รายงาน
การประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2551
(ร่วมฉลองแม่โจ้ครบรอบ 75 ปี)

4 - 5 ธันวาคม 2551
ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ
สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ISBN 978-974-8444-73-4

คำนำ

ในโอกาสที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ครบรอบ 75 ปี สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ได้จัดการประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2551 ขึ้นระหว่างวันที่ 4-5 ธันวาคม 2551 เพื่อร่วมฉลองในงานวันเกษตรแม่โจ้ 75 ปี โดยในการประชุมฯ มีการอภิปราย การบรรยายพิเศษ การนำเสนอผลงานทางวิชาการของนักวิจัย ทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ ในสาขาเกษตรศาสตร์: พืชศาสตร์ ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม และสัตวศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร และสาขาสังคมศาสตร์ รวมทั้งการจัดแสดงนิทรรศการของหน่วยงานภาครัฐต่างๆ ภายใต้บันทึกข้อตกลงความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เป็นการถ่ายทอดความรู้และวิทยาการใหม่ๆ ออกเผยแพร่สู่สาธารณชน เพื่อให้เกิดการนำไปใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง

การประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2551 ในครั้งนี้ ส่วนหนึ่งได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) และ สวทช. เครือข่ายภาคเหนือ) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ผลงานทางวิชาการทุกผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ในรายงานการประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2551 ฉบับนี้ ได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องจากกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ และกรรมการวิชาการในแต่ละสาขาวิชาเรียบร้อยแล้ว คณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบคุณบุคลากรกองห้องสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยตรวจสอบความถูกต้องในการเตรียมต้นฉบับผลงานทางวิชาการให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คำกล่าวรายงานการประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2551
โดย ศาสตราจารย์ ดร.นำชัย ทนุผล
รองอธิการบดีฝ่ายการต่างประเทศ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันพฤหัสบดีที่ 4 ธันวาคม 2551
ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

กราบเรียน ท่านอธิการบดี

กระผม ศาสตราจารย์ ดร.นำชัย ทนุผล รองอธิการบดีฝ่ายการต่างประเทศ ในนามของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ คณะผู้ดำเนินการ ผู้มีเกียรติ และผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการทุกคน ขอขอบพระคุณท่านอธิการบดี เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาให้เกียรติมาเป็นประธานในพิธีเปิดการประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2551 ในวันนี้

การเผยแพร่ผลงานวิจัยเป็นภารกิจหลักหนึ่ง ของงานบริหารการวิจัย ภายใต้แผนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร เป็นหน่วยงานรับผิดชอบ การจัดการประชุมทางวิชาการประจำปีเป็นการส่งเสริมให้ อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย รวมทั้งนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาในสาขาวิชาต่าง ๆ ที่มหาวิทยาลัยได้เปิดการเรียนการสอน ได้มีโอกาสพบปะ นำเสนอผลงานวิจัย ซึ่งได้ข้อค้นพบใหม่ มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประสบการณ์ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ และความชำนาญระหว่างนักวิจัย นักวิชาการ และผู้สนใจ ซึ่งจะนำไปสู่แนวทางการวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศและแก้ไขปัญหาได้อย่างสัมฤทธิ์ผล ความรู้และวิทยาการใหม่ ๆ ดังกล่าว ยังเป็นโอกาสที่ได้ถ่ายทอดและนำออกเผยแพร่สู่สาธารณชน สามารถนำความรู้และเทคโนโลยีไปพัฒนาอาชีพให้เกิดประโยชน์ อันจะส่งผลดีต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศต่อไป ที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ เป็นโอกาสให้นักวิจัยได้พบปะ อภิปรายร่วมกับภาคเอกชน ทำให้เข้าใจปัญหาและสามารถทำงานวิจัยเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อกัน และได้ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติได้และเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการอย่างแท้จริง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ดำเนินโครงการวิจัยทั้งประเภทพื้นฐานและประยุกต์ โดยมีการนำความรู้ไปถ่ายทอดสู่ประชาชนและแก้ไขปัญหาทางการเกษตรในท้องถิ่นภาคเหนือ ซึ่งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติด้านการแก้ไขปัญหาความยากจน และเพิ่มมูลค่าสินค้าเพื่อการส่งออก นอกจากนี้ ยังมีโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการประสานงาน

สำหรับปีงบประมาณ 2551 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้รับงบประมาณจำนวน 19,950,000 บาท เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานวิจัย จำนวน 62 โครงการ ในสาขาเกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร และสังคมศาสตร์

ตลอดเวลาที่ผ่านมา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้ดำเนินกิจกรรมในการเผยแพร่งานวิจัย โดยการจัดทำวารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร และได้จัดการประชุมทางวิชาการเป็นประจำทุกปี โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้นักวิจัยได้มีโอกาส เผยแพร่ผลงานวิจัยและแลกเปลี่ยนความรู้ ข้อคิดเห็นกับผู้เข้าร่วมการประชุม ที่มาจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศชาติและสังคมต่อไป

การประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2551 ครั้งนี้ จัดขึ้นเป็นครั้งที่ 9 โดยจัดระหว่างวันที่ 4-5 ธันวาคม 2551 รวมเวลา 2 วัน ณ อาคารเทพประสงค์วรยศ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติแห่งนี้ มีการเสนอผลงานทั้งภาคบรรยาย ภาคโปสเตอร์ และนิทรรศการ รวม 64 เรื่อง ผู้เข้าร่วมประชุม ประกอบด้วย คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นิสิตนักศึกษา และบุคลากรจากภาครัฐบาลและเอกชน จำนวน 250 คน

ทั้งนี้มหาวิทยาลัยได้รับการสนับสนุนงบประมาณ ในการจัดประชุมทางวิชาการ จำนวน 4 หน่วยงาน คือ

1. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
3. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เครือข่ายภาคเหนือ
4. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร

นอกจากนี้ มหาวิทยาลัยยังได้รับความอนุเคราะห์อย่างดียิ่ง ในการถ่ายทอดเสียงการอภิปราย และบรรยายพิเศษ จากสถานีวิทยุมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บัดนี้ได้เวลาสมควรแล้ว กระผมขอกราบเรียนเชิญ ท่านอธิการบดีประธานในพิธี ได้กรุณามอบโล่เกียรติยศให้กับตัวแทนของหน่วยงานที่ให้การสนับสนุนงานประชุมทางวิชาการ และกล่าวเปิดงานประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2551 ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต่อไป

คำกล่าวพิธีเปิดการประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2551
โดย รองศาสตราจารย์ ดร.เทพ พงษ์พานิช
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันพฤหัสบดีที่ 4 ธันวาคม 2551
ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คณะผู้บริหารมหาวิทยาลัยแม่โจ้ คณะผู้ดำเนินการ ผู้สนับสนุนการประชุม วิทยากร ผู้เข้าร่วมประชุมทางวิชาการ และผู้มีเกียรติทุกท่าน

ผมขอขอบคุณ ที่ได้ให้เกียรติเชิญผมมาเป็นประธานในพิธีเปิดการประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2551 ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในวันนี้

ตามรายงานของรองอธิการบดีฝ่ายการต่างประเทศ ที่กล่าวมานั้น เป็นสิ่งที่น่ายินดียิ่ง ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เห็นความสำคัญของการที่จะพัฒนาประเทศชาติ เพราะปัจจุบันประเทศต่างๆ มีการแข่งขันกันที่จะพัฒนาประเทศของตนให้มีเศรษฐกิจที่ดีขึ้น ซึ่งพื้นฐานการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมนั้น ต้องอาศัยการค้นคว้าวิจัย คิดค้นเทคโนโลยีที่ทันสมัย เพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนา ซึ่งประเทศไทยเราก็มีการดำเนินงานด้านการวิจัยและพัฒนา โดยเฉพาะด้านการเกษตร ด้านเศรษฐกิจ สังคม เพื่อให้ก้าวทันกับประเทศที่กำลังพัฒนาอื่นๆ และเพื่อให้ก้าวทันยุคสมัยของโลกที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งก็มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ของการจัดประชุมทางวิชาการครั้งนี้ อันจะนำไปสู่การแก้ปัญหา และการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

ผมขอสนับสนุนการจัดประชุมครั้งนี้ ด้วยความจริงใจ และหวังว่าเมื่อการประชุมเสร็จสิ้นแล้ว คงจะนำเอาความรู้และประสบการณ์ ซึ่งได้จากการระดมความคิดเห็นจากท่านทั้งหลาย นำสู่แนวทางของการพัฒนาในด้านต่างๆ ของประเทศต่อไป

บัดนี้ได้เวลาอันสมควรแล้ว ผมขอเปิดการประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2551ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และขออำนวยพรให้การประชุมครั้งนี้ ดำเนินไปด้วยดี บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทุกประการ และขออาราธนาสิ่งศักดิ์สิทธิ์ อันเป็นที่เคารพนับถือของท่านทั้งหลาย จงดลบันดาลให้ท่านและครอบครัวประสพความสุข ความเจริญก้าวหน้าในหน้าที่การงาน และส่วนตัวยิ่งขึ้นต่อไป

ภาคบรรยาย

เปรียบเทียบการใช้ปุ๋ย 6 สูตร ต่อการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมัน พันธุ์ Compact Ghana ในระยะอนุบาลหลัก

Comparison of Six Fertilizer Rates on Growth of Oil Palm Seedling Variety: Compact Ghana in Main-nursery

ประสาทพร กออวยชัย ศิริชัย อุ่นศรีส่ง สมพร มีแสงแก้ว จิระศักดิ์ วิชาสวัสดิ์ และปณิดา กันถาด

Prasatporn Koauychai, Sirichai Unsrisong, Somporn Meesangkaew, Jirasak Wichasawat and Pranida Guntad

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ชุมพร 86170

Maejo University, Chumphon, Thailand, 86170

Email: ake59maejo@hotmail.com

บทคัดย่อ

เปรียบเทียบการใช้ปุ๋ย 6 สูตร ต่อการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมันพันธุ์ Compact Ghana ในระยะอนุบาลหลัก ได้ดำเนินการที่โครงการสหกิจศึกษาทางวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2550 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะการเจริญเติบโตในปาล์มน้ำมันพันธุ์ Compact Ghana ที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน 6 สูตร ในระยะอนุบาลหลัก ได้แก่ ปุ๋ยสูตร 30-20-10 ปุ๋ยชีวภาพตราเรือสำเภา ปุ๋ยชีวภาพตราบัวทิพย์ ปุ๋ยสูตร 12-12-17 ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และ Control (ใส่ปุ๋ยตามชนิดและอัตราที่แนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร) พบว่า ลักษณะความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม และลักษณะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.68, 43.43 และ 2.86 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนลักษณะความยาวใบ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.68 เซนติเมตร

คำสำคัญ: ปาล์มน้ำมัน Compact Ghana ระยะอนุบาลหลัก

Abstract

Comparison of six fertilizer on growth rates of oil palm seeding variety: Compact Ghana in main-nursery was conducted by the co-operative education for agricultural academic, Maejo-Chumphon university from October 2006 to September 2007. The analysis of variance on growth of the oil palm resulted from rates which were 30-20-10, biofertilizer Rearsumpao brand, biofertilizer Buatip brand, 12-12-17, 15-15-15 and Control were significant difference in mean squares at 0.01 for plant height, plant canopy and diameter of stem, the average values were 40.68, 43.43 and 2.86 centimeters respectively. But a characteristic likes the leaf length was non-significant, the average value was 18.68 centimeter.

