป

6. เน้นการตลาดนำการผลิต เนื่องจากสหกรณ์มีความสัมพันธ์ที่ดีอยู่แล้วกับพ่อค้าคนกลางที่รับซื้อรวมทั้งสหกรณ์ก็ทราบปริมาณผลผลิตที่สมาชิกจะนำมาขายให้กับสหกรณ์ ประกอบกับสหกรณ์จะต้องมีการจัดทำแผนธุรกิจเป็นประจำทุกปี ดังนั้นสหกรณ์จะต้องมี “ปฏิรูปการจัดการ” โดยทำดังนี้

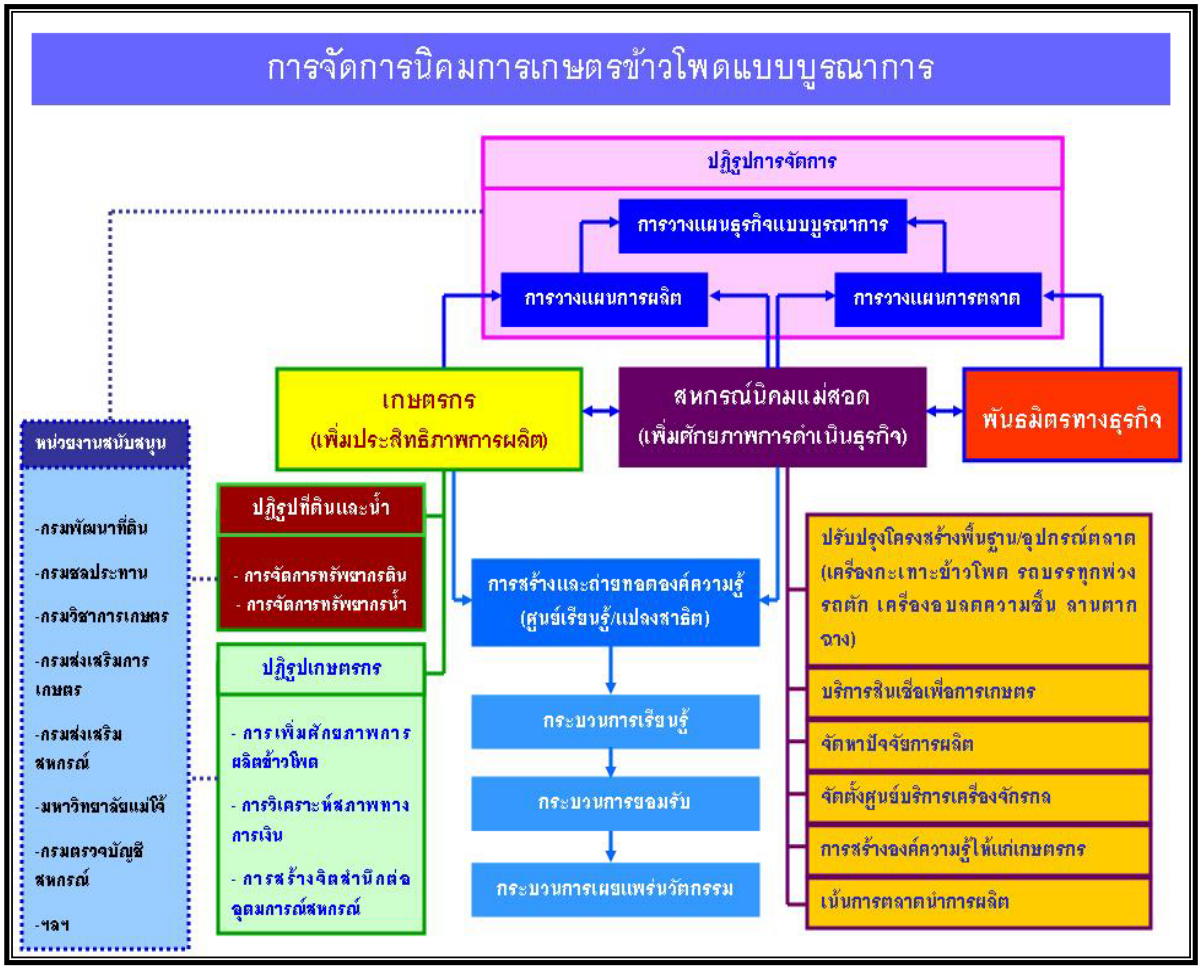
6.1 การวางแผนการตลาดร่วมกับพันธมิตรทางธุรกิจ ซึ่งมีความสัมพันธ์ที่ดีต่อกันอยู่แล้ว ทั้งนี้เพื่อให้สหกรณ์มีความมั่นใจได้ว่าผลผลิตข้าวโพดที่รับซื้อจากสมาชิกสามารถขายได้ และพันธมิตรก็มีความมั่นใจเช่นเดียวกันว่า มีผลผลิตข้าวโพดที่จะรับซื้อตรงตามคุณภาพและปริมาณที่ต้องการ

6.2 การวางแผนการผลิตร่วมกับเกษตรกร เนื่องจากสหกรณ์ทราบถึงความต้องการของพันธมิตรที่รับซื้อ และทราบพื้นที่และปริมาณการเพาะปลูกที่สามารถคาดคะเนผลผลิตข้าวโพดที่จะออกมาของสมาชิกได้ ดังนั้นการวางแผนการผลิตร่วมกันจะทำให้เกษตรกรมั่นใจได้ว่า สามารถขายผลผลิตได้ และสหกรณ์ก็มีความมั่นใจว่า สามารถรับซื้อผลผลิตจากเกษตรกรได้ตามความต้องการของพันธมิตร

6.3 การวางแผนธุรกิจแบบบูรณาการ การที่สหกรณ์มีการวางแผนการตลาด ร่วมกับพันธมิตรทางธุรกิจ และวางแผนการผลิตร่วมกับเกษตรกรที่เป็นสมาชิกแล้ว สหกรณ์จะต้องจัดทำแผนธุรกิจ โดยการบูรณาการงานที่เกี่ยวข้องให้มีความสอดคล้องกัน เพื่อให้การดำเนินงานของแผนธุรกิจเป็นไปตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

พันธมิตรทางธุรกิจ

สำหรับพ่อค้าที่รับซื้อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากสหกรณ์นิคมแม่สอด จะไม่มีการทำสัญญาซื้อขายล่วงหน้าแต่จะอาศัยการไว้เนื้อเชื่อใจกัน และการเคยซื้อขายระหว่างกันเป็นส่วนใหญ่ สำหรับพันธมิตรทางธุรกิจของสหกรณ์นิคมแม่สอด จำกัด มีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี มีการซื้อขายกันอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นหากสหกรณ์และพันธมิตรได้มีการกำหนดแผนการรับซื้อร่วมกัน ก็จะทำให้การซื้อขายผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นไปได้อย่างราบรื่น



ภาพที่ 1 การจัดการนิคมการเกษตรข้าวโพดแบบบูรณาการ

ข้อเสนอแนะ

จะเห็นได้ว่า กลไกที่สำคัญในการขับเคลื่อนการจัดการนิคมการเกษตรข้าวโพดแบบบูรณาการ คือ **“สหกรณ์นิคมแม่สอด จำกัด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก”** เนื่องจากจะเป็นหน่วยงานที่เชื่อมระหว่างเกษตรกรและพ่อค้าที่รับซื้อผลผลิต โดยมีการจัดทำแผนธุรกิจที่มีการบูรณาการทั้งทางด้านการผลิต การตลาด และด้านอื่นๆ ให้มีความสอดคล้องและสัมพันธ์กันเพื่อให้กระบวนการในการขับเคลื่อนการจัดการนิคมการเกษตรข้าวโพดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล รวมทั้งสหกรณ์ยังมีศักยภาพในการ

ช่วยเหลือเกษตรกรในหลายๆ ด้าน เช่น การสนับสนุนแหล่งเงินทุนดอกเบี้ยต่ำ การจัดหาปัจจัยการผลิต การให้ความรู้ต่างๆ แก่เกษตรกรที่เป็นสมาชิก

นอกจากนี้เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สหกรณ์และเกษตรกรที่เป็นสมาชิก จะต้องร่วมกันสร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับการจัดการข้าวโพด โดยการจัดตั้ง **"ศูนย์เรียนรู้หรือแปลงเรียนรู้ภายในพื้นที่ของเกษตรกร"** เพื่อให้เกษตรกรรายอื่นๆ ได้เข้ามาศึกษาและแลกเปลี่ยนความรู้ต่างๆ และหากเกษตรกรเกิดการยอมรับในองค์ความรู้นั้นๆ แล้ว ก็จะนำไปปรับใช้กับการจัดการข้าวโพดของตัวเองและบอกต่อให้กับเกษตรกรรายอื่นๆ ทั้งภายในพื้นที่และนอกพื้นที่ของนิคมสหกรณ์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรในเขตพื้นที่นิคมสหกรณ์แม่สอด สหกรณ์นิคมแม่สอดจำกัด นิคมสหกรณ์แม่สอด รวมทั้งหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องที่ได้ให้ความร่วมมือในการบูรณาการทำงานร่วมกันเป็นอย่างดี และการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (สปก.) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2551. **ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 10 ปีย้อนหลัง (พ.ศ. 2542-2551).** ตาก.

นิคมสหกรณ์แม่สอด. 2551. **สรุปการบูรณาการแผนปฏิบัติการนิคมการเกษตร พืชพลังงานทดแทน ในเขตนิคมสหกรณ์แม่สอด จังหวัดตาก.** ตาก.

_____. 2552. **ข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นของตำบลแม่กาษา อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก.** ตาก.

มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2552. **แผนปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยแม่โจ้.** เชียงใหม่.

_____. 2552. **รายงานกิจกรรม และผลที่เกิดขึ้นตามแผนปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยแม่โจ้.** เชียงใหม่.

สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดตาก. 2552. **แผนที่กลุ่มชุดดิน ตำบลแม่กาษา อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก.** ตาก.

สหกรณ์นิคมแม่สอด จำกัด. 2552. **รายงานกิจการ ประจำปี พ.ศ. 2551.** ตาก.

องค์การบริหารส่วนตำบลแม่กาษา. 2551**. ข้อมูลประชากรในตำบลแม่กาษา มีการรวมตัวกันเป็นกลุ่มอาชีพ และกลุ่มอาชีพเสริม.** ตาก.

การรับรู้ตนเองของครูสอนภาษาอังกฤษด้านการสอนวัฒนธรรม: กรณีศึกษาโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

English Language Teachers' Self-perception of Cultural Teaching: A Case Study of Secondary Schools in Muang District, Chiang Mai Province

แววววรรณ พุทธรักษา* สุมิตรา สุรรัตน์เดชา กฤตยา อกนิษฐ์ และสุนิดา ศิวปฐมชัย

Weowan Budharugsa*, Sumittra Suraratdecha, Krittaya Akanit and Sunida Siwapathomchai

สถาบันวิจัยภาษาและวัฒนธรรมเอเชีย มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม 73170

Research Institute for Language and Culture of Asia, Mahidol University, Nakhonpathom, Thailand 73170

*Corresponding author: weowan_nien@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการรับรู้ตนเองของครูสอนภาษาอังกฤษด้านการสอนวัฒนธรรม กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูสอนภาษาอังกฤษระดับมัธยมศึกษาในโรงเรียนรัฐบาลเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2552 เครื่องมือวิจัย คือ แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าครูส่วนใหญ่มีจุดมุ่งหมายในการส่งเสริมทักษะการเรียนและความรู้ทางภาษามากกว่าทักษะและความรู้ด้านการสื่อสารระหว่างวัฒนธรรม หากมีการสอนวัฒนธรรม ครูส่วนใหญ่มีแนวโน้มให้ความรู้ด้านวิถีชีวิตประจำวันซึ่งเป็นหัวข้อทางวัฒนธรรมที่ครูมีความรู้มากที่สุด และส่งเสริมทักษะการเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างระหว่างวัฒนธรรมต่างประเทศและวัฒนธรรมไทย

คำสำคัญ: การรับรู้ตนเอง ครูสอนภาษาอังกฤษ การสอนวัฒนธรรม โรงเรียนมัธยมศึกษา

Abstract

This paper was aimed to investigate Thai EFL secondary school teachers' self-perception of cultural teaching. The sample consisted of 54 English language teachers teaching at four government secondary schools in Muang district, Chiang Mai province in the second semester, academic year 2009. The research tools were questionnaire and interview. Findings showed that most teachers aimed to promote the learning skills and linguistic knowledge rather than the intercultural competence knowledge and skills. In terms of culture teaching, they tended to pass on knowledge about routine foreign daily life activities which was their most familiar topic, and to promote students to compare and contrast the similarity and difference between foreign culture and that of Thai.

Keywords: English language, teachers' perception, culture teaching, secondary schools

Introduction

Recently, intercultural competence has played an important role in the foreign language education which Meyer (1991cited in Cortazzi and Jin, 1999) defined it as “the ability of a person to behave adequately in a flexible manner when confronted with actions, attitudes and expectations of representatives of foreign cultures”. The widely used communicative competence teaching which focuses on the four main competences, namely, grammatical, sociolinguistic, discourse and strategic competence (Canale and Swain, 1980; Canale 1983 cited in Cortazzi and Jin, 1999) may not be sufficient to encounter with different cultures.