Key words: oil palm, Compact Ghana, seedling, fertilizer

คำนำ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และบริษัท อาร์ แอนด์ ดี เกษตรพัฒนา จำกัด ตกลงร่วมมือดำเนินงานในลักษณะของโครงการสหกิจศึกษาทางวิชาการเกษตร เพื่ออนุบาลกล้าปาล์มน้ำมัน โดยบริษัท อาร์ แอนด์ ดี เกษตรพัฒนา จำกัด ได้เข้ามาพัฒนาพื้นที่และเพาะกล้าปาล์มน้ำมันในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร จำนวน 200 ไร่ โดยใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทั้งในด้านการคัดเลือกสายพันธุ์ การอนุบาลกล้าปาล์มน้ำมัน ระบบการให้น้ำที่ได้มาตรฐาน โดยโครงการสหกิจศึกษาทางวิชาการเกษตรมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนด้านการเรียนการสอน เป็นแหล่งฝึกงานของนักศึกษา ส่งเสริมให้นักศึกษามีรายได้ระหว่างเรียน เป็นแหล่งศึกษาดูงานของบุคลากรทางการเกษตรและประชาชนทั่วไป และเป็นความร่วมมือในการศึกษาค้นคว้า วิจัย ระหว่างมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และบริษัท อาร์ แอนด์ ดี เกษตรพัฒนา จำกัด หลังจากเริ่มดำเนินการเพาะกล้าปาล์มน้ำมันเป็นระยะเวลา 12 เดือน ขณะนี้โครงการความร่วมมือสหกิจศึกษา มีต้นกล้าปาล์มน้ำมันทั้งในระยะอนุบาลแรก และในระยะอนุบาลหลัก 1.3 ล้านต้น มีสายพันธุ์ที่นำเข้าจากบริษัท ASD ประเทศคอสตาริก้า จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ Deli-Nigeria, Deli-Ghana, Compact Nigeria, Compact Ghana และ Deli-Nigeria Black และในระยะเวลาอันใกล้จะนำเข้าต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้มาจากกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเข้ามาอนุบาล เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เป็นต้นพันธุ์สำหรับปลูกในเชิงการค้าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดต้นกล้าปาล์มน้ำมันพันธุ์ Compact Ghana ที่มีอายุ 3 เดือน จากแปลงอนุบาลแรก จำนวน 600 ต้น เพื่อทดสอบปุ๋ย 6 สูตรๆ ละ 100 ต้น ได้แก่ ปุ๋ยสูตร 30-20-10 ปุ๋ยชีวภาพตราเรือสำเภา ปุ๋ยชีวภาพตราบัวทิพย์ ปุ๋ยสูตร 12-12-17 ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และ Control (ใส่ปุ๋ยตามชนิดและอัตราที่แนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร)

ตารางที่ 1 การใส่ปุ๋ยให้กล้าปาล์มน้ำมันในระยะอนุบาลหลัก ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร มีอัตราการให้ปุ๋ยดังนี้ (Control)

อายุกล้าปาล์มน้ำมัน (สัปดาห์)	ชนิดปุ๋ย	อัตราการใช้ (กรัมต่อต้น)
12	18-46-0	7
14	13-13-21	7
16	15-15-15-1.2	7
18	13-13-21	7
20	15-15-15+คีเซอร์ไรต์ (27%)	10+10
22	13-13-21	10
24	15-15-15+โบแร็กซ์ (47%)	10+0.5
26	13-13-21+คีเซอร์ไรต์ (27%)	10+10
28	15-15-15-1.2	10
30	13-13-21	10
32	15-15-15-1.2	15
34	13-13-21+คีเซอร์ไรต์ (27%)	15+10
36	15-15-15-1.2	20
38	13-13-21+โบแร็กซ์	20+0.5
40	15-15-15-1.2	20
42	13-13-21+คีเซอร์ไรต์ (27%)	20+15
44	15-15-15-1.2	20
46	โบแร็กซ์	0.5
48	13-13-21+คีเซอร์ไรต์ (27%)	25+20
51	15-15-15-1.2	25
54	15-15-15-1.2	30
57	โบแร็กซ์	0.5
60	13-13-21+คีเซอร์ไรต์ (27%)	30+25

ตารางที่ 2 การใส่ปุ๋ยสูตร 30-20-10 ปุ๋ยชีวภาพตราเรือสำเภา ปุ๋ยชีวภาพตราบัวทิพย์ ปุ๋ยสูตร 12-12-17 และปุ๋ยสูตร 15-15-15

อายุกล้าปาล์มน้ำมัน (สัปดาห์)	อัตราการใช้ (กรัมต่อต้น)				
	30-20-10	เรือสำเภา	บัวทิพย์	12-12-17	15-15-15
12	7	7	7	10	10
14	-	-	-	-	-
16	7	7	7	10	10
18	-	-	-	-	-
20	7	7	7	10	10
22	-	-	-	-	-
24	10	10	10	10	10
26	-	-	-	-	-
28	10	10	10	10	10
30	-	-	-	-	-
32	15	1	15	15	15
34	-	-	-	-	-
36	20	20	20	15	15
38	-	-	-	-	-
40	20	20	20	20	20
42	-	-	-	-	-
44	20	20	20	20	20
46	-	-	-	-	-
48	25	25	25	25	25
51	-	-	-	-	-
54	30	30	30	30	30
57	-	-	-	-	-
60	30	30	30	30	30

สุ่มกล้าปาล์มจำนวน 25 ต้นต่อ 1 สูตรปุ๋ย เพื่อเก็บข้อมูลเมื่อกล้าปาล์มน้ำมันมีอายุ 10 เดือน นำข้อมูลความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และความยาวใบ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design

ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันพันธุ์ Compact Ghana ที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน 6 สูตร ในระยะอนุบาลหลัก ได้แก่ ปุ๋ยสูตร 30-20-10 ปุ๋ยชีวภาพตราเรือสำเภา ปุ๋ยชีวภาพตราบัวทิพย์ ปุ๋ยสูตร 12-12-17 ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และ Control (ใส่ปุ๋ยตามชนิดและอัตราที่แนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร) พบว่า ลักษณะความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม และลักษณะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนลักษณะความยาวใบ เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ ของการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมันพันธุ์ Compact Ghana ที่ได้รับปุ๋ยต่างกัน 6 สูตร

สูตรปุ๋ย	ความสูงต้น (ซม.)	เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม (ซม.)	เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (ซม.)	ความยาวใบ (ซม.)
30-20-10	43.20 A	48.48 A	3.84 A	18.72 A
ปุ๋ยชีวภาพตราเรือสำเภา	44.68 A	46.52 A	3.09 B	17.80 A
15-15-15	43.04 A	42.04 B	2.32 C	19.88 A
12-12-17	37.32 B	42.00 B	2.37 C	17.28 A
ปุ๋ยชีวภาพตราบัวทิพย์	39.04 B	41.24 B	3.44 AB	18.24 A
Control	36.80 B	40.32 B	2.15 C	20.20 A
Mean	40.68	43.43	2.86	18.68
F-test	**	**	**	ns
CV(%)	11.33	12.76	22.42	21.05

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงต้น พบว่ามีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยสิ่งทดลองที่ได้รับปุ๋ยชีวภาพตราเรือสำเภามีความสูงมากที่สุด โดยมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 44.68 เซนติเมตร ไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ได้รับปุ๋ย 30-20-10 และ 15-15-15 แต่แตกต่างจากปุ๋ยชีวภาพตราบัวทิพย์ 12-12-17 และ control อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 43.20, 43.04, 39.04, 37.32 และ 36.80 เซนติเมตร ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม พบว่า มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยสิ่งทดลองที่ได้รับปุ๋ย 30-20-10 มีเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มใหญ่ที่สุด โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มเฉลี่ยเท่ากับ 48.48 เซนติเมตร ไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ได้รับปุ๋ยชีวภาพตราเรือสำเภา แต่แตกต่างจากสูตร 15-15-15, 12-12-17 ปุ๋ยชีวภาพตราบัวทิพย์และ control อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มเฉลี่ยเท่ากับ 46.52, 42.04, 42.00, 41.24 และ 40.32 เซนติเมตร ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น พบว่า มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยสิ่งทดลองที่ได้รับปุ๋ย 30-20-10 มีเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นใหญ่ที่สุด โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.84 เซนติเมตร ไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ได้รับปุ๋ยชีวภาพตราบัวทิพย์ แต่แตกต่างจากสูตรปุ๋ย

ชีวภาพตราเรือสำเภา 12-12-17, 15-15-15 และ control อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.44, 3.09, 2.37, 2.32 และ 2.15 เซนติเมตร ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความยาวใบ พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสิ่งทดลองที่ได้รับปุ๋ย control มีความยาวใบมากที่สุด โดยมีความยาวใบเท่ากับ 20.20 เซนติเมตร รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ได้รับปุ๋ย 15-15-15, 30-20-10 ปุ๋ยชีวภาพตราบัวทิพย์ ปุ๋ยชีวภาพตราเรือสำเภา และ 12-12-17 โดยมีความยาวใบเท่ากับ 19.88, 18.72, 18.24, 17.80 และ 17.28 เซนติเมตร ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากโครงการวิจัยเรื่อง เปรียบเทียบการใช้ปุ๋ย 6 สูตร ต่อการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมันพันธุ์ Compact Ghana ในระยะอนุบาลหลัก สามารถวิจารณ์ผลได้ดังนี้

ลักษณะความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม และลักษณะเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนลักษณะความยาวใบ เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หากดูจากตัวเลขการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันพันธุ์ Compact Ghana พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพตราเรือสำเภา มีลักษณะการเจริญเติบโตในด้านต่างๆ ค่อนข้างดี แต่หากได้สังเกตในแปลงทดลองจริงกลับพบว่ากล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพตราเรือสำเภาและปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพตราบัวทิพย์ มีลักษณะใบเหลืองซีดเหมือนกับกล้าปาล์มน้ำมันขาดปุ๋ยและการดูแลรักษาที่ดี ตรงกันข้ามกับกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับปุ๋ยเคมีสูตรอื่นๆ อีก 4 สูตร คือ ปุ๋ยสูตร 30-20-10 ปุ๋ยสูตร 12-12-17 ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และ Control โดยการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 4 ชนิด กล้าปาล์มน้ำมันมีใบสีเขียวเข้ม ใบมีความมันวาว ลักษณะที่ปรากฏดังกล่าวมีผลในทางจิตวิทยาของผู้ซื้อกล้าปาล์มน้ำมันเป็นอย่างมาก เพราะผู้ซื้อทุกรายย่อมต้องการกล้าปาล์มน้ำมันที่ดูดี คือ ต้องมีโคนใหญ่ ใบมีสีเขียวเข้มและมันวาว และหากผู้ประกอบการเพาะกล้าปาล์มน้ำมันใช้แต่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพียงอย่างเดียว ย่อมคาดหมายได้ว่ากล้าปาล์มน้ำมันในแปลงเพาะทั้งหมดน่าจะมีใบเหลืองซีด ประหนึ่งว่าขาดการเอาใจใส่ของผู้ประกอบการ และนั้นย่อมส่งผลต่อภาพลักษณ์ของแปลงเพาะแปลงนั้นๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ในบรรดากล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับปุ๋ยเคมี 4 สูตร กล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับปุ๋ยสูตร 30-20-10 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่ปุ๋ยสูตรนี้อาจจัดซื้อได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นอาจใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 แทนได้ เพราะปุ๋ยทั้ง 2 สูตรเมื่อใส่ให้กับกล้าปาล์มน้ำมัน กล้าปาล์มน้ำมันมีเจริญเติบทางลำต้นได้ใกล้เคียงกันมาก

สรุปการทดลอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะการเจริญเติบโตในปาล์มน้ำมันพันธุ์ Compact Ghana ที่ใส่ปุ๋ยต่างกัน 6 สูตร ในระยะอนุบาลหลัก ได้แก่ ปุ๋ยสูตร 30-20-10 ปุ๋ยชีวภาพตราเรือสำเภา ปุ๋ยชีวภาพตราบัวทิพย์ ปุ๋ยสูตร 12-12-17 ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และ Control (ใส่ปุ๋ยตามชนิดและอัตราที่แนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร) พบว่า ลักษณะความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม และลักษณะเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนลักษณะความยาวใบ เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร และบริษัท อาร์ แอนด์ ดี เกษตรพัฒนา จำกัด

เอกสารอ้างอิง

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ชัยรัตน์ นิลนนท์ ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ และสมเกียรติ สีสนอง. 2548. **เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน.** ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์: สงขลา. 117 น.

ประสาทพร กออวยชัย. 2549. โครงการสหกิจศึกษาทางวิชาการเกษตร. **เกษตรคิวเซ.** 15(88): 74-75.

อรอนันต์ เลขะกุล พรรณนีย์ วิชชาชู ประเวศ แสงเพชร สมศักดิ์ ทองศรี อิสิวัฒน์ บัณฑราภิวัฒน์ และอมรา เวียงสระ. 2547. **พันธุ์ปาล์มน้ำมันและการปรับปรุงพันธุ์**. สำนักพิมพ์ดอกเบี้ย: กรุงเทพฯ. 188 น.

เอกชัย พฤกษ์อำไพ. 2538. **คู่มือปาล์มน้ำมัน**. เพ็ท-แพล้น พับลิชชิ่ง: กรุงเทพฯ. 304 น.

เอนก ลิ่มศรีวิไล. 2550. การสะท้อนปัญหาในอดีตและการพัฒนาพันธุ์ปาล์มน้ำมันเพื่อการผลิตและเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร. *ใน* **ทิศทางพัฒนาปาล์มน้ำมันเพื่อความมั่งคั่งของเกษตรกร.** กรุงเทพฯ. 30 มิถุนายน 2550: 1-7.

การพัฒนาวิธีการตรวจวินิจฉัยเชื้อ *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* ด้วยโมโนโคลนอลแอนติบอดีที่มีความจำเพาะ

Development of Diagnostic Assay for Detection of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* Using Specific Monoclonal Antibodies

อรวรรณ หิมานันโต[1] เพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล[2] เพลินพิศ ลักษณะนิล[1] มัลลิกา กำภูศิริ[1]
รัชนี ฮงประยูร[3] วิชัย โฆสิตรัตน์[3] และอรประไพ คชนันทน์[1]

O. Himananto[1], P. Thummabenjapone[2], P. Luxananil[1], M. Kumpoosiri[1]
R. Hongprayoon[3], W. Kositratana[3] and O. Gajanandana[1]

[1]หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลางไบโอเทค อุทยานวิทยาศาสตร์ ปทุมธานี 12000
[2]ภาควิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40000
[3]ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[1]BIOTEC Central Research Unit, Pathumthani, Thailand 12000
[2]Department of Plant Pathology, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand 40000
[3]Center for Agricultural Biotechnology, Kasetsart University, Kamphangsaen, Nakhon Pathom, Thailand 73140
E-mail: orawanh@biotec.or.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการผลิตโมโนโคลนอลแอนติบอดีที่จำเพาะต่อเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Aac) โดยโมโนโคลนอลแอนติบอดีชนิด 11E5 สามารถทำปฏิกิริยาได้อย่างจำเพาะเจาะจงต่อเชื้อ Aac ทั้ง 17 isolates และไม่ทำปฏิกิริยาข้ามกับแบคทีเรียก่อโรคพืชชนิดอื่นๆ รวมทั้ง saprophytes ที่แยกได้จากพืชและเมล็ดแตงโมที่ไม่เป็นโรคจำนวน 41 isolates โมโนโคลนอลแอนติบอดีชนิด 11E5 ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาวิธีการตรวจวินิจฉัยเชื้อแบคทีเรีย Aac ในตัวอย่างพืชโดยทำการเปรียบเทียบระหว่างวิธี sandwich ELISA และ plate trapped antigen ELISA ซึ่งพบว่าวิธี sandwich ELISA มีความไวสูงกว่าวิธี plate trapped antigen ELISA ถึง 1000 เท่า เมื่อตรวจเชื้อ Aac ในตัวอย่างน้ำคั้นใบพืช

คำสำคัญ: *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* Monoclonal antibody sandwich ELISA

Abstract

Monoclonal antibodies (MAb) specific to *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Aac) were produced. MAb 11E5 reacted specifically with all 17 Aac isolates but did not cross react with other plant pathogen and 41 saprophytic bacteria isolated from healthy plant and watermelon seeds. MAb 11E5 were used to develop two ELISA systems: plate-trapped antigen ELISA (PTA-ELISA) and sandwich ELISA. From the result, Sandwich ELISA with highly specific MAb could improve sensitivity in detection of Aac-inoculated plants sap at least 1000 times higher than PTA ELISA.

Key words: *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* Monoclonal antibody Sandwich ELISA

คำนำ

เชื้อ *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Aac) เป็นสาเหตุของโรคผลเน่าในพืชตระกูลแตง ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตของพืชในกลุ่มนี้เป็นอย่างมากในหลายประเทศทั่วโลก (Kucharek *et al.*, 1993; Rane and Latin, 1992) ในประเทศไทยพบเชื้อแบคทีเรีย Aac เข้าทำลายพืชตระกูลแตงหลายชนิด และเชื้อแบคทีเรียนี้สามารถถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดพันธุ์ได้ ซึ่งทำให้เป็นปัญหาในการส่งออกเมล็ดพันธุ์ของพืชตระกูลแตง เช่น แตงโม เมลอน และ แคนตาลูป เนื่องจากการส่งออกเมล็ดพันธุ์ต้องผ่านการตรวจสอบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อนี้หรือไม่ ดังนั้นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด ในการจัดการกับโรคนี้คือต้องใช้เมล็ดที่ปลอดจากเชื้อสำหรับการเพาะปลูก (Walcott and Gitaitis, 2000) ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีวิธีการตรวจสอบเชื้อ Aac ในเมล็ดพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสามารถตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว มีความจำเพาะเจาะจง เชื่อถือได้ และมีความไวสูง ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการผลิตโมโนโคลนอลแอนติบอดีที่จำเพาะเจาะจงต่อเชื้อ Aac ทำการทดสอบคุณลักษณะของ MAb ที่ผลิตขึ้น และนำ MAb ที่มีความจำเพาะเจาะจงสูงไปใช้ในการพัฒนาวิธีการตรวจสอบเชื้อ Aac ที่มีความจำเพาะและมีความไวในการตรวจวินิจฉัยสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมแอนติเจนและการผลิตโมโนโคลนอลแอนติบอดี

นำ single colony ของ *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* strain Aac-KK9 (Thonmo, Y. and P. Thummabenjapon, 2006) เลี้ยงใน Nutrient Broth ที่ 28°C เขย่าที่ 200 rpm เป็นเวลา 18 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปปั่นเพื่อแยกตะกอนของเชื้อที่ 5,000 rpm นาน 10 นาที แล้วปั่นล้าง 2 ครั้งใน Phosphate Buffer Saline pH 7.4 (PBS) นำไปทำให้เซลล์แตกด้วยเครื่อง Ultrasonic sonicator นาน 5 นาที บนน้ำแข็ง วัดความเข้มข้นโปรตีนด้วยวิธี Bradford จากนั้นนำไปผสมกับ Freund's adjuvant แล้วนำไปฉีดกระตุ้นในหนูทดลองเป็นจำนวน 3 ครั้งโดยแต่ละครั้งห่างกัน 2 สัปดาห์ เพื่อให้ผลิตแอนติบอดีต่อเชื้อ Aac หนูตัวที่ผลิตแอนติบอดีสูงที่สุดถูกนำมาใช้ในการเชื่อมเซลล์สำหรับการผลิตไฮบริโดมา โดยก่อนการเชื่อมเซลล์ 3 วันทำการฉีดกระตุ้นหนูด้วยแอนติเจนที่ละลายใน PBS เป็นครั้งสุดท้าย เพื่อให้ค่าไตเตอร์ของแอนติบอดีสูงขึ้น วิธีการผลิตเซลล์ไฮบริโดมาทำได้โดยนำเซลล์ม้ามของหนูทดลองมาเชื่อมกับเซลล์ไมอิโลมา (P3X63Ag8.653) ในอัตราส่วน 5:1 ด้วย 50% Polyethylene Glycol 1450 (PEG) เซลล์ไฮบริโดมาจะถูกคัดเลือกด้วย HAT medium จากนั้นทำการตรวจสอบว่าเซลล์ไฮบริโดมาในหลุมใดที่ผลิตแอนติบอดีต่อเชื้อ Aac ด้วยวิธี plate trapped antigen ELISA (PTA-ELISA) เพื่อคัดเลือกเซลล์ไฮบริโดมาที่ผลิตแอนติบอดีต่อเชื้อ Aac ซึ่งจะถูกนำไปแยกให้เป็นโคลนเดี่ยวเพื่อให้ได้โมโนโคลนอลแอนติบอดีต่อไป