Thailand basic education curriculum 2001 (Ministry of Education, 2002) aims students to understand the similarity and difference between foreign culture and Thai culture as being the world citizens. Students will also understand and be proud of the Thai language and culture. Meanwhile, they will have positive attitude toward foreign language. Furthermore, the curriculum expects students to understand cultural diversity of the world and be able to creatively disseminate Thai culture to the world. The fact that this curriculum needs the students to understand their own culture and also have a positive attitude toward the foreigners can be considered to be intercultural competence purpose.

As stated in the national curriculum, it is expected that English language teachers should teach intercultural competence in their teaching practice and they have a vital role to support the intercultural competence. The researcher thus wants to investigate teachers’ self-perception concerning cultural dimension since it is believed that teachers’ perception will lead to their teaching practice (Knowles and Reynolds, 1991; Pajares, 1992; Nespor, 1987; Sercu, 2005).

Methodology

In this study, two methods were used for data collection: a close and open-ended questionnaire adapted from Sercu (2005)’s web-based questionnaire in international investigation of foreign language teachers and intercultural competence and semi-structured interview. The participants in this study are 54 Thai EFL secondary school teachers from 4 government schools in Muang district, Chiang Mai province.

Results of the Study

1. Demographic information of participants

Majority of the teachers were female (81.3%). More than one-half of the teachers (55.4%) were 51-60 years old. Most of them were Bachelor's degree holders (77.1%), and the rest were Master's degree and Ph.D. degree holders (20.8 and 2.1%, respectively). In terms of their discipline of highest education, the majority majored in English language teaching (52.1%), and the rest were English (37.5%) and other discipline (10.4%). Most of the teachers had 31-35 years of teaching experience (31.3%) and followed by 26-30 years (27.1%). The majority (66.7%) had a teaching load of 16-20 hours per week. Most of them (54.2%) taught higher secondary students. In terms of the number of students in one class, most of them (60.4%) had 41-50 students in one class.

2. Objectives of English language teaching

It is assumed that teachers' teaching practice is highly determined by the aims they intend to achieve. The hypothesis is that teachers who define the objectives of their teaching in terms of intercultural competence will be more willing to integrate intercultural competence into their teaching than those who aim at developing linguistic and communicative competence. Teachers were asked to rank the 8 objectives based on most to least importance (the first rank scored 8 and the last rank scored 1). The objectives are presented below in Table 1, with the mean scores obtained for all teachers:

Table 1 Teachers' views regarding the objectives of English language teaching

Objectives	Mean
1. Promote my students' enthusiasm for learning English language	6.09
2. Assist my students to acquire skill that will be useful in other subject areas and in life (such as memorise, summarise, put into words, formulate accurately, give a presentation, etc.)	5.31
3. Promote the acquisition of learning skills that will be useful for learning other foreign languages.	4.58
4. Promote the acquisition of a level of proficiency in English language that will allow the learners to use English language for practical purposes	4.40
5. Promote the acquisition of an open mind and a positive disposition towards unfamiliar cultures	4.16
6. Assist my students in developing a better understanding of their own identity and culture	4.07
7. Assist my students to acquire a level of proficiency in English language that will allow them to read English literary works	3.69
8. Promote my students' familiarity with the culture, the civilization of the countries where English language is spoken	3.64

The ranking clearly suggests that most of the teachers try to achieve the linguistic and learning skills goal and consider the promotion of cultural awareness in their students less important as they are ranked the respective fifth, sixth and eighth (last rank) position of “promote the acquisition of an open mind and a positive disposition towards unfamiliar cultures”, “assist my students in developing a better understanding of their own identity and culture” and “promote my students’ familiarity with the culture, the civilization of the countries where English language is spoken” presented.

3. Teachers’ conception of culture teaching objectives

Teachers were asked to rank the 9 objectives based on most to least importance (the first rank scored 9 and the last rank scored 1). These objectives are presented below in table 2, with the mean scores obtained for all teachers:

Table 2 Teachers’ objectives for culture teaching

Objectives	Mean
1. Provide information about daily life and routines (knowledge)	6.32
2. Promote increased understanding of students’ own culture (skill on culture comparison)	5.62
3. Promote reflection on cultural differences (knowledge and skills)	5.51
4. Develop attitudes of openness and tolerance towards other people and cultures (attitudes)	5.38
5. Provide information about shared values and beliefs (knowledge)	5.26
6. Provide experiences with a rich variety of cultural expressions (literature, music, theatre, film, etc.) (knowledge)	4.70
7. Promote the ability to handle intercultural contact situations (skills)	4.35
8. Promote the ability to empathize with people living in other cultures (skills)	4.02
9. Provide information about the history, geography and political conditions of the foreign cultures (knowledge)	3.94

English language teachers appear to perceive culture teaching mainly in terms of passing on information regarding daily life and routines of the foreign culture(s) associated with the English language. The skill and attitude components were ranked second, third and fourth, respectively: to promote understanding of students’ own culture, skills and knowledge to promote reflection on cultural differences and to develop attitudes of openness and tolerance towards other people and cultures.

4. Teachers' awareness of their sociocultural background knowledge

The assumption is that the more familiar a teacher is with the foreign culture(s) associated with the English language, the more willing s/he will be to promote the development of intercultural competence in her/his learners. The teachers were asked to list the countries primarily associated with the English language as shown in the table below:

Table 3 Countries associated with English language

Countries	Frequency	Countries	Frequency
United States of America	25	Philippines	3
United Kingdom	24	South Africa	3
Australia	18	Europe	3
Canada	15	Hong Kong	2
New Zealand	12	Zambia	1
India	4	many countries	1
Singapore	4	every country	1

Since English is an international language, it is common to see the teachers mentioned more than one country as being associated with English language. The United States and the United Kingdom are the countries generally linked with English language. However, there is also other nations, which are not considered in EFL teaching, begin to play a new role in English language education: Australia, Canada, New Zealand, India, Singapore and the Philippines. Even a teacher mentions "many countries" and another one mentions "every country". This reflects the international status of the English language.

Moreover, teachers were asked to indicate their degree of familiarity with a number of cultural topics from very familiar, sufficiently familiar, not sufficiently familiar and not familiar at all. Table 4 shows the order in which the topics could be listed on the basis of mean scores for all teachers.

Table 4 Teachers' perception of degree of familiarity with a number of cultural topics

Topics	Mean	Meaning
1.Daily life and routines, living conditions, food and drink, etc.	3.23	sufficiently familiar
2. Professional life, Education	2.94	sufficiently familiar
3. Youth culture	2.85	sufficiently familiar
Traditions, folklore, tourist attractions	2.85	sufficiently familiar
4. Other cultural expressions (music, drama, art)	2.77	sufficiently familiar
5. International relations between Thailand and other countries	2.67	sufficiently familiar
6. Different ethnic and social groups	2.49	not sufficiently familiar
7. Values and beliefs	2.48	not sufficiently familiar
8. History, geography, political system	2.44	not sufficiently familiar
9. Literature	2.33	not sufficiently familiar

The aspects of the foreign culture English language teachers appear to be most familiar with is "daily life and routines", an aspect which appears prominently in most English language textbooks used in Thailand and it is only one topic that no teacher stated that she/he considered him/herself not familiar at all.

Other topics namely youth culture, professional life and education, traditions, folklore, tourist attractions, other cultural expressions and international relations between Thailand and other countries are in the middle-ground. On the other hand, teachers appear to not sufficiently familiar in foreign history, geography, political system, different ethnic and social groups, values and beliefs. Finally, the least familiar topic is literature which 50% stated that they are not sufficiently familiar with it.

5. Teachers' perception of the frequency of their contacts with foreign cultures and countries

It is relevant to investigate to what extent teachers' cultural knowledge is determined by their actual contact with the foreign cultural background. Teachers' contact was viewed from the two perspectives: while at home and abroad. Table 5 shows teachers' contacts with the foreign community/ies in their different visits.

5.1 Direct contact at abroad

Table 5 Kinds and frequency of teachers' direct contact to foreign cultures/ countries associated with English language abroad

Kinds of contact	Mean	Description
1. Tourist staying in a foreign country	2.42	seldom
2. Participation in a teacher training program or a foreign language course in a country using foreign language	2.23	seldom
3. Visit relatives or friends	2.21	seldom
4. School trips	2.10	seldom
5. Work visits (within the framework of an exchange project)	1.98	seldom

As a whole, English language teachers appear to have low frequency of direct contact with the foreign culture(s)/ countries associated with English language. The highest type of contact is tourist trips which 45.8% stated that they sometimes go abroad for travel purpose while 25% never. The second is the participation in a teacher training program or a foreign language course in a country using foreign language, 41.7% of them sometimes do while 35.4% never.

The remaining contacts occur is visiting relatives or friends the most popular of them. Lastly, visits to the foreign country other than teachers' personal purposes are the least frequent contact: school trips, 35.4% never do, 25% seldom do which seem to be considered by teachers to not be part of their professional duties and work visit (within the framework of an exchange project) which most of teachers (45.7%) stated they never do this.

The kind of relationship established with the foreign community and the kind of cultural knowledge gained differs in both instances. Tourist trip gives a superficial and external intercultural experience, the opportunities to contact with the members of the foreign country is reduced. On the other way, a professional type of knowledge is derived from participation in a teacher training program or a language course.

5.2 Contact at home

Teachers were likewise to specify the frequency of their contact with the foreign cultures while staying in Thailand

Table 6 Kinds and frequency of teachers' direct contact to foreign cultures/ countries associated with English language at home

Kinds of contact	Mean	Description
1. Media contact	3.45	sometimes
2. Contact with foreign language assistants (usually from English speaking countries) in my school	3.17	sometimes
3. Contact with foreign teachers or students who visit my school	3.10	sometimes
4. Contact with people from the foreign country who live in Thailand	2.98	sometimes
5. Visit the cultural institute representing the foreign country	2.46	seldom

The data presented in table 6 shows that the most popular kind of foreign culture contact is through the media. While 52.3% of the teachers stated that they have regular media contact. The second and third positions are contact with the foreign language assistants in school and contacts with foreign teachers who visit schools. No teacher report that they never do these three contact. However, when considering on the whole, they appear to only occasionally contact with these three contacts.

Teachers sometimes contact with people from foreign countries living in Thailand. This is because there are many foreigners including diverse native English speakers who live in Thailand especially Chiang Mai. Visit to the cultural institute representing the foreign country in Thailand is the source of information least drawn upon, in spite of the fact that there are many cultural institutes in the city of Chiang Mai. Only four teachers acknowledge having additional contacts. They mentioned "internet via blogs or chatting", "contact with foreign friend who are English speaking people", "tourists" and "conferences".

In conclusion, when considering both abroad and at home contact data, the kinds of contact the teachers appear to have most often are media contact, followed by the contact with native foreign language teachers in school, contact with foreign teachers who visit school, and contact with people from foreign countries who live in Thailand. These are all contacts while at home and affect the kind of information teachers will dispose of: media contacts which maybe biased, but personal contacts with people originating from English-speaking countries provides a valuable insider view.

Discussion and Conclusion

Most English language teachers aim to promote the learning skills and linguistic knowledge for their students rather than to promote the intercultural competence knowledge and skills. This may due to the fact that most of their learners are high school students who have to be prepared for their university admission. Therefore, most teachers appear to focus on promoting learning strategies and linguistic knowledge for their students. However, in terms of culture teaching, they tend to follow the basic curriculum that is to pass on knowledge about foreign daily life and routines and those of Thai. Thus students can perceive the similarity and differences of most daily life and routine aspects without the skills to handle intercultural contact situations.

In terms of teachers' foreign cultural background knowledge, the countries that they are familiar with are United States of America and United Kingdom. Teachers are sufficiently familiar with topics appeared prominently in English language textbooks especially daily life and routine which corresponds to the culture teaching objective. Literature is the topic which teachers are familiar least so it tends to have no role in English language education. This may stem from teachers' professional training and teacher education curriculum that mainly educated linguistic teaching.

Moreover, teachers have low frequency of direct contact with the foreign culture/ countries associated with English language at abroad. Most of the contacts are at home with mostly the media contacts and native English speaker teachers at schools. This finding indicates that English language teachers do not have many opportunities to learn the foreign culture abroad. The cultural knowledge teachers that the teachers receive mostly are media which may be biased. However, teachers can ask and learn foreign cultures from foreign teachers who are teaching in their school. Moreover, teachers do not have time to visit the foreign culture institutes in the city because of their teaching load and the small amount of school budget for teachers and students' field trips.

References

Cortazzi, M. and L. Jin. 1999. Cultural Mirrors: materials and methods in the EFL classroom. In E. Hinkel (ed.) **Culture in Second Language Teaching and Learning**. Cambridge University Press: New York. pp. 196-219.

Department of Academic Affairs, Ministry of Education. 2002. **Substances and Standard in Foreign Language: Thailand Basic Education Curriculum.** The Express Transportation Organization of Thailand: Bangkok. p.40.