2. การตรวจสอบคุณสมบัติของโมโนโคลนอลแอนติบอดี

2.1 ทดสอบการเกิดปฏิกิริยากับ เชื้อ Aac 17 isolates และ การเกิดปฏิกิริยาข้ามกับเชื้อแบคทีเรียก่อโรคชนิดอื่น และเชื้อแบคที่เรียกลุ่มอื่นด้วยวิธี PTA-ELISA

เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบเตรียมด้วยวิธีการเดียวกับการเตรียมแอนติเจนโดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการทำให้เซลล์แตกด้วยเครื่อง Ultrasonic sonicator จากนั้นนำ bacterial suspension ใน PBS มาปรับความเข้มข้นของเชื้อให้ได้ 10^8 cfu/ml โดยทำการเจือจางใน carbonate buffer pH 9.6 แล้วเคลือบในถาดหลุม 96 หลุม บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เติมแอนติบอดีที่ต้องการทดสอบ บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เติม Alkaline phosphatase-Goat anti mouse IgG บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทุกขั้นตอนล้างด้วย PBS tween 20 สี่ครั้ง เติม substrate (p-nitrophenyl phosphate) อ่านผลด้วย ELISA plate reader ที่ 405 nm

2.2 ทดสอบรูปแบบการเกิดปฏิกิริยากับแอนติเจนด้วยวิธี Western blot analysis

การศึกษารูปแบบการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง MAbs และแอนติเจนวิเคราะห์ด้วย Western blot analysis ทำได้โดยการนำแอนติเจนที่เตรียมได้จาก whole cell suspension ของ Aac KK9 และ *Comamonas acidovorans* มาแยกโปรตีนตามขนาดโดยใช้ Reducing SDS Polyacrylamide Gel Electrophoresis ที่ 10% resolving gel และ 5% stacking ตามวิธีการของ Laemmli (1970) และทำการย้ายโปรตีนไปยัง Nitrocellulose membrane ทำการย้อมโปรตีนด้วย MAbs เพื่อดูรูปแบบการจับของ MAbs บนแอนติเจน

3. การทดสอบความไวในการตรวจหาเชื้อ Aac ในสารละลายบัฟเฟอร์และน้ำคั้นใบพืชเปรียบเทียบระหว่าง PTA-ELISA และ Sandwich ELISA

การทดสอบความไวในการตรวจหาเชื้อ Aac เปรียบเทียบระหว่าง PTA-ELISA และ Sandwich ELISA; PTA ELISA (ดูข้อ 2.1) สำหรับ Sandwich ELISA ทำการเคลือบเพลทด้วย Anti-Aac membrane protein complex rabbit polyclonal antibody (anti-Aac rPAb) (ผลิตโดย รศ.ดร. พิศวรรณ เจียมสมบัติ ภาควิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม) บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเติมเชื้อ Aac ที่ความเข้มข้นต่างๆ ตั้งแต่ 0-10^8 cfu/ml โดยเจือจางเชื้อ Aac ในสารละลาย 0.5% bovine serum albumin ใน PBS tween 20 หรือ น้ำคั้นใบพืช ซึ่งเตรียมโดยการบดใบแตงโมที่ไม่เป็นโรคในสารละลาย Extraction buffer (0.05 M Tris-HCl with 0.06 M $NaSO_3$ pH 8.5) ในอัตราส่วน ใบพืชแห้ง:บัฟเฟอร์, 1 กรัม:40 มิลลิลิตร เติมโมโนโคลนอลแอนติบอดี บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เติม Alkaline phosphatase-Goat anti mouse IgG บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทุกขั้นตอนล้างด้วย PBS tween 20 สี่ครั้งเติม substrate (p-nitrophenyl phosphate) อ่านผลด้วย ELISA plate reader ที่ 405 nm

4. เปรียบเทียบความสามารถในการตรวจพืชเป็นโรคระหว่างวิธี PTA ELISA และ Sandwich ELISA

เตรียมเชื้อ Aac ที่ความเข้มข้น 10^8 CFU/ml เพื่อทำการปลูกเชื้อลงบนต้นอ่อนของแตงไทย อายุ 1 เดือน การปลูกเชื้อ Aac KK9 ลงบนใบพืชนั้นทำการเตรียมทั้งแบบ high inoculation และ low inoculation โดยที่ high inoculation เป็นการปลูกเชื้อโดยการฉีดเชื้อเข้าใต้ใบตรงบริเวณเส้นใบ ส่วนการทำ low inoculation ทำโดยการใช้สำลีพันปลายไม้ที่ชุ่มด้วยเชื้อ ป้ายลงบนใบพืชส่วนใต้ใบ และบ่มพืชไว้ในภาชนะที่

มีการควบคุมความชื้น โดยจะทำการเก็บตัวอย่างพืชที่แสดงอาการมาทำการตรวจสอบ ทำการเตรียมตัวอย่างสำหรับ ELISA โดยการบดใบพืชใน Extraction buffer ในอัตราส่วน ใบพืชแห้ง:บัฟเฟอร์, 1 กรัม:40 มิลลิลิตร นำสารสกัดจากใบพืชที่ได้ไปทำการทดสอบด้วยวิธี PTA-ELISA และ Sandwich ELISA

ผลการทดลอง

ตรวจสอบคุณสมบัติของโมโนโคลนอลแอนติบอดี

ทดสอบการเกิดปฏิกิริยากับ เชื้อ Aac 17 isolates และ การเกิดปฏิกิริยาข้ามกับเชื้อแบคทีเรียก่อโรคอื่น และเชื้อแบคที่เรียกลุ่มอื่นด้วยวิธี PTA ELISA

จากการผลิตแอนติบอดีครั้งนี้พบว่าได้เซลล์ไฮบริโดมาที่ผลิตแอนติบอดีต่อ Aac ทั้งหมด 10 โคลน ทำการตรวจสอบความจำเพาะเจาะจงต่อเชื้อ Aac รวมถึงการเกิดปฏิกิริยาข้ามกับเชื้ออื่นๆ

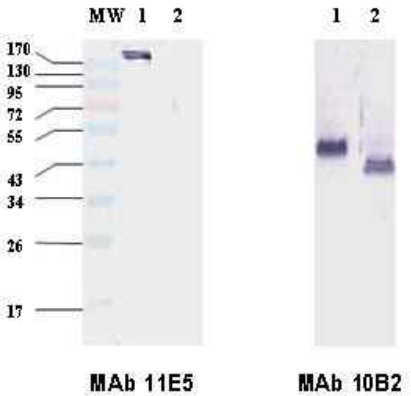
ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะทางด้านความจำเพาะเจาะจงของโมโนโคลนอลแอนติบอดี

		MAb 10B2	MAb 11E5
Aac	DOA 1364	+	+
Aac	DOA1194	+	+
Aac	KK9	+	+
Aac	WM-MK 5/2	+	+
Aac	WM 015/1	+	+
Aac	WM-MK 4/2	+	+
Aac	WM-MK 4/1	+	+
Aac	WM-MK 5/1	+	+
Aac	WM007/2	+	+
Aac	WM006/2	+	+
Aac	WM-NB 4/2	+	+
Aac	WM 015/2	+	+
Aac	WM 006/1	+	+
Aac	WM007/1	+	+
Aac	SQ type A	-	+
Aac	SQ type B	-	+
Aac	A 206	-	+
Comamonas acidovorans		+	-
Comamonas testosteroni		+	-
Fluorescent *Pseudomonas*		-	-
Erwinia carotovora pv. carotovora		-	-
Pantoea ananus		-	-
Ralstonia solanacearum		-	-
Xanthomonas campestris vesicatoria		-	-
เชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากพืชที่เป็นโรคแต่ไม่แสดงอาการของโรค Bacterial fruit blotch 17 isolates		-	-
Epiphytes และ saprophytes ที่แยกได้จากพืชที่ไม่เป็นโรค 24 isolates		-	-

จากผลการทดสอบพบว่า สามารถแบ่งไฮบริโดมาทั้ง 10 โคลนออกได้เป็นสองกลุ่มตามลักษณะความจำเพาะเจาะจง ในการทดลองนี้ได้เลือกโมโนโคลนอลแอนติบอดี 11E5 (MAb 11E5) และ MAb 10B2 ที่ผลิตขึ้นจากไฮบริโดมาโคลน 2 กลุ่มมาเป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มเพื่อใช้ในการศึกษาและพัฒนาวิธีการตรวจวินิจฉัยต่อไป คุณสมบัติของ MAb 11E5 และ MAb 10B2 แสดงในตารางที่ 1 พบว่า MAb 11E5 สามารถตรวจสอบเชื้อ Aac ได้ทั้ง 17 isolates ในขณะที่ MAb 10B2 สามารถตรวจสอบเชื้อแบคทีเรีย Aac ได้ 14 isolates ซึ่งไม่สามารถตรวจเชื้อ Aac 3 isolates ที่แยกจากผลสควัชได้ MAb 11E5 มีความจำเพาะเจาะจงสูงและไม่ทำปฏิกิริยาข้ามกับแบคทีเรียก่อโรคในพืชชนิดอื่น ๆ เช่น Fluorescent *Pseudomonas*, *Erwinia carotovora* pv. *carotovora*, *Pantoea ananus*, *Ralstonia solanacearum*, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* รวมทั้ง เชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากพืชที่เป็นโรคแต่ไม่แสดงอาการของโรค Bacterial fruit blotch 17 isolates และ Saprophytes ที่แยกได้จากพืชและเมล็ดที่ไม่เป็นโรค 24 isolates สำหรับ MAb 10B2 ทำปฏิกิริยาข้ามกับเชื้อ *C. acidovorans* และ *C. testosterone* ซึ่งเป็นเชื้อที่มีความใกล้ชิดกับเชื้อแบคทีเรีย Aac อย่างมากคืออยู่ใน family Comamonadaceae เหมือนกัน (Aimin Wen *et al.*, 1999)

ทดสอบรูปแบบการเกิดปฏิกิริยากับแอนติเจนด้วยวิธี Western blot analysis

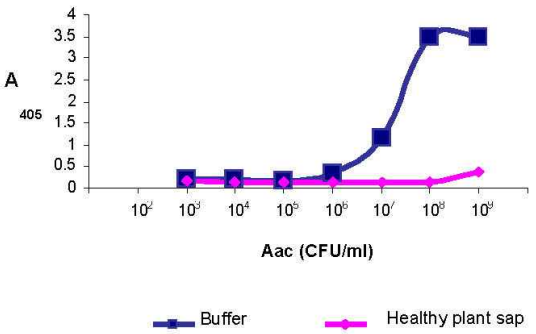
จากการศึกษารูปแบบการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง MAbs และแอนติเจนวิเคราะห์ด้วย Western blot analysis พบว่า MAb 10B2 จับกับ Aac ที่ขนาดโมเลกุล 43 kDa และ *C. acidovorans* ที่ 34 kDa ในขณะที่ Mab 11E5 มีความจำเพาะต่อ Aac เท่านั้นและไม่ทำปฏิกิริยาข้ามกับเชื้อ *C. acidovorans* และ Mab 11E5 นี้ จับกับ Aac ที่ขนาดโมเลกุลสูงกว่า 170 kDa



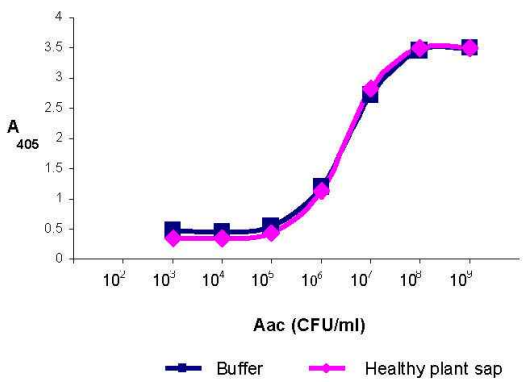
ภาพที่ 1 การวิเคราะห์รูปแบบการจับระหว่างแอนติบอดีและแอนติเจนโดยวิธี Western Blot Analysis และวิเคราะห์แถบโปรตีนด้วย 10% SDS-PAGE. Lane 1; whole cell suspension ของเชื้อ Aac KK9, Lane 2; whole cell suspension ของเชื้อ *C. acidovorans* (2.5 μg/lane) probed with MAb 11E5 or MAb 10B2.

การทดสอบความไวในการตรวจหาเชื้อ Aac ในสารละลายบัฟเฟอร์ และน้ำคั้นใบพืช เปรียบเทียบระหว่าง PTA-ELISA และ Sandwich ELISA

จากผลการทดลองเปรียบเทียบความไวระหว่างวิธี PTA-ELISA และ Sandwich ELISA พบว่า ปริมาณแบคทีเรียที่น้อยที่สุดที่วิธีการ PTA-ELISA สามารถตรวจได้ (Detection limit) เมื่อเชื้อ Aac อยู่ในสารละลายบัฟเฟอร์ คือ 10^6 CFU/ml (ภาพที่ 2) แต่พบว่าจะมีความไวลดลงมากถึง 1000 เท่า คือตรวจได้ที่ 10^9 CFU/ml เมื่อเชื้อ Aac ถูกเจือจางอยู่ในน้ำคั้นใบพืช ในขณะที่วิธี Sandwich ELISA สามารถตรวจสอบเชื้อแบคทีเรียทั้งที่ละลายอยู่ในน้ำคั้นใบพืชและในสารละลายบัฟเฟอร์ ได้ไม่แตกต่างกันโดยสามารถตรวจได้ที่ 10^6CFU/ml (ภาพที่ 3)



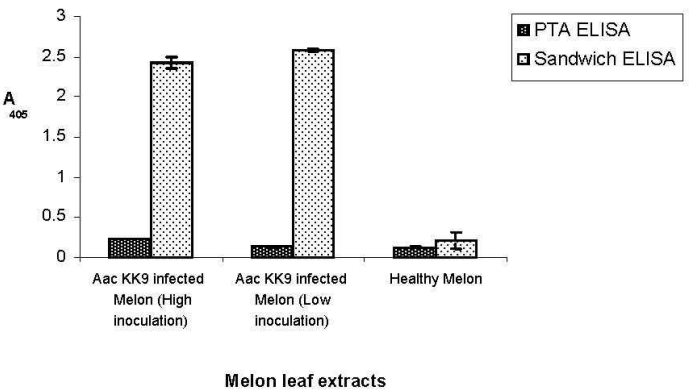
ภาพที่ 2 การทดสอบความไวของวิธี Plate Trapped Antigen ELISA ในการตรวจเชื้อ Aac ในสารละลาย บัฟเฟอร์และน้ำคั้นใบพืช



ภาพที่ 3 การทดสอบความไวของวิธี Sandwich ELISA ในการตรวจเชื้อ Aac ในสารละลายบัฟเฟอร์และน้ำคั้นใบพืช

การเปรียบเทียบความสามารถในการตรวจพืชเป็นโรคระหว่างวิธี PTA-ELISA และ Sandwich ELISA

จากผลการทดสอบพืชที่ติดเชื้อ Aac พบว่า วิธีการ Sandwich ELISA สามารถตรวจสอบพืชที่ติดเชื้อ Aac ได้โดยมีความไวในการตรวจสูง คือสามารถตรวจน้ำคั้นจากใบพืชที่แสดงอาการอย่างเห็นได้ชัดจากตัวอย่างที่เป็น high inoculation และที่แสดงอาการเล็กน้อยจาก low inoculation ได้ ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี PTA- ELISA พบว่าวิธี PTA-ELISA ไม่สามารถใช้ในการตรวจตัวอย่างใบพืชได้ (ภาพที่ 4) คืออ่านค่าปฏิกริยาได้ไม่ต่างกับพืชปกติ



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบความสามารถในการตรวจสอบ Aac infected plant ใน Leaf extract ระหว่างวิธี PTA-ELISA และ Sandwich ELISA

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการผลิตโมโนโคลนอลแอนติบอดีที่จำเพาะต่อเชื้อ Aac จากการศึกษาพบว่า MAb 11E5 สามารถตรวจสอบเชื้อ Aac ได้ทั้ง 17 isolates และมีความจำเพาะเจาะจงสูงโดยไม่ทำปฏิกิริยาข้ามกับแบคทีเรียก่อโรคในพืชชนิดอื่นๆ เช่น Fluorescent *Pseudomonas*, *E. carotovora* pv. *carotovora, P. ananus, R. solanacearum*, *X. campestris* pv. *vesicatoria* รวมทั้งเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากพืชที่เป็นโรคแต่ไม่แสดงอาการของโรค Bacterial Fruit Blotch 17 isolates และ Saprophytes ที่แยกได้จากพืชและเมล็ดที่ไม่เป็นโรค 24 isolates โดยสรุป MAb 11E5 สามารถตรวจเชื้อ Aac ได้ครอบคลุมทุก isolates ที่นำมาทดสอบและมีความจำเพาะเจาะจงสูงต่อเชื้อ Aac คณะผู้วิจัยจึงนำ MAb 11E5 มาพัฒนาวิธีการตรวจวินิจฉัยเชื้อแบคทีเรีย Aac ในตัวอย่างพืช โดยจากผลการทดลองพบว่าปริมาณแบคทีเรียที่น้อยที่สุดที่วิธีการ PTA-ELISA สามารถตรวจได้ (detection limit) เมื่อเชื้อ Aac อยู่ในสารละลายบัฟเฟอร์ คือ 10^6 CFU/ml แต่พบว่าจะมีความไวลดลงมากถึง 1000 เท่า เมื่อเชื้อ Aac ถูกเจือจางอยู่ในน้ำคั้นใบพืช ในขณะที่เมื่อใช้วิธี sandwich ELISA ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ Rabbit polyclonal antibody (rPAb) ที่ผลิตโดยใช้แอนติเจนคือ Membrane Protein Complex (MPC) ของ Aac (ผลิตโดย รศ.ดร.พิสสวรรณ เจียมสมบัติ) เป็น capture antibody และ ใช้ Mab 11E5 ที่ได้ผลิตขึ้นเป็น detecting antibody พบว่าวิธี Sandwich ELISA สามารถ

ตรวจสอบเชื้อแบคทีเรียทั้งที่ละลายอยู่ในน้ำคั้นใบพืชและในสารละลายบัฟเฟอร์ได้ไม่แตกต่างกัน คือ สามารถตรวจเชื้อที่ปริมาณ 10^6CFU/ml ได้ จะเห็นได้ว่าวิธี Sandwich ELISA มีความไวสูงกว่า PTA-ELISA ถึงประมาณ 1,000 เท่า คือ PTA-ELISA จะตรวจได้ที่ประมาณ 10^9CFU/ml ขึ้นไปเมื่อเชื้อ Aac อยู่ในน้ำคั้นใบพืช อธิบายได้ว่าการตรวจเชื้อด้วยวิธี PTA-ELISA จะเหมาะสมกับการตรวจเชื้อบริสุทธิ์ ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ตรวจเชื้อในน้ำคั้นใบพืชโดยตรงได้ต้องมีการแยกเชื้อออกมาก่อน เนื่องจากในขั้นตอนการเคลือบแอนติเจนลงบนพื้นผิวนั้นอาจมีสารบางอย่างในน้ำคั้นใบพืชไปยับยั้งการเกาะของแอนติเจนบนพื้นผิว ELISA plate ส่งผลให้ความไวของปฏิกิริยาลดลง ซึ่งผลสรุปดังกล่าวนี้สามารถยืนยันได้จากการทดสอบโดยใช้วิธี *Sandwich* ELISA ในการตรวจสอบตัวอย่างพืชที่ได้รับการปลูกเชื้อแบคทีเรีย Aac เปรียบเทียบกับพืชไม่เป็นโรคพบว่าสามารถแยกพืชที่เป็นโรคออกจากพืชที่ไม่เป็นโรคได้อย่างชัดเจน โดยที่ PTA-ELISA ไม่สามารถตรวจสอบได้ ดังนั้นวิธี Sandwich ELISA ที่ทางผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้จะมีศักยภาพที่จะนำไปใช้ในการตรวจตัวอย่างพืชเป็นโรคได้ และยังสามารถพัฒนาเป็นชุดตรวจวินิจฉัยเชื้อแบคทีเรีย Aac ในเมล็ดพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ และโพลีโคลนอลแอนติบอดีต่อเชื้อ *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* ได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. พิสสวรรณ เจียมสมบัติ ภาควิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

เอกสารอ้างอิง

Wen, A., M. Fegan, C. Hayward, S. Chakraborty and L.I. Sly. 1999. Phylogenetic relationships among members of the Comamonadaceae and description of Delftia acidovorans. **International Journal of Systematic Bacteriology.** 49: 467-476.