Sercu, L.. 2005. **Foreign Language Teachers and Intercultural Competence: An International Investigation**. Multilingual Matters: Clevedon. p.219.

ความคิดเห็นของนักศึกษาต่อวิชา ศท 344 ภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว 1

Students' Opinion on the Subject GE 344 English for Tourism 1

กรรณิการ์ กาญจันดา

กลุ่มศึกษาพื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาเขตแพร่ แพร่ 54140

Fundamental Section, Maejo University, Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

Corresponding author: kannika_nn@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยในชั้นเรียน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาต่อวิชา ศท 344 ภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว 1 ในด้านเอกสารประกอบการสอน กิจกรรมการเรียน และคุณลักษณะผู้สอน ประชากร คือ นักศึกษาสาขาพัฒนาการท่องเที่ยว ชั้นปีที่ 2 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา ศท 344 จำนวน 48 คน เครื่องมือวิจัยที่ใช้ คือ แบบสอบถามความคิดเห็น มีลักษณะเป็นแบบประมาณค่า (rating scale) แบ่งเป็น 3 ตอนตามวัตถุประสงค์การวิจัย ผลการวิจัยปรากฏ ดังนี้ 1) ด้านเอกสารประกอบการสอน นักศึกษาส่วนใหญ่เห็นว่าเอกสารประกอบการสอนมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี ด้านเนื้อหาวิชามีความสมบูรณ์และเหมาะสมกับระดับความรู้ของนักศึกษา เอกสารประกอบการสอนมีเค้าโครงการสอนอธิบายรายละเอียดวิชาชัดเจน อีกทั้งมีการระบุกิจกรรมการเรียนชัดเจนสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของแต่ละบทเรียน 2) ด้านกิจกรรมการเรียนมีความเหมาะสมในระดับดีมากหลายด้าน ได้แก่ กิจกรรมการเรียนการสอนเน้นให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติ กิจกรรมการเรียนส่งเสริมให้นักศึกษาได้คิดและแก้ไขปัญหา และให้นักศึกษาได้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ 3) ด้านคุณลักษณะผู้สอน นักศึกษาเห็นว่าผู้สอนมีคุณลักษณะเหมาะสมในระดับดีมากหลายด้าน คือ ผู้สอนเข้าสอนสม่ำเสมอและสอนตรงเวลา ผู้สอนตั้งใจสอนและกระตือรือร้น มีความสามารถในการสื่อสารและอธิบายได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ ยังเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและแสดงความคิดเห็นในการกิจกรรมการเรียนการสอน

คำสำคัญ: ความคิดเห็น คุณลักษณะ ศท 344

Abstract

The objective of this classroom research was to investigate students' opinion on the subject GE 344 (English for Tourism 1) concerning the course book, learning activities and instructor's characteristics. The population in this study consisted of 48 second year students in tourism development, Meajo University, Phrae campus, school year 2008. A set of rating scale questionnaires was used for data collection. Results of the study revealed the following: 1) most of the respondents perceived that the course book was appropriate at a high level in terms of content, clear course outline, and learning activities; 2) classroom activities were suitable for the respondents at a highest level in terms of problem-solving, and classroom participation; and 3) the respondents agreed that the instructor had appropriate characteristics at a highest level in terms of punctuality, attention, enthusiasm, clear explanation, and provision of idea sharing.

Keywords: opinion, characteristics, GE 344

คำนำ

รายวิชา ศท 344 ภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว 1 จัดอยู่ในกลุ่มวิชาแกน หมวดวิชาเฉพาะสาขาวิชาพัฒนาการท่องเที่ยว ซึ่งนักศึกษาต้องเรียนภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว ดังนี้ ศท 344 ภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว 1 ศท 345 ภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว 2 และ ศท 346 ภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว 3 ตามลำดับ และนอกจากนี้ยังมีรายวิชาภาษาอังกฤษอื่นๆ ที่นักศึกษาจะต้องเรียน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าภาษาอังกฤษมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนของนักศึกษาสาขาวิชาพัฒนาการท่องเที่ยว นอกจากนี้ ยังถือได้ว่ารายวิชา ศท 344 ภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว 1 เป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว เพราะหากนักศึกษาสอบตกในวิชาดังกล่าวแล้ว จะไม่สามารถลงทะเบียนเรียนภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว 2 และ 3 ต่อไปได้ และขณะเดียวกันอาจส่งผลให้นักศึกษาไม่สามารถเรียนจบภายในระยะเวลาตามที่กำหนดได้ จากความสำคัญของรายวิชาดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยต้องการที่จะศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาต่อองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนใน 3 ด้าน คือ เอกสารประกอบการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน และคุณลักษณะผู้สอน โดยผลที่ได้จากการวิจัยจะนำไปปรับปรุงและพัฒนากระบวนการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งต่อผู้สอนและผู้เรียน ทั้งนี้เพื่อให้กระบวนการเรียนการสอนบรรลุตามวัตถุประสงค์ของรายวิชา

วัตถุประสงค์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาต่อวิชา ศท 344 ภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว 1 ในด้านเอกสารประกอบการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน และคุณลักษณะผู้สอน

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาต่อวิชา ศท 344 ภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว 1 โดยวัดความคิดเห็นของนักศึกษาต่อองค์ประกอบต่างๆ ในรูปแบบของระดับคะแนน มีลักษณะเป็นแบบประมาณค่า (rating scale) โดยแบ่งระดับคะแนน ออกเป็น 5 ระดับ คือ เห็นด้วยมากที่สุด เห็นด้วยมาก เห็นด้วยปานกลาง เห็นด้วยน้อย และ เห็นด้วยน้อยที่สุด กำหนดคะแนนเป็น 5, 4, 3, 2, 1 ตามลำดับ แบบสอบถามประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เอกสารประกอบการสอน เป็นการสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับเค้าโครงการสอน การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียน ความเหมาะสม และความหลากหลายของเนื้อหาวิชา ความเหมาะสมของจำนวนแบบฝึกหัดในแต่ละบทเรียน ความรู้และประโยชน์ที่ได้รับ เป็นต้น โดยมีรายการทั้งหมด 10 ข้อ

ตอนที่ 2 กิจกรรมการเรียนการสอน เป็นการสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของการทดสอบย่อย ความน่าสนใจของกิจกรรมการเรียน ความหลากหลายของวิธีสอน การใช้สื่อ การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนของนักศึกษา ความเหมาะสมของการมอบหมายงานแก่นักศึกษา เป็นต้น โดยมีรายการทั้งหมด 8 ข้อ

ตอนที่ 3 คุณลักษณะของผู้สอน เป็นการสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการตรงต่อเวลา ความตั้งใจในการสอน การเตรียมการสอน การตรวจแก้ไขงาน ความเอาใจใส่ต่อนักศึกษา การเปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็น เป็นต้น โดยมีรายการทั้งหมด 8 ข้อ

วิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา (descriptive research) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับการเรียนการสอนในรายวิชา ศท 344 ภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว 1 ซึ่งมีวิธีการวิจัย ดังนี้

1. ประชากร คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ สาขาพัฒนาการท่องเที่ยว ชั้นปีที่ 2 ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ศท 344 ภาษาอังกฤษสำหรับการท่องเที่ยว 1 ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 48 คน

2. วิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบสอบถาม และรูปแบบของแบบสอบถาม แล้วสร้างข้อความจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องโดยให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการทราบ

2.2 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความชัดเจนและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อความ และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

2.3 นำแบบสอบถามไปคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น (reliability) ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (α -Coefficient) กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 20 คน ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม เท่ากับ 0.785 แล้วนำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปใช้ในการเก็บข้อมูล

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยให้นักศึกษาตอบแบบสอบถาม ทั้งนี้ผู้วิจัยแจกและเก็บแบบสอบถามเองในห้องเรียน หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาหาคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมทั้งข้อมูลที่จะนำไปประกอบการอภิปรายผล

4. การวิเคราะห์ข้อมูลตามวิธีการทางสถิติ เพื่อหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เพื่อหาระดับความคิดเห็นตามมาตราวัดของลิเคร็ท (Likert method) ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง	4.51-5.00	หมายความว่า	เห็นด้วยมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	3.51-4.50	หมายความว่า	เห็นด้วยมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	2.51-3.50	หมายความว่า	เห็นด้วยปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	1.51-2.50	หมายความว่า	เห็นด้วยน้อย
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	1.06-1.50	หมายความว่า	เห็นด้วยน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

ความคิดเห็นของนักศึกษาในด้านเอกสารประกอบการสอนมีประเด็นสำคัญเกี่ยวกับเอกสารประกอบการสอนที่นักศึกษาเห็นด้วยมาก คือ ด้านเนื้อหาวิชามีความสมบูรณ์และเหมาะสมกับระดับความรู้ของนักศึกษา จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 58.3 และเห็นว่าเอกสารประกอบการสอนมีเค้าโครงการสอนอธิบายรายละเอียดวิชาชัดเจน จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 54.2 นอกจากนี้นักศึกษายังเห็นด้วยอย่างมาก

ว่าเอกสารการสอนมีการระบุกิจกรรมการเรียนชัดเจนสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของแต่ละบทเรียน จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 54.2 สำหรับประเด็นที่นักศึกษาเห็นด้วยมากที่สุดคือ เนื้อหาวิชามีความหลากหลาย น่าสนใจ และเข้าใจง่าย และในประเด็นการได้รับความรู้ มีประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้ จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 52.1

ความคิดเห็นของนักศึกษาในด้านกิจกรรมการเรียนการสอนมีประเด็นสำคัญเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนการสอน คือ นักศึกษาส่วนใหญ่เห็นด้วยมากที่สุดว่าการจัดการเรียนการสอนเน้นให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติ กิจกรรมการสอนส่งเสริมให้นักศึกษาได้คิดและแก้ไขปัญหา จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 56.2 และเห็นด้วยมากที่สุดว่ากิจกรรมการเรียนการสอนทำให้นักศึกษามีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 54.2 สำหรับความเหมาะสมของการทดสอบย่อยในแต่ละบทเรียนนั้น นักศึกษาเห็นว่าเหมาะสมมาก จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 54.2

ความคิดเห็นของนักศึกษาในด้านคุณลักษณะผู้สอนมีประเด็นสำคัญเกี่ยวกับคุณลักษณะผู้สอน คือ นักศึกษาส่วนใหญ่เห็นด้วยมากที่สุดในหลายประเด็น โดยเห็นว่าผู้สอนเข้าสอนสม่ำเสมอและสอนตรงเวลา จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 70.8 และเห็นว่าผู้สอนตั้งใจสอนและกระตือรือร้น จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 66.7 นอกจากนี้ ยังเห็นว่าผู้สอนเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและแสดงความคิดเห็นนั้น จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 60.4 และนักศึกษาส่วนใหญ่เห็นด้วยมากที่สุดว่า ผู้สอนสามารถสื่อสารและอธิบายได้อย่างชัดเจน จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 58.3

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. ด้านเอกสารประกอบการสอน จากค่าเฉลี่ยรวมนักศึกษาส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างมากว่าเอกสารประกอบการสอนมีความเหมาะสม โดยเฉพาะด้านความสมบูรณ์และความเหมาะสมของเนื้อหาวิชากับระดับความรู้ของนักศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกเนื้อหาวิชาตามหลักการ โดยศึกษารายละเอียดจากโครงสร้างรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา นอกจากนี้ยังค้นคว้าเอกสารเพิ่มเติมจากหนังสือ ตำรา เว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องและเนื้อหาด้านโครงสร้างภาษาที่สามารถนำไปใช้ในบริบทการท่องเที่ยว โดยคำนึงถึงความรู้พื้นฐาน และความต้องการของผู้เรียนจากประสบการณ์การสอนในวิชาดังกล่าวที่ผ่านมา ดังที่ นิรมล และคณะ (2543) กล่าวไว้ว่าการเลือกเนื้อหาวิชาต้องคำนึงถึงสมรรถภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนและวิธีการเรียนรู้ ความเหมาะสมของความรู้ที่จะนำมาสอน คือ ต้องเป็นแก่นสารของความรู้ของสาขาวิชา ต้องเชื่อถือได้ และตอบสนองความมุ่งหมายได้หลายประการ และประการสำคัญความรู้เนื้อหาสาระนั้นเป็นเป้าหมายและความต้องการของสังคม คือ สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของสังคม และสอดคล้องกับความต้องการความสนใจของผู้เรียน เป็นต้น นอกจากนี้นักศึกษายังเห็นด้วยมาก ว่าเอกสารประกอบการสอนมีเค้าโครงการสอนอธิบายรายละเอียดวิชาชัดเจน อำนาจ (2532) กล่าวว่าการแจ้งเค้าโครงรายวิชาแก่นักศึกษา ถือเป็นดัชนีชี้วัดหนึ่งในการประกันคุณภาพการศึกษา ทั้งนี้เค้าโครงรายวิชานั้นเปรียบเสมือนแผนการสอน และเกณฑ์การประเมิน ซึ่งผู้สอนทุกคนจะใช้เป็นเข็มทิศในการจัดการเรียนการสอน ทำให้การเรียนการสอนในรายวิชาเป็นไปอย่างมีหลักการและตรวจสอบได้ ในขณะเดียวกันผู้เรียนก็จะได้ทราบล่วงหน้าถึงรายละเอียดต่างๆ ในเค้าโครงรายวิชา ทำให้สามารถวางแผนการเรียนล่วงหน้าได้ ดังนั้นเมื่อทั้งผู้สอนและผู้เรียนได้รับทราบแผนการสอนร่วมกันจะทำให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและบรรลุตามเป้าหมาย อย่างไร