Babadoost, M. 2002. **Two Bacterial Diseases of Watermelon.** Report on Plant Disease, RPD No. 948 (New), January 2002. Champaign: Department of Crop Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign.

Kucharek, T., Y. Perez and C. Hodge. 1993. Transmission of the watermelon fruit blotch bacterium from infested seed to seedlings. **(Abstract) Phytopathology.** 83(4): 466.

Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature.** 227: 680-685.

Rane, K.K. and R.X. Latin. 1992. Bacterial fruit blotch of watermelon: Association of the pathogen with seed. **Plant Disease.** 76: 509-512.

Thonmo, Y. and P. Thummabenjapon. 2006. Polyclonal antiserum for *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli.* **Agricultural Sci. J.** 37(6) (Suppl): 117-120

Walcott, R.D. and R.D. Gitaitis. 2000. Detection of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* in water melon seed using immuno magnetic separation and the polymerase chain reaction. **Plant Disease.** 84(4): 470-474.

การสำรวจความหลากหลายของชนิดนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร และบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง

A Survey of the Bird Species Diversities in the Area of Maejo University at Chumphon and Adjacent Area

ชลดรงค์ ทองสง บุญศิลป์ จิตตะประพันธ์ สมพร มีแสงแก้ว และประสาทพร กออวยชัย

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ชุมพร 86170

Email:teacherhin@hotmail.com

บทคัดย่อ

การสำรวจความหลากหลายของชนิดนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรและบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงชนิดนกและแหล่งที่อยู่อาศัยของนกแต่ละชนิดที่พบในมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ทำการศึกษาโดยการสำรวจนกทั่วทั้งบริเวณพื้นที่โครงการ จากการสำรวจพบนกทั้งสิ้น 41 วงศ์ จำนวน 131 ชนิด มีสถานภาพตามฤดูกาล 4 สถานภาพ คือ นกประจำถิ่นพบทั้งสิ้น 78 ชนิด นกอพยพในฤดูหนาวพบทั้งสิ้น 51 ชนิด นกอพยพผ่านพบทั้งสิ้น 7 ชนิด นกอพยพเข้ามาเพื่อผสมพันธุ์และวางไข่พบทั้งสิ้น 2 ชนิด ถิ่นที่อยู่อาศัยของนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรมีอยู่ 6 ลักษณะพื้นที่ คือ พื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้วพบนก 6 ชนิด พื้นที่ชายทะเลพบนก 13 ชนิด พื้นที่โล่งพบนก 45 ชนิด พื้นที่หนองน้ำพบนก 40 ชนิด พื้นที่ป่าธรรมชาติพบนก 18 ชนิด พื้นที่ป่าละเมาะพบนก 37 ชนิด และมีความชุกชุมของนกอยู่ 4 ระดับ คือ นกที่พบได้บ่อยมาก 30 ชนิด นกที่พบได้บ่อย 33 ชนิด นกที่พบได้ปานกลาง 38 ชนิด และนกที่พบได้น้อย 29 ชนิด

คำสำคัญ: การสำรวจ ความหลากหลายของชนิดนก

Abstract

This study is a survey of the bird species diversities in the area of Maejo university at Chumphon and adjacent areas: By the purpose for study the species of birds and habitat of birds of each species in Maejo university at Chumphon, study by surved birds all over area. The survey of birds species which totals to 41 families of 131 species have four seasonal kinds.They are categorized as: resident birds, 78 species; winter visitor birds, 51 species; passage migrant birds, 7 species, and; breeding visitor birds, 2 species. From the survey, the habitats of birds in the areas of Maejo university at Chumphon have 6 feature areas which are:development area, 6 species; beach area,13 species; open area, 45 species; swamp area, 40 species; forest area,18 species; groves area, 37 species. And the four levels of frequency are abundant birds, 30 species; common birds, 33 species;moderately common birds, 38 species, and; uncommon birds, 29 species.

Key words: Survey, Bird Species Diversities

คำนำ

นกเป็นสิ่งมีชีวิตที่เป็นดัชนีชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของสภาพพื้นที่ตลอดจนเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญทั้งต่อระบบนิเวศ สิ่งแวดล้อมและยังเป็นทรัพยากรทางด้านการท่องเที่ยวที่มีความสำคัญอีกด้วยเพราะนกเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสวยงามและมีความน่าสนใจเป็นอย่างมาก ปัจจุบันกิจกรรมการดูนกก็ถือเป็นกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศที่ได้รับความนิยมอีกกิจกรรมหนึ่ง การสำรวจความหลากหลายของชนิดนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรและบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงเป็นการศึกษาถึงชนิดนกที่พบอยู่ในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรและพื้นที่ใกล้เคียงว่ามีความหลากหลายของนกกี่ชนิด ตลอดจนเป็นการศึกษาสถานภาพตามฤดูกาลของนกแต่ละชนิดที่สามารถสำรวจพบและศึกษาว่านกแต่ละชนิดที่พบอยู่ในถิ่นที่อยู่อาศัย (Habitat) ใดบ้าง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นข้อมูลที่สำคัญในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติแก่นักศึกษาและเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการจัดการอนุรักษ์นกและทรัพยากรธรรมชาติ ตลอดจนเป็นการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรในอนาคตสืบต่อไป ใช้วิธีการศึกษาวิจัยโดยการสำรวจความหลากหลายของนกและถิ่นที่อยู่อาศัยของนกทั่วทั้งบริเวณพื้นที่โครงการ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจ

อุปกรณ์ในการสำรวจประกอบไปด้วย กล้องส่องทางไกลแบบสองตา (Binoculars) กล้องส่องทางไกลแบบตาเดียว (Telescope) กล้องถ่ายภาพแบบดิจิตอล (Digital Camera) อุปกรณ์ต่อพ่วง (Adapter)ระหว่างกล้องถ่ายภาพและกล้องส่องทางไกล หนังสือ A Guide to the Bird of Thailand โดย Boonsong Lekagul และ Philip D. Round และสมุดบันทึกข้อมูล

วิธีการเก็บข้อมูล

การสำรวจความหลากหลายของชนิดนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรใช้วิธีการเดินสำรวจชนิดนกตามพื้นที่ลักษณะต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรและพื้นที่ใกล้เคียง โดยพื้นที่ในการสำรวจนกคือ พื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 2,004 ไร่และพื้นที่ใกล้เคียงคือพื้นที่ที่อยู่ห่างจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรไม่เกิน 10 กม. ใช้ความถี่ในการสำรวจเป็นเวลา 15 วัน ต่อ 1 ครั้ง ใช้ทั้งการสำรวจทางตรง (Direct Census) โดยการสำรวจด้วยตาเปล่า รวมถึงด้วยกล้องส่องทางไกลชนิดสองตา (Binoculars) และชนิดตาเดียว (Telescope) ใช้การจำแนกชนิดพันธุ์ (Species) โดยอาศัยหนังสือ A Guide to the Bird of Thailand เป็นเอกสารในการจำแนก พร้อมทั้งทำการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับชนิดพันธุ์ เพศ จำนวน ตำแหน่งและลักษณะพื้นที่ที่พบไว้ในสมุดบันทึก นอกจากนั้นผู้วิจัยก็จะถ่ายภาพนกที่พบไว้เป็นหลักฐานอีกด้วย ส่วนการสำรวจโดยทางอ้อมนั้นเป็นการจำแนกชนิดพันธุ์นกโดยอาศัยร่องรอยหรือสัญลักษณ์ที่นกแต่ละชนิดทำขึ้น เช่น ขนนกที่ร่วงหล่น เสียงร้องหรือรังของนกเป็นต้น การสำรวจและบันทึกข้อมูลจะเริ่มต้นในช่วงเวลาประมาณ 05.30-13.00 น. และอีกครั้งเวลา 16.00–18.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่สามารถพบนกได้ง่ายที่สุด โดยคณะวิจัย จำนวน 4 คน แบ่งการเดินทางไปยังจุดต่างๆ ทั่วบริเวณโครงการ ทำการสำรวจตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2548 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2549

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่องชนิดนกใช้การจำแนกโดยใช้หนังสือ A Guide to the Bird of Thailand ซึ่งถือว่าเป็นคู่มือดูนกที่ดีที่สุดในประเทศไทย ณ เวลานี้ ในด้านปริมาณการพบ/ปริมาณความชุกชุม (Abundance) ใช้วิธีการคำนวณความชุกชุมสัมพัทธ์ (Relative Abundance) วศิน (2537) โดยใช้สูตรในการคำนวณ คือ

$$\text{ร้อยละความชุกชุม (\%)} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พบนก} \times 100}{\text{จำนวนครั้งที่สำรวจ}}$$

ซึ่งสามารถพิจารณาความชุกชุมสัมพัทธ์ได้ดังนี้ นกที่พบบ่อยมาก (Abundant) ร้อยละ 90-100 นกที่พบบ่อย (Common) ร้อยละ 65-89 นกที่พบปานกลาง (Moderately Common) ร้อยละ 31-64 นกที่พบน้อย (Uncommon) น้อยกว่าร้อยละ 30 ส่วนสถานภาพตามฤดูกาลสำหรับนกที่พบในประเทศไทยนั้นสามารถแบ่งตามสถานภาพของนกตามฤดูกาล (Seasonal Status) ได้ 4 ประเภท คือ นกประจำถิ่น (Resident) หมายถึง นกที่พบได้ตลอดปีไม่มีการอพยพย้ายถิ่นในระหว่างปีโดยมีการผสมพันธุ์ สร้างรัง วางไข่ เลี้ยงลูกอ่อน และดำรงชีวิตตลอดอายุขัยอยู่ในประเทศไทย นกอพยพในฤดูหนาว (Winter Visitor) หมายถึง นกอพยพที่ย้ายถิ่นมาจากพื้นที่อื่นๆที่อยู่ในเขตที่มีอากาศหนาวเย็นโดยอพยพเข้าสู่ประเทศไทยในช่วงฤดูหนาวซึ่งจะพบในระหว่างเดือนกรกฎาคมจนถึงเดือนพฤษภาคมของทุกปี นกอพยพผ่าน (Passage Migrant) หมายถึงนกที่มีเส้นทางการบินอพยพผ่านประเทศไทยในบางช่วงเวลาโดยไม่ได้อพยพเข้ามาหากินในประเทศไทยซึ่งจะพบนกประเภทนี้ได้ 2 ครั้ง คือช่วงอพยพไปและอพยพกลับ ส่วนนกอพยพและผสมพันธุ์ในประเทศไทย (Breeding Visitor) หมายถึง นกที่เป็นนกอพยพย้ายถิ่นมาจากพื้นที่อื่นอพยพเข้ามาสู่ประเทศไทยโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการผสมพันธุ์ สร้างรัง วางไข่และเลี้ยงดูลูกอ่อนในประเทศไทย โดยจะอพยพกลับไปเมื่อลูกนกแข็งแรงเพียงพอที่จะบินกลับได้ ในด้านสภาพพื้นที่อาศัย (Habitat) ของนก หมายถึง สภาพพื้นที่ในลักษณะต่างๆ ที่พบนกแต่ละชนิดประกอบไปด้วย พื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว (Development Area) พื้นที่ชายทะเล (Beach) พื้นที่โล่ง (Open Area) พื้นที่หนองน้ำ (Swamp) พื้นที่ป่าธรรมชาติ (Forest) และพื้นที่ป่าละเมาะ (Groves) ซึ่งลักษณะพื้นที่เหล่านี้จะเป็นแหล่งอาศัยของนกที่แตกต่างกันออกไป

ภาพที่ 1 อุปกรณ์และวิธีการในการสำรวจนก

ผลการศึกษา

โครงการวิจัยเรื่องการสำรวจความหลากหลายของชนิดนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร และบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ชนิดนกที่สำรวจพบ

จากโครงการวิจัยเรื่องการสำรวจความหลากหลายของชนิดนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร และบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงสามารถสำรวจพบนกทั้งสิ้น 41 วงศ์ เป็นจำนวน 131 ชนิด

สถานภาพตามฤดูกาลของนกที่สำรวจพบ

จากการสำรวจนกที่พบในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร และบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง พบเป็นนกประจำถิ่น (Resident) พบจำนวน 78 ชนิด ซึ่งเป็นจำนวนที่พบมากที่สุด รองลงมา คือ นกอพยพในฤดูหนาว (Winter Visitor) พบจำนวน 51 ชนิด รองลงมา คือ นกอพยพผ่าน (Passage Migrant) พบจำนวน 7 ชนิด และนกที่พบน้อยที่สุด คือ นกที่อพยพมาเพื่อผสมพันธุ์และวางไข่ (Breeding Visitor) พบเพียง 2 ชนิด

ภาพที่ 2 นกประจำถิ่นในมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร

ตารางที่ 1 สถานภาพตามฤดูกาลของนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร และบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง

สถานภาพตามฤดูกาล (Seasonal Status)	**จำนวนชนิดนก**
นกประจำถิ่น (Resident)	78
นกอพยพในฤดูหนาว (Winter Visitor)	51
นกอพยพผ่าน (Passage Migrant)	7
นกอพยพเพื่อผสมพันธุ์และวางไข่ (Breeding Visitor)	2

ภาพที่ 3 นกอพยพในมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร

ถิ่นที่อยู่อาศัยของนกที่สำรวจพบ

จากการสำรวจพบแหล่งอาศัยของนกที่พบนกมากที่สุด คือ พื้นที่โล่ง (Open Area) ซึ่งพบนกทั้งสิ้น 45 ชนิด รองลงมาคือ พื้นที่หนองน้ำ (Swamp) พบนกทั้งสิ้น 40 ชนิด ถัดมาคือ พื้นที่ป่าละเมาะ (Groves) พบนกทั้งสิ้น 37 ชนิด ถัดมาคือ พื้นที่ป่าธรรมชาติ (Forest) พบนกทั้งสิ้น 18 ชนิด ถัดมาคือ พื้นที่ชายทะเล (Beach) พบนกทั้งสิ้น 13 ชนิด ส่วนพื้นที่ที่พบนกน้อยที่สุดคือ พื้นที่ที่พัฒนาแล้ว (Development Area) พบนกทั้งสิ้น 6 ชนิด

ตารางที่ 2 แหล่งที่อยู่อาศัยของนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ซุมพรและบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง

แหล่งที่อยู่อาศัยของนก (Habitats)	**จำนวนชนิดนก**
พื้นที่โล่ง (Open Area)	45
พื้นที่ชุ่มน้ำ (Swamp)	40
พื้นที่ป่าละเมาะ (Groves)	37
พื้นที่ป่าธรรมชาติ (Forest)	18
พื้นที่ชายทะเล (Beach)	13
พื้นที่พัฒนาแล้ว (Development Area)	6

ภาพที่ 4 สภาพแหล่งอาศัยของนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ซุมพร

ความชุกชุมของนกที่สำรวจพบ

จากการสำรวจพบว่านกที่พบได้บ่อยมาก (Abundant) มีจำนวนทั้งสิ้น 30 ชนิด นกที่พบได้บ่อย (Common) มีจำนวนทั้งสิ้น 33 ชนิด นกที่พบได้ปานกลาง (Moderately Comm78-90on) มีจำนวนทั้งสิ้น 38 ชนิด ส่วนนกที่พบได้น้อย (Uncommon) มีจำนวน 29 ชนิด

ตารางที่ 3 ความชุกชุมของนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรและบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง

ความชุกชุม (Abundance)	จำนวนชนิดนก
นกที่พบได้บ่อยมาก (Abundant)	30
นกที่พบได้บ่อย (Common)	33
นกที่พบได้ปานกลาง (Moderately Common)	38
นกที่พบได้น้อย (Uncommon)	29

ภาพที่ 5 นกที่พบบ่อยในมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร

ภาพที่ 6 นกที่พบได้ยากในมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร

วิจารณ์ผลการศึกษา

การสำรวจความหลากหลายของชนิดนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้–ชุมพรและบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง สามารถวิจารณ์ผลได้ คือ **จำนวนชนิดนก** ในคู่มือดูนก A Guide to the Birds of Thailand ของ Lekagul and Round (1991) ได้สำรวจพบนกในเมืองไทย 915 ชนิด โดยจากการสำรวจชนิดนกในมหาวิทยาลัยแม่โจ้–ชุมพรสามารถพบนกได้ 131 ชนิด ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 14.32 ของชนิดนกที่พบในประเทศไทย ซึ่งถือได้ว่ามหาวิทยาลัยแม่โจ้–ชุมพรมีความหลากหลายของชนิดนกอยู่พอสมควรและหนึ่งในจำนวนนกที่พบทั้งหมดยังได้พบ นกกิ้งโครงแก้มแดง (*Sturnia philippensis*) ซึ่งเป็นนกที่เพิ่งสำรวจพบในประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2544 ตรงกับหนังสือนกใหม่ในประเทศไทยของสุธี (2543) โดยมีการสำรวจพบในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้–ชุมพรเป็นแหล่งที่สองของประเทศไทย **สถานภาพทางฤดูกาลของนก** จากการสำรวจ พบว่า นกที่พบในมหาวิทยาลัยแม่โจ้–ชุมพร ส่วนใหญ่จะเป็นนกประจำถิ่น (Resident) ซึ่งมีจำนวนถึง 78 ชนิด รองลงมาคือนกที่อพยพเข้ามาในฤดูหนาว (Winter Visitor) ซึ่งมีอยู่ 51 ชนิด เป็นนกที่อพยพผ่าน (Passage Migrant) 7 ชนิด และน้อยที่สุดเป็นนกที่อพยพเข้ามาเพื่อการผสมพันธุ์ วางไข่ เลี้ยงลูก (Breeding Visitor) มีจำนวน 2 ชนิด และมีนกบางชนิดที่มีสภาพทางฤดูกาลถึงสองสถานภาพ เช่น นกเป็ด