ก็ตามในด้านความเหมาะสมของเนื้อหาไวยากรณ์ในแต่ละบทเรียน จากข้อมูลพบว่า มีนักศึกษาจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 20.8 เห็นว่ามีความเหมาะสมปานกลาง จากแบบสอบถามที่นักศึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมพบว่า นักศึกษาบางส่วนเห็นว่าเนื้อหาด้านไวยากรณ์ในแต่ละบทเรียนมีมากเกินไป และเห็นว่าไม่ได้นำความรู้ด้านไวยากรณ์ไปประยุกต์ใช้มากนัก ในทางกลับกันหากพิจารณาให้ถ้วนถี่แล้วในการใช้ภาษาให้ถูกต้องนั้น ไวยากรณ์ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับมัคคุเทศก์ หากใช้โครงสร้างภาษา และสำนวนที่ถูกต้องตามหลักภาษาแล้วจะทำให้สามารถอธิบายเรื่องราวได้อย่างเข้าใจและถูกต้อง อีกทั้งทำให้การอธิบายข้อมูลต่างๆ มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

2. ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน โดยภาพรวมแล้วนักศึกษาส่วนใหญ่เห็นด้วยมาก ว่ากิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสม โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.19 ประเด็นที่นักศึกษาเห็นด้วยมากที่สุด คือ เห็นว่ากิจกรรมการเรียนการสอนเน้นให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติ ทำให้นักศึกษาได้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ อีกทั้งเห็นว่ากิจกรรมการสอนส่งเสริมให้นักศึกษาได้คิดและแก้ไขปัญหา จากการเรียนการสอนในวิชา ศท 344 ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนโดยให้ผู้เรียนได้ฝึกลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมากที่สุด ตั้งแต่กิจกรรมที่ง่าย เช่น การฝึกพูดตามโครงสร้างภาษา ด้วยกิจกรรมงานเดี่ยว และงานคู่ ตลอดจนกิจกรรมที่ยาก คือ การนำเสนองานเป็นภาษาอังกฤษ เช่น การอธิบายขั้นตอนการทำอาหาร และการอธิบายสถานที่ท่องเที่ยวเป็นต้น นักศึกษาจะเกิดทักษะการเรียนรู้จากการทำงาน การมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ตลอดจนการคิดแก้ไขปัญหา ซึ่งจากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545) ให้แนวทางการจัดการศึกษาในเรื่องการจัดกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน คือ เน้นการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น ฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อแก้ไขปัญหา และให้จัดเนื้อหาสาระกิจกรรมสอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน นอกจากนี้ วัฒนาพร (2542) กล่าวถึงหลักการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่า ให้จัดกิจกรรมโดยเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ทำกิจกรรม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง การจัดกิจกรรมโดยใช้วิธีการท้าทายความคิด ความสามารถผู้เรียน ฝึกฝนวิธีการแสวงหาความรู้ และแก้ปัญหาด้วยตนเองจะทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของสิ่งที่เรียน และได้รับประโยชน์จากการเรียนที่แท้จริง กิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจ มีความหลากหลายจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการใฝ่รู้มากขึ้น และกิจกรรมที่เหมาะสมกับเนื้อหาจะทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้และเข้าใจเนื้อหามากขึ้น

3. ด้านคุณลักษณะผู้สอน นักศึกษาส่วนใหญ่เห็นด้วยมากว่าผู้สอนมีคุณลักษณะที่เหมาะสม โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.41 และในหลายประเด็นที่นักศึกษาเห็นด้วยมากที่สุดต่อคุณลักษณะผู้สอน โดยเห็นว่าผู้สอนเข้าสอนสม่ำเสมอและสอนตรงเวลา ผู้สอนตั้งใจสอนและกระตือรือร้น มีความสามารถในการสื่อสารและอธิบายได้อย่างชัดเจน จากการสังเกตการณ์ผู้วิจัยพบว่าการที่ผู้สอนเข้าสอนสม่ำเสมอและตรงต่อเวลามีผลต่อผู้เรียนในด้านบวกเช่นเดียวกัน กล่าวคือ ผู้เรียนเองก็จะมีพฤติกรรมตามแบบอย่างของผู้สอน จากข้อกำหนดของมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2545 อ้างใน สมหวัง, 2547) พบว่า การตรงต่อเวลา และความสามารถในการจัดการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นมาตรฐานและตัวบ่งชี้ข้อหนึ่งสำหรับประเมินคุณภาพครู อีกทั้งในงานวิจัยของมานะ (2550) พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพนักเรียนในทางบวก คือ การจัดการชั้นเรียนและความกระตือรือร้นของครู นอกจากนี้ Eble (1972 อ้างใน เตือนใจ, 2532) กล่าวถึงลักษณะของครูอาจารย์ที่ดีว่า ต้องเป็นคนคล่องแคล่ว เป็นคนที่อธิบายได้

ชัดเจน มีลักษณะการสอนที่น่าสนใจ สอดคล้องกับ Wotrubo and Wright (1975 อ้างใน เตือนใจ, 2532) กล่าวถึงตัวประกอบที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการสอนของอาจารย์ คือ เป็นผู้ที่มีความรู้ในเนื้อหาวิชาอย่างถูกต้อง เป็นผู้มีความกระตือรือร้นในเนื้อหาวิชาที่สอน อธิบายเนื้อหาวิชาได้อย่างชัดเจน สนับสนุนและกระตุ้นให้นักศึกษาได้คิดด้วยตนเอง จะเห็นได้ว่าครูผู้สอนมีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อผู้เรียนและประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน อย่างไรก็ตามจากแบบสอบถามในประเด็นการตรวจแก้ไขงานสม่ำเสมอ การให้คะแนนงานชัดเจนและการตรวจสอบได้นั้น นักศึกษาบางกลุ่มเห็นว่ามีความเหมาะสมในระดับปานกลาง สาเหตุอาจเนื่องมาจากในการตรวจงานย่อยนั้น ผู้สอนได้ให้นักศึกษาแลกงานกันตรวจจากการเฉลยคำตอบพร้อมคำอธิบายในห้องเรียน ซึ่งนักศึกษาบางคนอาจคิดว่าเพื่อนตรวจงานผิด และอยากให้ครูเป็นผู้ตรวจงานเองทั้งหมด อย่างไรก็ตามหลังจากที่นักศึกษาตรวจงานแล้ว ผู้สอนจะคืนงานแก่เจ้าของเพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งก่อนที่จะกรอกคะแนน ซึ่งการตรวจงานด้วยตัวนักศึกษาจะทำให้นักศึกษาเข้าใจมากยิ่งขึ้น แต่หากงานไหนมีลักษณะการตรวจที่ซับซ้อน หรือตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ ครูผู้สอนก็จะตรวจงานชิ้นนั้นเอง ซึ่งในประเด็นการตรวจแก้ไขงานครูผู้สอนเองต้องระมัดระวังและต้องชี้แจงให้ผู้เรียนทราบ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรสอบถามข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับเนื้อหาของเอกสารประกอบการสอนทั้งจากคณาจารย์และนักศึกษาสาขาพัฒนาการท่องเที่ยวเพื่อให้ได้ข้อมูลในการแก้ไขปรับปรุงเอกสาร ซึ่งจะทำให้ได้เนื้อหาที่ตรงตามความต้องการของทั้งอาจารย์และนักศึกษาอย่างแท้จริง

2. ควรมีการศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะกิจกรรมที่นักศึกษาชอบและเห็นว่าเป็นประโยชน์ในการทำให้นักศึกษาได้ฝึกคิด แก้ปัญหา และเกิดการทำงานร่วมกันเป็นทีม

3. ควรศึกษาคุณลักษณะและบทบาทของครูที่นักศึกษาชอบและถือว่าเป็นแรงผลักด้านบวกที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา

เอกสารอ้างอิง

เตือนใจ เกตุษา. 2532. **การประเมินผลการสอน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง: กรุงเทพฯ. 27-31 น.

นิรมล ศตวุฒิ ศักดิ์ศรี ปาณะกุล และระวิวรรณ ศรีคร้ามครัน. 2543. **หลักสูตรและวิธีการสอนทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง: กรุงเทพฯ. 71 น.

มานะ สินธุวงษานนท์. 2550. ปัจจัยส่งเสริมการจัดการศึกษาที่ส่งผลต่อคุณภาพนักเรียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **วารสารศึกษาศาสตร์**. 18(2): 115-128.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. 2542. **แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ**. บริษัทแอล พี เพรส จำกัด: กรุงเทพฯ. 25-27 น.

สมหวัง ธีระวณิชตระกูล. 2547. การประเมินคุณภาพทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับผู้สอนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานภายใต้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545. **วารสารศึกษาศาสตร์**. 15(2): 13-28.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2542. **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542.** พริกหวานกราฟฟิก: กรุงเทพฯ. 12 น.

อำนาจ จันทร์แป้น. 2532. **การพัฒนาหลักสูตร: ทฤษฎีสู่การปฏิบัติระดับโรงเรียน**. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่. 111 น.

การปรับรื้อระบบการบริหารการคลังภาครัฐสำหรับการสร้างระบบแผนที่ทางยุทธศาสตร์แบบเมทริกส์

Reengineering of Fiscal Administration for Matrix Strategy Mapping System

ปณัยกร บุญกอบ

Panaikorn Boonkob

ภาควิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ศรีสะเกษ 33000

Department of Public Administration, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University, Sisaket, Thailand 33000

Corresponding author: anekeboonkob@hotmail.com

Abstract

It's generally known that fiscal administration was involved with the corporate governance management from private sector in relation with omniscient paradigm so long particularly the digital era 20 century. What's more, a researcher had operated with the proponent of tentative measurement such as flawless reengineering procedure, matrix strategy mapping system and impending prerequisite e-budgeting. Moreover, this procedure had been ever to solve the inertia and archaic fiscal administration in touch with sluggish outlays bureaucracy system. This paper was aimed toward study an impede belittling & discrepancy of fiscal administration structure a long way with the unscrupulous & thwarted fiscal cycle into Thai bureaucracy system. Then, the malfunction was also negligible for fiscal good governance paradigm; consequently, team research had hypothesized from logical framework throughout CIPPA model synthesis. This result was pinpointed on the cumbersome mechanistic structure having curbed toward the budgeting conduction to keep abreast of the ample breakthrough citizen center strategy. At last, it was salable to combing out the competitive advantage strategy preparation having hinge on area dimension, organic living simulation and rural sustainable prosperity with a view toward the theory of complex interdependence.

Keywords: fiscal reengineering, matrix strategy mapping system, complex Interdependence

Introduction

Nowadays, reengineering was imposed the business procedure since 1990; nevertheless, the authentic pragmatic had ever been to total quality development on account of antecede commit breach of contract proliferation gains of social welfare manipulation. Afterward, the embryonic stage initiated with reengineer from systematic depreciation's Michael Hammer and James Champpy in relation with textbook of Reengineering the Corporation. It stated with business revolution in title of A Manifesto for Business Revolution since 1993. Then, the best selling book was established with New York Time in which had submersed on foreign language translation more than 14 languages worldwide. In addition, the correct

definition was formed the official statement and subsequent function on account of reengineering scrutiny. Its explanation meant the principle consideration from fundamental business procedure and radical design and landscape architecture install so as toward attain the ample output of absolute amelioration. It was application toward tentative update performance measurement and assessment such as cost of production, quality of services delivery and economy of speed.

Contents of definition was composed of initiative fundamental pillar in which had succeed of negligible intimidate puzzle and key heart of reengineering conduct. It was such a origination on fundamental question consideration, hypothesis and regulation toward reserve of business operation and hidden pragmatic action. This continue had proliferated with sluggish & discrepancy business function on account of organizational hypothesis and wrong regulation and rules. In regard of modern management, it was obsolete appropriateness toward puzzle questioning “why did we do this category?” “Why must we act this kind?” “What did we do” “how did we act in order to be efficiency and effectiveness?” and so on. In addition, radical dimension had involved with Latin language of radix in which was meant of thinking, re-design term of grass root destination encompassed many things. It was such a change and miniature things. Nevertheless, conventional materials was related with extremely function including fundamental simulation, hypothesis, principle and novel regulations.

What’s more, the outlay was inertia analysis of dramatic on vast and gigantic glossary. Moreover, the emphasis was link of proceeding determination in terms of great reap development progress and prosperity. Also, the success destiny had informed the titanic fruitful action efficiency proliferating in touch with performance accrue and quality management absolutely. It was included with fundamental redesign in which hinged on miniature tasks reengineering toward ameliorate improvement ample. What’s more, process had important toward procedure of vocabulary of core glossary in touch with cause of confuse and complexity to conduct reengineering. Also, the executive had been resemble retrogress of business as well as procedure for a while. A body of task and chore had involved with details, structure and person officer as equal as process that was set of activities. It was component of a series of action and input procedure chronologically. In the other word, final activities had taken place of outcome an outcomes valuable proliferating. On Adam Smith scholar, the business procedure was divided into miniature action functions so as toward delegation and empowerment toward expert specialization officer. It was toward pragmatic person officer; consequently, the invisible target had aimed of destiny on account of gigantic goal. It also was negligible for ultimate goal and performance authentically so as toward impending scrutiny consideration in which was concentrated on sub unit task from business procedure and function collaboration empowerment.

Defining management VS management by objective

Accordingly, management paradigm had intervened with parade of set activities in which embarked of efficiency and effectiveness throughout human capital, budgeting and materials. (Robbins and DeCenzo, 2004: Certo, 2003) Occasionally, the definition had been agreement of managing composition such as process, efficiency and effectiveness. Co operationally, it was meant toward other

function such as planning, leading, and organizing and leading in touch with was interference of details in the next paragraph.

Efficiency and effectiveness on escalating confrontation

Solidarity, the managing characteristic had involved with organizing throughout efficiency in which was meant correct procedure methodology and compare between inputs and outputs. In addition, the productivity resilience was component of less input or equivalences on account of function toward efficiency. Everyone had explained on input factor in relation with organizational factors of organization such as man, money, material, machine and capital in which was limited toward unlimited needs for organizational management. Therefore, good governance had a will of less resource toward ultimate commitment of maximum productivity.

Actually, effectiveness had concurred into efficiency of managing in which was meant the ultimate objective and goals escalating paradigm. Moreover, management had involved with efficiency having concerned on adequate resources and purpose productivity determination. The function was involved with educational institution and graduate students in touch with education services quality. The enhancing embarked with material resource factor without a view toward educational quality and so on. In addition, the working aimed toward mere efficiency in relation with cost of production and effectiveness too. Obviously, it was such a Hewlett-Packard Company in which had been sold color set of laser printer having virtual color and long lasting quality. Its cover was achieved with labor, time and materials toward higher efficiency without a view toward effectiveness due toward higher cost of manufacturing.

Specifically, the settlement instrument had provided with efficiency managing and effectiveness in which had hinge on comprehension of interdisciplinary such as humanity, economics, philosophy, political science, psychology and social science so as toward contribute human being behavior. It was reflected that competitive advantage, free trade area, conflict, authority decentralization and social relationship application.

Table 1 Summary of Thai bureaucracy system and resolution of reengineering paradigm

Conventional mechanistic bureaucracy	Modern reengineering of fiscal administration
1. Centralization	1. Delegation & decentralization
2. Power proliferation	2. Privatization
3. Up-sizing	3. Downsizing
4. Power proliferation	4. Deregulation
5. Monopoly of authority, impose of services	5. People participation
6. Potential & silent crisis	6. Democratization
7. Obsolete mechanistic bureaucracy	7. Continuing administration reform
8. Materialistic system	8. Organic living structure
- Organizational structure	- Reengineering
- Finance & fiscal administration	- Strategic based management
- Line-item budgeting policy	- Achievement and result innovation management
- Decision making & authority	- Flexible remuneration management
- Accountability of one way commander	- Out sourcing management
- Human resource management	- Supplier & privatization management
- Assessment and horizontal omniscient appraisal	- Good corporate governance

source: integration pilot experimental project of province initiatives for development, B.E.2544.

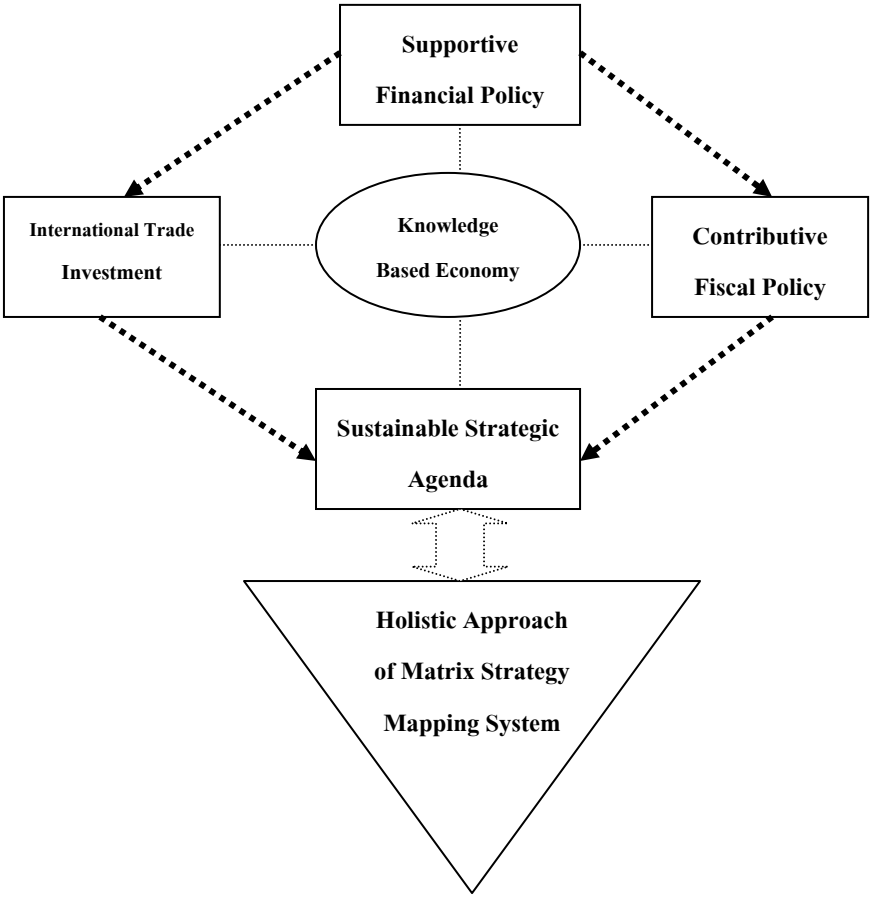


Figure 1 Collaborative synergy model of fiscal administration reengineering

Source: Panaikorn Boonkob's concept adapted from CIPPA model

Conclusion, Resolution and Suggestion

Regarding, reengineering fiscal administration spent almost the whole first innovation of its existence progressing and refining the concepts that from fundamental basis of its work and methodology of cooperation establishment. In those early years its materials and other operation became revolution and moving forward for fostering and triggering learning and knowledge culture into organization, for developing the thinking concept of working prosperity of working impelled together informally and openly as follow.

1) Management was defined that parade of activities of success surrender with a view toward efficiency and effectiveness of man power planning and organizational resources.

2) Manager was meant that cooperative officer and mutual colleagues so as toward coordination working on account of objective management success. The organizational change was toward current organizing status in touch with adaptability adjust manager throughout linear demarcation of executive both officer and commander obviously.

3) Efficiency was defined that correct working procedure in which was compared with input and output so long with potential capacity competence. It was pinpointed that excessive productivity less than input systematic model or equality proceeding actions. Moreover, efficiency was reflected that working by effectiveness paradigm. In addition, effectiveness was defined that management by objective and purpose determination so as toward concentration of efficiency management had been emphasized on working procedure; nevertheless, the latter was focused on outcomes convictions.

4) Managing process was defined that was composed of 4 activities such as

- **Planning** was the related activities of objective management, strategy including workshop practices as long as organizational purpose organization.

- **Organizing** was envisaged with aggregation of organizational structure and initiative planning and scheme on account of goal objective.

- **Leading /influencing** was aggregated with motivation and convincing of leading people and officer individually and team management toward practices. In addition, its cover was communication and issue comprehension in which was related with organizational behavior officer.

- **Controlling** was defined that performance result assessment appraisal in relation with target management and standard installment. Also, the problem resolution was on procedure as long as management by objective and engraved standard.

5) Critical skills' executive had been attained toward technical skills, human asset skills and conceptual skills and so on. Also, higher executive officer had ever been many perspective aspect dimensions as well as higher executive manager. The differentiate officer had needed the thinking concept more intelligent than fundamental executive officer. In addition, technical skills were important for executive smarter than higher executive no matter human asset skills was crucial toward every status paradigm absolutely.

6) Executive always had been the authority of organization and enforcement of what was ethics violation and infringement so as toward public interest. To sum, it was covered with organizational objective in relation with legitimacy right of sense of belonging on the others.

All the above, the Thai bureaucracy system of reengineering had been the declaration of 2001 exhorted the association to attain its economic, social and cultural aims through **"joint endeavors"** and **"active collaboration and mutual assistance"**. Regarding, its political institution and objectives, it was covered with holistic strengthening & stability; however, the declaration contained no equivalent exhortation. It was informed only **"organic structure for income allocation and the efficiency rule of law"** and **"adherence to the principle of Economic & Social Development Scheme Act of Charter"**. It conducted no impassioned call for the fiscal good governance & civil state to take common institutional economics throughout CIPPA model analysis position so as toward the Thai fiscal administration reformation prosperity.

References

Barbnard. 1996. **The function of the executive Cambridge (Mass)**. Harvard University.

Clark, J.J. 2004. **Outline of local government of the United Kingdom**. London: Sir Issac Pitman and son. 2957 p.

Engen, E.M. and J. Skinner. 1992. **Reengineering Fiscal Policy and Economic Growth**. NBER. Working Paper.

Easterly, W. and S. Rebelo. 1993. **Reengineering Fiscal policy and economic growth: An Empirical Investigation**. NBER Working Paper.

Fiedler. 1967. **A theory of leadership effectiveness reengineering**. McGraw-Hill: New York.

Flippo, E.B. 1970. **Reengineering Management: A behavioral approach**. Boston: Allyn & Bacon.

Gupta, S., B. Clements, E. Baldacci, and C.M. Granados. 2002. **Expenditure consumption, fiscal adjustment, and growth in low-income countries**. Fiscal Affairs Department. IMF Working Paper.

Hersey and Blachard. 1976. **Management of organization behavior, utilizations human resources, Englewood Cliffs**. Prentice-Hall: New Jersey.

Holoway, W.V. 1951. **State and Local government in the United States**. McGraw-Hill: New York.

Mongatatu, H.G. 1984. **Comparative local government**. William Brendon and son: Great Britain.

Pattillo, J.W. 1997**. Zero-base Budgeting: A Planning Resource Allocation and Control Tool**. National Association of Accountants: New York.

Petrel, H. 1998. **Budget and Control: Reforming the Public Sector in Latin America**. Inter-American Development Bank: Washington, DC.

Robson, W.A..1953. “Local Government” in **Encyclopedia of Social Science**. Vol. x The Macmillan: New York.

Steers. 1977. **Organization effectiveness: A behavioral view**. Galif Good Year: Santa Monica.

Suchman. 1967. **Evaluation research: Principle in public serviced social action programs**. Russell sage Foundation: New York.

Schick, A. 1972. The road to PPB: The stages of budget reform. **Public Administration Review toward Reengineering Action**. 26: 243-258.

Schultze, C.L. 1968. **National income analysis**. Englewood Cliffs, Prentince-Hall: N J.

The International Bank for Reconstruction and Development (IBRD). 1998. **Public Expenditure Management**. The World Bank: Washington, DC.

Wildavsky, A. 1964. **The politics of the budgetary process**. Little & Brown: Boston.

Wit, D.. 1967. A comparative survey of local government and administration. Kurusapha: Bangkok.

ระบบการบริหารจัดการโดยมุ่งผลสัมฤทธิ์: RBM การก้าวเข้าสู่ระบบรายงานผลปฏิบัติการแบบเมทริกส์ของกระบวนทัศน์ของระบบงบประมาณแบบแสดงแผนงาน

Result Based Management System: RBM Turning into Matrix Reporting System of Paradigm of Program Budgeting

ปณัยกร บุญกอบ

Panaikorn Boonkob

ภาควิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ศรีสะเกษ 33000

Department of Public Administration, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University, Sisaket, Thailand 33000

Corresponding author: anekeboonkob@hotmail.com

Abstract

Accordingly, the globe of organization management had involved with future executive with a view toward variables unexpectedly. These variables were affected with administration illness in touch with many execution and management policies. In the other words, the paradigm of analysis framework had found that problem of defect and coincidental executive together with respect toward matrix reporting system of budgeting procedure administration so long. In addition, the excessive burdens were from the capacity of adaptation into modern management in which was interpreted on consistency level of development by means of many reasons of problem resolution. Therefore, the organization development was formed the satisfaction on account of accrue adjusted functions for strategy formulation correctly and appropriately. Moreover, the problem resolution was pragmatic to solve and evolve the organization growth crucially from Miller and Dess's philosophy (1996: ch 6.). They had ever suggested that the pragmatic strategy application in which was concerned about the suitable task and tactical chores so long as this organization had invented into learning organization on key terms of success. In brief, this paper was aimed toward study the devices of strategic management of result based management system being affected on budgeting formulation policy into modern age globe.

Keywords: result based management, matrix reporting system, modern management

Introduction

Taking into consideration of result based management system, is was meant of the procedure of strategy so long as the tactics implementation and pragmatic practices of performance by means of outputs, outcomes and ultimate outcomes importantly. Moreover, it was led toward result in touch with indicators obviously and empirical evidently. However, the conceptual framework was constructed with

result based management system all the above; consequently, an attempt also had been ever an analysis and critical issue on account of the necessary information scrutiny already as follow.

1.1 The reengineering was a long way with strategy and tactics to build and correction.

1.2 The strategy was formed with performance management concrete and administration.

1.3 The outcome result was from many indicators of many outcomes and outputs in touch with many levels of matrix structure.

Consequently, the obligation and burden had been ever involved with modern management & executive into modern organization so as to trigger and foster the evolution organization prosperity both problem resolution and obstacle. It was encountered the approach obstacles sooner and later in which was survived and sustained under the principle of efficiency and effectiveness. (Robins and Coulter 1999: 9) They had explained the efficiency of interrelationship between input and output with a view toward purposive objective and cost production at least being included the effectiveness of management by purpose.

Body of Knowledge 7 items (7 Knowledge)

Truly, body of knowledge was the key to success of heart architecture by means of result based management system paradigm. If the administrator was lack off 7 knowledge of content absolutely, it might state and issue of obviously evidence of self-confidence and constructivist building of building including result based management system. It was agreement of clause toward failure implementation with a view toward composition as follow.

1) Body of knowledge by Management
2) Body of knowledge by Marketing
3) Body of knowledge by Accounting
4) Body of knowledge by Finance
5) Body of knowledge by Production
6) Body of knowledge by Human Resource
7) Body of Knowledge by Administrative Environment

Simulation on account of Strengths, Weakness, Opportunities and Threats from SWOT ANALYSIS organization

Similarly, conceptual framework was from SWOT ANALYSIS such as analysis on account of explore the point of strengths, weakness, opportunities and threats into organizational environment including analysis opportunities, obstacles and outsider environment atmosphere and organizing feedback factoring environment.

Equally important, SWOT ANALYSIS was on the organization positioning structure consumption in which was strengths, weakness, opportunities and threats itself organization. Also, it was hard to acknowledge of strategy formulation administration so as toward development organizing. Notwithstanding, SWOT ANALYSIS was taken place by means of correction, precise and absolute interpretation completely. If the administrator had not appeared of covering 7 Ks of content of knowledge and absolutely completeness from organization administration with a view toward 7 Ks of content of knowledge.

SWOT MATRIX application for strategic management

Coincidentally, content body of knowledge was involved with 7Ks in which were constructed with explore on account of strengths, weakness, opportunities and threats in light of appropriateness. Later, they were brought together with brain storming approach with a view toward matrix reporting system orientation. Given the breakthrough that 4 variables were kept encompassing with S/W/O/T analysis in order to integrate and acquire the impact factor of potential capacity by means of logical thinking. Its cover was organizational strategy no matter what was composed of systematic thinking and strategic management approach increasingly.

Nevertheless, variable integration was constructed with best strategy and suitable paradigm in which had integrated with pair variables crucial issue such as S-O, S-T, W-O, and W-T and so on. Moreover, the final result of performance had taken place of strategic tactic management. Consequently, it was called that SO strategy, ST strategy, WO strategy and WT strategy in light of many perspective aspects being divided into kinds of strategic management such as SO1, SO2,……. SO n and the others. In addition, conceptual framework was the same as principle concept obviously by means of matrix table explanation as follow. (Table 1)

Table 1 Mean of matrix

Insider factor/ Outsider factor	Strengths (S)	Weakness (W)
Opportunities (O)	SO strategy	WO strategy
Threats (T)	ST strategy	WT strategy

Remarkable: 1. SO strategy was implementation being emphasized on empowerment between insider organization strengths and good opportunities from outsider factors. Therefore, SO strategy was also grouping from outstanding issue and movement issue to develop organization maximum extremely.

2. ST strategy was applied with being emphasized on integrated between strengths of organization across from area surrounding area and overcome the obstacle perspective dimensions by outsider factors. The requirement of strategy was the same as proactive personalities at large.

3. WO strategy was the focus on strategic management to an attempt of lucky fortunate with a view toward outsider opportunities for assistance the intensifier degree of weakness taking place into insider organization alright.

4. WT strategy was centralized with escape and without encounter part of battle and competition. In light of weakness of organization had integrated with weakness and integrated with any other issues. The limitation was from outsider factor to participate too; consequently, strategic management was involved with escape and the important orientation from WT strategy management also.

Planning Administration and Strategic Management Composition Procedure

Recently, administrator executives had ever chosen the brain storming approach orientation and capability of strategic management devices in grouping categories. Moreover, the crucial equipment was agreement of clause by means of tactic implementation as follow SO strategy, ST strategy, WO strategy

and WT strategy and so long. In addition, the administrator executive had depended on the focusing of strategic management enforcement extension toward plan and initiatives including means in which was being planning procedure construction with concrete performance outcome obviously.

Equally important, Thai bureaucratic organization had many variety strategic management in which was in terms of plan and initiatives including concrete procedure processing approach. What's more, it was affected on uncertainty conditions environment atmosphere without obliquity permanent interpretation on account of strategic implementation policy. At last, the strategic management result had encountered the failure impact performance as defined that fundamental executive, middle executive and senior executive from organization particularly high responsibility executive managers also.

Specifically, the planning mind mapping and procedure was the best practice for each of strategic management devices. What's more, the administrator had crucial awareness of importance and concern about relationship and agreement of clause together between purpose and quality of strategic plan and initiatives. Its cover was appropriate procedure and process stages and correction of no degree of matter. Obviously, the executive brain storming approach was from insider expertise officer and managerial function officer toward managerial advisory official both outsider and insider factor environment. (External Management Consultant)

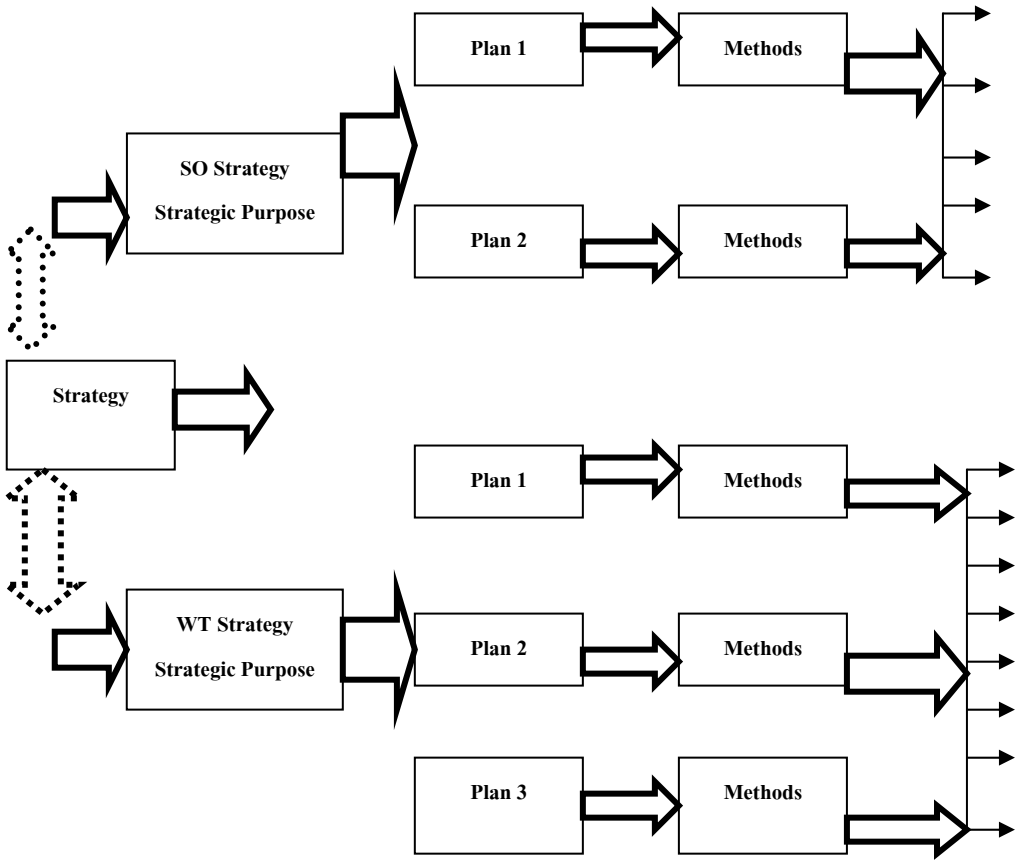


Figure 1 Diagram of linkage of tactic strategy, plan and methods

Remarkable: Plan and methods of strategic procedure must have the relationship and agreement of clause with strategic objective and purpose determination targets.

Program budgeting and modernity of organization

Recently, modern organization had asserted that was into Asia region already in which had been started up since 1990 century. Moreover, Thailand itself had broken up lower than the organizational development toward modern organization. Its explanation was started up since 2000 follow up the Thai organization had adjusted with systematic thinking and processing concept. Also, it was turned into public and private including state enterprise alright.

Accordingly, systematic thinking and orientation procedure was component of Thai organization already in terms of concrete performance result in being indicated that each of items as follows.

1. Thai modern organization had reengineering structure organization of organization management to satisfy the change of needs.

2. Thai modern organization had formulated with training course syllabus so as toward increasing body of knowledge for executive managers and insider officer systematically.

3. Thai modern organization had evolved with internal organization management so long as satisfy the change management to heading a purpose of increasing efficiency reengineering so long.

4. Thai modern organization had started up the objective purpose both success and qualitative degree and quantitative degree together.

5. Thai modern organization had ever started up interesting and focusing on attitude scrutiny and consideration in terms of customers needs increasingly.

6. Thai modern organization had been awareness of vigilances in light of financial management and marketing paradigm approach.

7. Thai modern organization had an attempt of developing paradigm by means of systematic thinking so long as managerial function implementation for efficiency and effectiveness increasingly.

At present, prone to tendency was the same as direction of Thai modern organization in which was being toward currency of trend toward development Thai modern organization into transitional change age and era. It was passed toward Thai organization potential capacity in which was connected with empowerment of moving forward the financial crisis to decline economic crisis of macro economic system. In addition, Thai modern organization had insisted with the compass of survival path and prosperity way.

Consequently, modern organization had collaborative with modernity equipment in many aspects toward development evolution devices. For example, financial management system perspective aspects had an attempt toward development of traditional budgeting system increasingly. Accordingly, some organizations had not implemented with attention of budgeting system and endeavor of enforcement pragmatic practices in which was involved with modernity budgeting system approach by means of cause-effect relationship to Thai executive manager officer as follow.

1. Budgeting was meant the important key heart of Thai financial system management in light of budgeting system to control and monitoring from possible financial paradigm all organizing structure.

2. Budgeting was actor to movement of fostering and triggering to cash in flow and cash out flow currency systematically. Moreover, the system and traditional norms were a long way with topic issue for modern organization.

3. Budgeting was meant the disciplinary orientation to application of efficiency and effectiveness for modern organization. Accordingly, pragmatic performance result was successful toward financial result of what matter to do so.

4. Thai modern organization had an obligation by means of budgeting devices toward monitor and control orientation of financial function mechanistic structuring. It was involved with department and division authority and responsibility under the regulation and boundary framework line administration.

5. Modern organization had commitment with a view toward vision in terms of finance & budgeting paradigm both statement of vision and administrative rules.

6. Modern organization had been the cyber world organization toward the stability of finance paradigm on account of sustainable development organization. Given the fact, the budgeting system was in touch with applicable organization so long as cause toward criminal and defect alarming devices of financial perspective dimensions.

7. Modern organization had a statement of visionary agenda for holistic organization integration in which was navigated with financial organization at the advance future. Therefore, a tendency of modern budgeting system was from reengineering paradigm administration so long as holistic integration officers person had comprehend the same direction correctly.

8. Administrative policy had been in terms of organization in the future in which was relationship by means of financial policy management agreement of clause to the budgeting consistency of times line. In addition, administration and finance had the same as relationship between modern organization and budgeting procedure together.

Truly, the financial truth was the same as logical paradigm all the above in which was referred that budgeting mechanism had been the equipment for modern organization implementation. Also, some organization had claimed that the line-items budgeting system already in which was analysis of efficiency problem and without change satisfaction including several obstacles so long. In conclusion, the modern devices particularly result based management system was applicable toward reform the budgeting system toward modernity approach more than the past function presentation activities.

Summary and Recommendation

Presently, development administration had taken into Thai organization so long as satisfy new environment atmosphere surrounding for cyber world conditions. Afterward, the future possibility had taken place of national agenda statement of clause in terms of Thai modern organization so much. In addition, public & private and state enterprise organizing had asserted with many stage line development system of best organization increasingly.

Coincidentally, the lingering was related with free trade area agreement and free financial relationship with a view toward Thailand adaptation capability including statement of strategy function. Also, one of the issues had been involved with Thailand adjustment and prejudices interpretation of tactic strategy such as financial management and financial devices so excessive quantities orientation.

Moreover, that was budgeting equipment devices so long as systematic budgeting device in Thai society bureaucratic system structuring administration management. It was defined that modern budgeting system which was composed of precise, short meaning framework and being easy toward perception and so long. In addition, the linkage relationship had comprehension of cooperative learning paradigm of level executive organizing. Also, the cooperation was involved with forgotten issue to design on satisfaction for modern management environment at advance together.

In brief, the supporting details had been emphasized on conceptual framework into important issue topic resolution such as need to focus on Thai administrator both public, private and state enterprise to understand and perception of modern budgeting system. Also, the increasing efficiency degree had been pragmatic application implementation enforcement by means of workshop field and practical paradigm. In addition, the budgeting communication was a long way with budgeting implementation interactive learning comprehensive course for executive more than for specialist of accounting officer, chief financial officer. Given the breakthrough of result based management system, budgeting paradigm had been implied the administrator and organizing officer particularly accountant and chief financial officer alright.

References

Certo, S.C. and P.J. Paul. 2004. **Strategic Management**. McGraw-Hill: New York.

Hilton, R.W. 2005. **Managerial Accounting**. 3rd ed. McGraw-Hill.

Horngen, C.T., G. Sundem, L. Stratton and O. William. 2004. **Management Accounting**. Prentice Hall International, Inc.

Boon-Nak, K. 2003. **Conceptual Framework of Accounting and Financial Perspective for Administrator**. S & G Graphic: Bangkok.

Kotler, P. 2004. **Marketing Management**. The Millennium Edition. Prentice Hall International, Inc.

Miller, A. 2003. **Strategic Management**. 3rd ed. McGraw-Hill.

Miller, A. and D.G. 1996. **Strategic Management.** 2nd ed. McGraw-Hill: New York.

Robbins, S.P. and M. Coulter. 2004. **Management**. 6th ed. Prentice Hall International, Inc.

ภาคผนวก

กองคลัง
รับที่ 1250
วันที่ 25 ก.พ. 2553
เวลา ..... น.

อธิการบดี
รับที่ 3159 เวลา ..... น.
วันที่ 3 มี.ค. 2553

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย โทร. 5113-4

ที่ ศธ.0523.6.2.1/๐๘๒ **วันที่** 24 กุมภาพันธ์ 2553

ขออนุมัติจัดประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2553

อธิการบดี

ด้วย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตรร่วมกับศูนย์วิจัยและพัฒนาลำไยแม่โจ้ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) จะจัดประชุมทางวิชาการประจำปี 2553 ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระหว่างวันที่ 26 – 27 พฤษภาคม 2553 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปิดโอกาสให้นักวิชาการและผู้สนใจ เข้าร่วมประชุมเสนอผลงานทางวิชาการ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ อันจะนำไปสู่แนวทางการวิจัยและพัฒนาการแก้ปัญหาและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งในการประชุมครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมประชุมประกอบด้วย อาจารย์ ข้าราชการ พนักงานของรัฐวิสาหกิจ ในกระทรวง กรมต่าง ๆ และผู้สนใจทั่วไป จำนวนประมาณ 250 คน

สำนักวิจัยฯ จึงขออนุมัติดำเนินการดังนี้

1. ขออนุมัติจัดประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2553 ระหว่างวันที่ 26 – 27 พฤษภาคม 2553 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ

2. ขออนุมัติเก็บเงินค่าลงทะเบียน จากผู้เข้าร่วมประชุม ดังนี้

2.1 คนละ 1,000 บาท (สำหรับผู้เสนอผลงานและผู้สนใจทั่วไป)

2.2 คนละ 500 บาท (สำหรับนักศึกษา)

3. ขออนุมัติให้ข้าราชการ พนักงานรัฐวิสาหกิจ และหน่วยงานราชการอื่น ๆ เข้าร่วมประชุมเมื่อได้รับอนุมัติจากผู้บังคับบัญชาแล้วมีสิทธิเบิกค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ได้ตามหนังสือกระทรวงการคลังที่ กค 0502/ว 76 ลงวันที่ 7 มิถุนายน 2534 หนังสือกระทรวงการคลังที่ กค 0526.7/ว 21 ลงวันที่ 12 มีนาคม 2541 หนังสือกระทรวงการคลังที่ กค 0409.6/ว 164 ลงวันที่ 31 ตุลาคม 2548 หนังสือกระทรวงการคลังที่ กค 0409.7/ว 51 ลงวันที่ 18 มีนาคม 2548 และระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการขออนุมัติเดินทางไปราชการ และการจัดประชุมทางราชการ พ.ศ.2524 จากต้นสังกัด

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

อนุมัติ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เทพ พงษ์พานิช)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้
3 มี.ค. 2553

อธิการบดี
เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

โครงการประชุมทางวิชาการประจำปี 2553
สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

หลักการและเหตุผล

การเผยแพร่และถ่ายทอดผลงานวิจัยเป็นภารกิจหนึ่งของงานบริหารการวิจัย ภายใต้ยุทธศาสตร์ด้านความเป็นเลิศด้านการวิจัยและนวัตกรรมของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตรเป็นผู้รับผิดชอบการจัดการประชุมทางวิชาการประจำปี เป็นการส่งเสริมให้อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยรวมทั้งนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาในสาขาต่างๆ ที่มหาวิทยาลัยได้เปิดการเรียนการสอนได้มีโอกาสพบปะ นำเสนอผลงานวิจัย ซึ่งได้ข้อค้นพบใหม่ มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นประสบการณ์ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ และความชำนาญระหว่างนักวิจัย นักวิชาการ และผู้สนใจ ซึ่งจะนำไปสู่แนวทางการวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศและแก้ไขปัญหาได้อย่างสัมฤทธิ์ผล ความรู้และวิทยาการใหม่ๆ ดังกล่าว ยังเป็นโอกาสที่ได้ถ่ายทอดและนำออกเผยแพร่สู่สาธารณชนสามารถนำความรู้และเทคโนโลยีไปพัฒนาอาชีพให้เกิดประโยชน์ อันจะส่งผลดีต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศต่อไป ที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือเป็นโอกาสให้นักวิจัยได้พบปะอภิปรายร่วมกับภาคเอกชน ทำให้เข้าใจปัญหาและสามารถทำงานวิจัยเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อกันและได้ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติได้และเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการอย่างแท้จริง ทั้งนี้การประชุมทางวิชาการที่ได้มีการพัฒนาให้เข้าสู่เกณฑ์มาตรฐาน ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ย่อมจะเป็นการยกระดับตัวชี้วัดด้านงานวิจัยของมหาวิทยาลัยด้วย

การจัดประชุมทางวิชาการประจำปี ยังเป็นกิจกรรมที่สนับสนุนการสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางด้านวิชาการระหว่างหน่วยงานต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย อีกทั้งเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้ทรัพยากรร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นการอภิปรายหรือเสวนาในเรื่องที่สอดคล้องกับสภาวการณ์ของชาติ เพื่อสร้างความเข้าใจในปัญหาทั้งระดับท้องถิ่นและระดับประเทศร่วมกัน
2. เพื่อเป็นการบรรยายหรือสัมมนาทางวิชาการ เพื่อเพิ่มพูนความรู้และพบปะแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นหรือประสบการณ์ระหว่างนักวิจัยและนักวิชาการรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้อง อันจะก่อให้เกิดความร่วมมือและสนับสนุนระหว่างกันในการหาแนวทางการวิจัย เพื่อแก้ไขปัญหาสำคัญของประเทศและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน

3. เพื่อเป็นการเผยแพร่ความรู้ ความก้าวหน้าทางวิชาการแก่ผู้สนใจทั่วไป
4. เพื่อให้เกิดความร่วมมือทางวิชาการระหว่างมหาวิทยาลัย หน่วยงานราชการ และหน่วยงานเอกชนในการค้นคว้าและพัฒนางานวิจัยต่อไป โดยสามารถก่อให้เกิดผลในเชิงพาณิชย์
5. เพื่อก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรในเชิงวิชาการร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

รูปแบบของการประชุม

การประชุมแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. การอภิปราย เสวนา และประชุมกลุ่มย่อย โดยวิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิและผู้ชำนาญการจากองค์กร หน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่
   1.1 การอภิปราย เรื่อง ***"ความมั่นคงด้านอาหาร ความยั่งยืนของเกษตรไทย"***
   1.2 การเสวนา เรื่อง ***"ความยั่งยืนของการจัดการศึกษาด้านการเกษตร"***
   1.3 การประชุมกลุ่มย่อย ด้านลำไย และงานวิจัยท้องถิ่นในมิติของความมั่นคงด้านอาหาร
2. การประชุมวิชาการเป็นการนำเสนอผลงานวิจัยจากหัวหน้าโครงการหรือผู้แทนโดยแบ่งการนำเสนอออกเป็นภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์
3. การแสดงนิทรรศการทางวิชาการของนักวิจัย นักวิชาการ และองค์กรต่างๆ

หน่วยงานที่รับผิดชอบ

สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

หน่วยงานผู้สนับสนุน

1. มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. ศูนย์วิจัยและพัฒนาลำไยแม่โจ้
3. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ระยะเวลาการจัดประชุมวิชาการ

วันที่ 26 – 27 พฤษภาคม 2553

สถานที่จัดประชุมวิชาการ

ห้องประชุมศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผู้เข้าร่วมประชุม

ประกอบด้วยอาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา จากมหาวิทยาลัย และหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องและผู้สนใจทั่วไป จำนวน 250 คน

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงปัญหา ผลกระทบ และแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสิ่งแวดล้อม ทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ
2. ทำให้ได้ทราบถึงความก้าวหน้าในการวิจัยในสาขาวิชาการต่างๆทั้งภายในประเทศและต่างประเทศตลอดจนถึงปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข ตลอดจนการนำไปปรับใช้ประโยชน์ และเกิดการพัฒนาทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ
3. สามารถเสริมสร้างและพัฒนาคุณภาพของงานวิจัยและนักวิจัยของมหาวิทยาลัย และหน่วยงานอื่นๆ
4. เกิดความร่วมมือทางวิชาการระหว่างมหาวิทยาลัย องค์กร และภาคเอกชนในการค้นคว้าและพัฒนางานวิจัย โดยสามารถก่อให้เกิดผลในเชิงพาณิชย์
5. เป็นการเผยแพร่ชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยในด้านวิชาการ

สอดคล้องกับประเด็นยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัย ดังนี้

ประเด็นยุทธศาสตร์	ข้อที่ 2	ความเป็นเลิศด้านการวิจัยและนวัตกรรม
เป้าประสงค์	ข้อที่ 2.1	ผลงานวิจัยและนวัตกรรมของมหาวิทยาลัย สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ และเป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ
กลยุทธ์	ข้อที่ 2.1.1	สร้างให้มหาวิทยาลัยเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้

รูปแบบการประชาสัมพันธ์งานประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2553

มีการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อต่างๆ อาทิ สปอตวิทยุ ป้ายคัดเอ้าท์ แผ่นโปสเตอร์ เว็ปไซด์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

กำหนดการ

การประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2553

วันที่ 26 – 27 พฤษภาคม 2553

ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วันพุธที่ 26 พฤษภาคม 2553

08.15 – 09.00 น. - ลงทะเบียน

09.00 – 09.15 น. - พิธีเปิดการประชุม

09.15 – 09.45 น. - ชมผลงานภาคโปสเตอร์

09.45 – 10.00 น. - พักรับประทานอาหารว่าง

10.00 – 12.00 น. **- การอภิปราย เรื่อง "*ความมั่นคงด้านอาหาร ความยั่งยืนของเกษตรไทย*"**

ผู้ดำเนินรายการ: รศ. ดร.อานัฐ ตันโช ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม
คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วิทยากรโดย: 1. ศ.เกียรติคุณ ดร.มรกต ตันติเจริญ รองผู้อำนวยการ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2. รศ.ดร.จันทร์จรัส เรี่ยวเดชะ ผู้อำนวยการฝ่ายเกษตร
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
3. คุณดำรงชัย เดชาธิคม รองผู้อำนวยการฝ่ายกิจการภาคเหนือตอนบน
ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร

12.00 - 13.00 น. - พักรับประทานอาหารกลางวัน

13.00 – 15.30 น. **- การเสวนาเรื่อง "ชาวสวนมืออาชีพทำลำไยอย่างไรจึงประสบผลสำเร็จ"**

ผู้ดำเนินรายการ: ผศ.พาวิน มะโนชัย ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการ-
การเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และคุณขวัญชัย สกุลทอง

วิทยากรโดย: 1. คุณณัฐวัชต์ เพิ่มพูนไชยกุล เกษตรกรจากจังหวัดเชียงใหม่
2. คุณอุดม รังสรรค์ เกษตรกรจากจังหวัดเชียงใหม่
3. คุณกัญกร ชนนท์รดากุล เกษตรกรจากจังหวัดจันทบุรี
4. พ.จ.ต.พลยุทธ นามณรงค์ เกษตรกรจากจังหวัดจันทบุรี
5. คุณประเทือง คงรอด เกษตรกรจากจังหวัดลำพูน
6. คุณวินัย หวันชัยศรี เกษตรกรจากจังหวัดลำพูน

13.00 - 17.00 น. - นำเสนอผลงานภาคบรรยาย

14.30 – 14.45 น. - พักรับประทานอาหารว่าง

กำหนดการ

การประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2553

วันที่ 26 – 27 พฤษภาคม 2553

ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วันพฤหัสบดีที่ 27 พฤษภาคม 2553

08.30 – 10.00 น. - นำเสนอผลงานภาคบรรยาย

10.00 – 10.15 น. - พักรับประทานอาหารว่าง

10.15 – 12.00 น. - **เสวนาเรื่อง *"ความยั่งยืนของการจัดการศึกษาด้านการเกษตร "***

ผู้ดำเนินรายการ: คุณอภิชัย มัทวพันธุ์ สถานีวิทยุ อสมท. เชียงใหม่

วิทยากรโดย: 1. รศ.ดร.วรวิทย์ สิริพลวัฒน์ ประธานสภาคณบดีสาขาการเกษตร คณบดีคณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. รศ.ดร.ประสงค์ ตันพิชัย คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

3. อาจารย์เอกชัย ยุทธชัยวรกุล และคุณไพรัช แดนกะไสย วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสิงห์บุรี

12.00 – 13.00 น. - พักรับประทานอาหารกลางวัน

13.00 – 14.30 น. - **เสวนา เรื่อง "มิติความมั่นคงทางอาหาร...ท่ามกลางวิกฤติ"**

โดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายวิจัยเพื่อท้องถิ่น

ผู้ดำเนินรายการ: คุณกชกร ชิณะวงศ์ สกว.ฝ่ายวิจัยเพื่อท้องถิ่น

วิทยากรโดย: 1. คุณสุเมธ ปานจำลอง ผู้ประสานงานชุดประเด็นเกษตรอินทรีย์ จังหวัดมหาสารคาม

2. คุณไกรศรี กล้าณรงค์ขวัญ โครงการวิจัยการใช้ภูมิปัญญาชาวบ้านในการจัดการหนอนไม้ไผ่ (ดีเบาะ) และกบ (เดบือ) ให้มีความยั่งยืน บ้านแม่ยางส้าน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

3. คุณประสิทธิ์ เชื้อเอี่ยม โครงการวิจัย การจัดการทรัพยากรธรรมชาติอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

4. คุณกนกนาถ โพธิ์สัย หัวหน้าโครงการวิจัย "สวนหลังบ้าน" วิธีการพึ่งพาตนเองของคนผู้ไท จังหวัดกาฬสินธุ์

13.00 – 17.00 น. - นำเสนอผลงานภาคบรรยาย

ปิดการประชุม

14.30 – 14.45 น. - พักรับประทานอาหารว่าง

ประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง แต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิตรวจผลงานทางวิชาการ

ตามที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร กำหนดให้มีการประชุมทางวิชาการประจำปี 2553 ขึ้น ระหว่างวันที่ 26 – 27 พฤษภาคม 2553 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการเผยแพร่ผลงานวิจัยและเป็นการเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในการศึกษาวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการวิจัย อันจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริง

เพื่อให้การดำเนินการจัดประชุมครั้งนี้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 19 แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยแม่โจ้ พ.ศ. 2539 จึงแต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิตรวจผลงานทางวิชาการดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน	มะโนชัย
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ	ข้ามสี่
3. รองศาสตราจารย์ดลกร	ขวัญคำ
4. รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์	ศิริ
5. รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน	โอภาศพัฒนกิจ
6. รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง	สรวมศิริ
7. รองศาสตราจารย์ ดร.สกล	ไข่คำ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัญชา	พงศ์พิศาลธรรม
9. รองศาสตราจารย์ประวิตร	พุทธานนท์
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สห	ตุลพงศ์
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์	โนรี
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวรรณ	ชาลีพรหม
13. อาจารย์ ดร.เสกสันต์	อุสสหตานนท์
14. อาจารย์ ดร.ชิต	อินปรา
15. รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ	หวังชัย
16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัญญัติ	มนเทียรอาสน์
17. อาจารย์ ดร.จิราพร	โรจน์ทินกร

18. รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร	กิรติการกุล
19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนา	โพธิสุวรรณ
20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เริงชัย	ต้นสุชาติ
21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตรา	รอดสมบุญ
22. รองศาสตราจารย์จงกลบดินทร์	แสงอาสภวิริยะ
23. รองศาสตราจารย์จำเนียร	บุญมาก
24. รองศาสตราจารย์รังสรรค์	จันต๊ะ
25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลลิดา	ภู่ทอง
26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรทิพย์	คำดี
27. อาจารย์ ดร.ธาตรี	รอดชำนาญ
28. รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ	ต้นติกุล
29. รองศาสตราจารย์บัณฑิต	หิรัญสถิตย์พร
30. รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิสิน	บวรสมบัติ
31. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพงษ์	สว่างปัญญางกูร
32. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรพงษ์	พิมพ์พิมล
33. รองศาสตราจารย์เพ็ญรัตน์	หงษ์วิทยากร
34. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนุช	เนียมทรัพย์
35. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงทอง	พงษ์เจริญกิต
36. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณี	คงดี
37. อาจารย์ ดร.สุภาพร	แสงศรีจันทร์
38. อาจารย์ ดร.ลัดนา	วัฒนะชีวะกุล
39. อาจารย์ ดร.ธานินทร์	แตงกวารัมย์
40. รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา	ดำรงเกียรติศักดิ์
41. รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพล	ทองมา
42. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรารถนา	ยศสุข
43. อาจารย์ ดร.สมคิด	แก้วทิพย์
44. ศาสตราจารย์ ดร.นำชัย	ทนุผล
45. รองศาสตราจารย์นิพนธ์	ไชยมงคล
46. รองศาสตราจารย์สมชาย	องค์ประเสริฐ
47. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ์	เนียมทรัพย์
48. รองศาสตราจารย์ ดร.ด้วง	พุทธศุกร์
49. ดร.จินดา	จันทร์อ่อน

50. รองศาสตราจารย์ ดร.พิทยา	สรวมศิริ
51. รองศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย	รัตน์ชเลศ
52. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดรุณี	นาพรหม
53. รองศาสตราจารย์ ดร.ดนัย	บุณยเกียรติ
54. รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาทพร	สมิตะมาน
55. รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์	โตอนันต์
56. รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ	ศรีชูวงศ์
57. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกวลิน	คุณาศักดากุล
58. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สงวนศักดิ์	ธนาพรพูนพงษ์
59. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย	แสงชโยสวัสดิ์
60. รองศาสตราจารย์ ดร.วรทัศน์	อินทรัดดัมพร
61. รองศาสตราจารย์ ดร.อาวรณ์	โอภาสพัฒนกิจ
62. รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษฎี	ณ ลำปาง
63. รองศาสตราจารย์ไพฑูรย์	รอดวินิจ
64. รองศาสตราจารย์เพทาย	พงษ์เพียจันทร์
65. รองศาสตราจารย์ สพ.ญ.ทัศนีย์	อภิชาติสรางกูร
66. อาจารย์ ดร.สวัสดิ์	สนิทจันทร์
67. รองศาสตราจารย์ ดร.อภินภัส	รุจิวัตร์
68. รองศาสตราจารย์ ดร.เรืองศรี	วัฒเนสก์
69. อาจารย์ ดร.ภควรรณ	พวงสมบัติ
70. อาจารย์ ดร.กาญจนา	ดำริห์
71. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร	จันทระ
72. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินิตา	บุญโยดม
73. รองศาสตราจารย์ ดร.ศุวศา	กานตวนิชกูร
74. รองศาสตราจารย์ตะวัน	สุจริตกุล
75. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นคร	ทิพยาวงศ์
76. รองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์	ธีรอำพล
77. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์	นุชประยูร
78. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศันสนีย์	เอื้อพันธ์วิริยะกุล
79. อาจารย์ ดร.นราธิป	เที่ยงแท้
80. รองศาสตราจารย์ ดร.รวิพร	ดูเจริญไพศาล
81. รองศาสตราจารย์มนัส	ยอดคำ

82. ศาสตราจารย์ ดร.อนุรักษ์	ปัญญานุวัฒน์
83. รองศาสตราจารย์รัตนา	อัตตปัญโญ
84. รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณี	อภิชาติสรางกูร
85. อาจารย์ ดร.ชาติชาย	โขนงนุช
86. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันยวัฒน์	รัตนสัค
87. รองศาสตราจารย์ ดร.สาวิตรี	รังสิภัทร์
88. รองศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์	ปิยะโชคคณากุล
89. รองศาสตราจารย์ ดร.ดอกรัก	มารอด
90. รองศาสตราจารย์ ดร.อรพินท์	เจียรถาวร
91. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศกร	คุณวุฒิฤทธิรณ
92. รองศาสตราจารย์ ดร.สถาพร	จิตตปาลพงศ์
93. รองศาสตราจารย์ ดร.โสมสกาว	เพชรานนท์
94. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองวิชญ์	ยุ้นพันธ์
95. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัสสรา	รัตนพิศิฏฐ์
96. รองศาสตราจารย์ ดร.สุขุม	เร้าใจ
97. รองศาสตราจารย์แสงเทียน	อัจจิมางกูร
98. รองศาสตราจารย์ ดร.นนทวิทย์	อารีย์ชน
99. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์	ไตรศักดิ์
100. ศาสตราจารย์ ดร.สาวิตรี	ลิ่มทอง
101. รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเรียง	ขจรศิลป์
102. รองศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์	ไชยโส
103. รองศาสตราจารย์ ดร.กมล	เลิศรัตน์
104. รองศาสตราจารย์ ดร.สุชีลา	เตชะวงศ์เสถียร
105. รองศาสตราจารย์ ดร.อโนทัย	ตรีวานิช
106. รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์	พลธานี
107. รองศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์	ภัทรจินดา
108. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา	มาสวัสดิ์
109. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตนา	กล่ำเทศ
110. รองศาสตราจารย์กษิดิศ	อื้อเชี่ยวชาญกิจ
111. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์	ทับสูงเนิน รัตนจันทร์
112. รองศาสตราจารย์ น.อ.ยุทธนา	ตระหง่าน
113. รองศาสตราจารย์ ดร.พิชัย	นามประกาย

114. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริส	ประทินทอง
115. รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพร	เชี่ยวชาญ
116. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวรรณ	อุปพิทยานันท์
117. รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญ	นาคะสรรค์
118. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญชัย	พันธโชติ
119. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จานุลักษณ์	ขนบดี
120. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาวิตรี	มีจุ้ย
121. ดร.นิพัฒน์	สุขวิบูลย์
122. คุณอเนก	โชติญาณวงษ์
123. ดร.ประสาน	พรโสภิณ
124. รองศาสตราจารย์ ดร.นุชนารถ	จงเลขา
125. ดร.วีรพันธ์	กันแก้ว
126. ศาสตราจารย์ ดร.นิธิยา	รัตนาปนนท์
127. ศาสตราจารย์ ดร.ไพบูลย์	วิวัฒน์วงศ์วนา
128. ศาสตราจารย์เฉลิมพล	แซมเพชร
129. รองศาสตราจารย์ ดร.สุคนธ์	พานิชพันธ์
130. รองศาสตราจารย์สุทัศน์	อุลศรีไกวัล
131. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์	หิรัญบูรณะ

หน้าที่: เพื่อพิจารณาและประเมินผลงานทางวิชาการ ที่นำเสนอในการประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2553

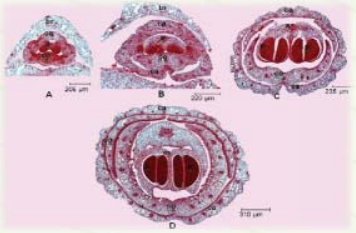
ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2553 เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๔ มิถุนายน พ.ศ. 2553

(รองศาสตราจารย์ ดร.เทพ พงษ์พานิช)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

คณะกรรมการฝ่ายเอกสารการพิมพ์

รองศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ	ข้ามสี่	ประธานกรรมการ
นางสมจิตต์	กิจรุ่งเรือง	กรรมการ
นางสาวรังสิมา	อัมพวัน	กรรมการ
นายภาณุลักษณ์	ศรีรินทร์	กรรมการ
นายปริญญา	เพียรอุตส่าห์	กรรมการ
นางจิรนันท์	เสนานาญ	กรรมการ
นางสาวสกาวรัตน์	แก้ววิเศษ	กรรมการ
นางสาวพรสวรรค์	ดวงจันทร์	กรรมการ
นางปณกานต์	ภู่เอี่ยม	กรรมการ
นางทิพย์สุดา	ปุกมณี	กรรมการและเลขานุการ
นางไพรรินทร์	กองจันทร์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
นางสาวสุนทรี	ทับทิมทอง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ



สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

โทรศัพท์ 0-5387-5113-4 โทรสาร 0-5387-5114

www.rae.mju.ac.th/research/