แดง (*Dendrocygna Javanica*) เหยี่ยวแดง (*Haliastus Indus*) นกตีนเทียน (*Himantopus himantopus*) ซึ่งมีทั้งที่เป็นนกประจำถิ่นและเป็นนกที่อพยพเข้ามาในฤดูหนาว โดยสังเกตได้จากปริมาณของนกที่เพิ่มขึ้นและพบเห็นได้บ่อยขึ้นในช่วงฤดูหนาว ซึ่งสอดคล้องกับคู่มือการดูนกเบื้องต้นของ อุทัย และคณะ (2543) **ถิ่นที่อยู่อาศัยของนก** จากการสำรวจพบว่าภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้–ชุมพรมีถิ่นที่อยู่อาศัยของนกอยู่ 6 ลักษณะพื้นที่ด้วยกันซึ่งประกอบไปด้วย พื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว (Development Area) พบนกที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ลักษณะเช่นนี้ 6 ชนิด เช่น นกกระจอกบ้าน (*Passer montanus*) นกพิราบป่า (*Columba livia*) นกตะขาบทุ่ง (*Coracias benghalensis*) เป็นต้น โดยนกจำพวกนี้จะเป็นนกที่สภาพปรับตัวให้เข้าสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดีแต่ในพื้นที่ประเภทนี้จะมีความหลากหลายของชนิดนกน้อยมาก ซึ่งอาจเป็นเพราะพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้วมีแหล่งอาหารของนกน้อยนั่นเอง พื้นที่ชายทะเล (Beach) พบนกที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ลักษณะนี้จำนวน 13 ชนิด เช่น นกคอสั้นตีนไว (*Calidris alba*) นกอีก๋อยเล็ก (*Numenius phaeopus*) นกหัวโตมลายู (*Charadrius peronii*) ซึ่งส่วนใหญ่นกจำพวกนี้จะเป็นนกที่อพยพเข้ามาหากินในช่วงฤดูหนาว มีเพียงนกหัวโตมลายูชนิดเดียวเท่านั้นที่เป็นนกประจำถิ่น พื้นที่โล่ง (Open Area) พบนกที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ลักษณะนี้จำนวน 45 ชนิด เช่น เหยี่ยวขาว (*Elanus caeruleus*) เหยี่ยวเคสเตรล (*Falco tinnunculus*) นกแอ่นทุ่งใหญ่ (*Glareola maldivorum*) เป็นต้น โดยพื้นที่โล่งนี้เป็นพื้นที่ที่สำรวจพบนกจำนวนมากที่สุดจากพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งเป็นเพราะพื้นที่โล่งของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรมีพื้นที่ค่อนข้างมากนั้นเอง พื้นที่หนองน้ำ (Swamp) ซึ่งการสำรวจพบนกในพื้นที่ประเภทนี้ 40 ชนิด เช่น เป็ดแดง (*Dendrocygna javanica*) นกอัญชันอกเทา (*Rullus striatus*) นกกวัก (*Amaurornis Phoenicurus*) เป็นต้น โดยนกที่พบส่วนใหญ่จะเป็นนกน้ำ (water bird) พื้นที่ป่าธรรมชาติ (Forest) การสำรวจพบนกในพื้นที่ประเภทนี้ 18 ชนิด เช่น นกเปล้าคอสีม่วง (*Treron vernans*) นกเด้าลมดง (*Dendronanthus indicus*) นกปรอดเหลืองหัวจุก (*Pycnonotus melanicterus*) เป็นต้น พื้นที่ป่าละเมาะ (Groves) จากการสำรวจพบนกในพื้นที่ประเภทนี้ 37 ชนิด เช่น นกปรอดหัวโขน (*Pyenonotus jocosus*) นกปรอดหน้านวล (*Pycnonotus goiavier*) นกปรอดคอลาย (*Pycnonotus finlaysoni*) เป็นต้น โดยนกที่พบในพื้นที่นี้มักเป็นนกที่พบในป่าธรรมชาติด้วยเช่นกัน ซึ่งจากสภาพพื้นที่ถิ่นที่อยู่อาศัยของนกในมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรนั้น มีความสัมพันธ์กับแหล่งที่อยู่อาศัยของนกแต่ละประเภทสอดคล้องกับคู่มือการอบรมการดูนกและธรรมชาติ ครั้งที่ 1 ของสุธี (2538) **ความชุกชุมของนก** จากการสำรวจพบว่ามีความชุกชุมของนกในมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร และพื้นที่ใกล้เคียงอยู่ 4 ระดับ คือ นกที่พบได้บ่อยมาก (Abundant) มีจำนวนทั้งสิ้น 30 ชนิด นกที่พบได้บ่อย (Common) มีจำนวนทั้งสิ้น 33 ชนิด นกที่พบได้ปานกลาง (Moderately Common) มีจำนวนทั้งสิ้น 38 ชนิด ส่วนนกที่พบได้น้อยมีจำนวน 29 ชนิด ซึ่งความชุกชุมของนกส่วนหนึ่งจะมีความสัมพันธ์กับสถานภาพตามฤดูกาลของนกด้วย เพราะนกบางชนิดเป็นนกอพยพ ซึ่งถึงแม้จะพบได้บ่อยมากในช่วงฤดูกาลอพยพ แต่เมื่อมาคำนวณหาความชุกชุมสัมพัทธ์ซึ่งต้องใช้ข้อมูลทั้งปีในการคำนวณ นกพวกนี้อาจถูกจัดอยู่ในประเภทของความชุกชุมที่น้อยกว่าที่ควรจะเป็น อีกประการหนึ่งคือ พฤติกรรมของนกบางประเภทที่ค่อนข้างพบเห็นตัวได้ยาก เช่น นกที่หากินในป่าที่รกทึบอาจทำให้การสำรวจพบน้อยครั้งและอาจทำให้ข้อมูลความชุกชุมน้อยกว่าที่ควรจะเป็นได้อีกด้วย

สรุปผลการศึกษา

การสำรวจความหลากหลายของชนิดนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรและพื้นที่ใกล้เคียงพบนกทั้งสิ้น 41 วงศ์ รวม 131 ชนิด ซึ่งประกอบไปด้วยนกประจำถิ่น (Resident) 78 ชนิด นกอพยพในฤดูหนาว (Winter Visitor) 51 ชนิด นกอพยพผ่าน (Passage Migrant) 7 ชนิด และนกอพยพเข้ามาเพื่อผสมพันธุ์และวางไข่ (Breeding Visitor) 2 ชนิด พบแหล่งที่อยู่อาศัยของนก 6 ประเภท คือ พื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว (Development Area) พบนก 6 ชนิด พื้นที่ชายทะเล (Beach) พบนก 13 ชนิด พื้นที่โล่ง (Open Area) พบนก 45 ชนิด พื้นที่หนองน้ำ (Swamp) พบนก 40 ชนิด พื้นที่ป่าธรรมชาติ (Forest) พบนก 18 ชนิด และพื้นที่ป่าละเมาะ (Groves) พบนกทั้งสิ้น 37 ชนิด โดยเป็นนกที่พบบ่อยมาก 30 ชนิด นกที่พบบ่อย 33 ชนิด นกที่พบได้ปานกลาง 38 ชนิด และนกที่พบได้น้อย 29 ชนิด

เอกสารอ้างอิง

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2543. **นกในป่าสะแกราช.** โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์ จำกัด: กรุงเทพฯ. 114 น.

สุธี ศุภรัฐวิกร. 2538. **คู่มือการอบรมการดูนกและธรรมชาติ ครั้งที่ 1**. สมาคมอนุรักษ์นกและธรรมชาติแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ. 198 น.

สุธี ศุภรัฐวิกร. 2543. **นกใหม่ในประเทศไทย**. สำนักพิมพ์วนา: กรุงเทพฯ. 181 น.

วศิน อิงคพัฒนากุล. 2537. **การสำรวจทางปักษีวิทยาเพื่อการท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติ.** สถาบันวิจัยและพัฒนาเฉลิมรัตนโกสินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี. มหาวิทยาลัยศิลปากร: กรุงเทพฯ. 91 น.

หิรัญ แสวงแก้ว. 2545. **นกใน มข**. เจริญวิทย์การพิมพ์: กรุงเทพฯ. 72 น.

อุทัย ตรีสุคนธ์และคณะ. 2543. **คู่มือดูนกเบื้องต้น**. สมาคมอนุรักษ์นกและธรรมชาติแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ. 96 น.

โอภาส ขอบเขตต์. 2541. **นกในเมืองไทย เล่ม 1**. สำนักพิมพ์สารคดี: กรุงเทพฯ. 247 น.

โอภาส ขอบเขตต์. 2542. **นกในเมืองไทย เล่ม 2**. สำนักพิมพ์สารคดี: กรุงเทพฯ. 227 น.

โอภาส ขอบเขตต์. 2543. **นกในเมืองไทย เล่ม 3**. สำนักพิมพ์สารคดี: กรุงเทพฯ. 259 น.

Lekagul, Boonsong and Phillip D. Round. 1991. **A Guide to the Bird of Thailand** .Saha Bhaet Co. Ltd.: Bangkok. 457 p.

ภาคผนวก

ตารางแสดงผลการสำรวจนกในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรและบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง

ชนิดนก	สถานภาพตามฤดูกาล	แหล่งอาศัย	ความชุกชุม	ชนิดนก	สถานภาพตามฤดูกาล	แหล่งอาศัย	ความชุกชุม
1.นกเป็ดผีเล็ก	R	S	U	2.นกกาน้ำเล็ก	W	S,A	C
3.นกกระสานวล	W	O,S	M	4.นกกระสาแดง	R,W	S	A
5.นกยางกรอกพันธุ์จีน	W	A,O,S	C	6.นกยางควาย	W	A,O,S	C
7.นกยางโทนใหญ่	W	S,A	C	8.นกยางโทนน้อย	W	S,A	C
9.นกยางเปีย	R,W	S,B	C	10.นกยางเขียว	R,W	S,B	A
11.นกยางดำ	B	S	U	12.นกแขวก	R	S	U
13.นกยางไฟหัวดำ	R	S	A	14.นกยางไฟธรรมดา	R	S	M
15.เป็ดแดง	R,W	S	A	16.เหยี่ยวขาว	R	O	C
17.เหยี่ยวดำ	P	O	U	18.เหยี่ยวแดง	R,W	O,B	C
19.เหยี่ยวกิ้งก่าดำ	F	F,A	M	20.เหยี่ยวนกเขาพันธุ์จีน	P	O	U
21.เหยี่ยวนกเขาชิครา	R	F,O	A	22.เหยี่ยวนกเขาพันธุ์ญี่ปุ่น	P	O	U
23.เหยี่ยวผึ้ง	P	O,A	U	24.นกออก	R	B	M
25.เหยี่ยวรุ้ง	R	O,A	M	26.เหยี่ยวเคสเตรล	W	O	U
27.ไก่ป่า	R	F	C	28.นกคุ่มอกลาย	R	O	C
29.นกอัญชันอกเทา	R	S	M	30.นกหนูแดง	R	S	U
31.นกกวัก	R	S	A	32.นกอีลุ้ม	R	S	M
33.นกอีล้ำ	W	S	U	34.นกอีแจว	W	S	U
35.นกกระแตแต้แว้ด	R	S,P,A	A	36.นกหัวโตหลังจุดสีทอง	W	B,O	C
37.นกหัวโตเล็กขาเหลือง	W	S	M	38.นกหัวโตขาดำ	W	S	M
39.นกหัวโตมลายู	R	B	M	40.นกหัวโตทรายเล็ก	W	B,S	C
41.นกหัวโตทรายใหญ่	W	B,S	C	42.นกอีก๋อยเล็ก	W	B	U
43.นกทะเลขาเขียว	W	S	M	44.นกชายเลนบึ้ง	W	S	M
45.นกชายเลนน้ำจืด	W	S	M	46.นกเด้าดิน	W	S,B,A	M
47.นกสตินท์อกเทา	W	B	U	48.นกคอสั้นตีนไว	W	B	M
49.นกรัฟ	W	S,B	M	50.นกปากช่อมหางพัด	W	S,O	M
51.นกแอ่นทุ่งใหญ่	B	O	M	52.นกตีนเทียน	R,W	S,A	A
53.นกนางนวลแกลบเดราขาว	W	B	M	54.นกเปล้าคอสีม่วง	R	F,G	C
55.นกพิราบป่า	R	A,D	A	56.นกเขาใหญ่	R	O,D,G	A
57.นกเขาขวา	R	O,D,G	A	58.นกอีวาบตั๊กแตน	R	O	M
59.นกคัดคูสีม่วง	R	F	U	60.นกกาเหว่า	R	G,F	A
61.นกบั้งรอกใหญ่	R	F,G	A	62.นกกระปูดใหญ่	R	G,O,A	A
63.นกกระปูดเล็ก	R	O,G	C	64.นกแสก	R	O	C
65.นกเค้าแคระ	R	F	M	66.นกตบยุงหางยาว	R	O	C
67.นกกระเต้นปักหลัก	R	S	U	68.นกกระเต้นน้อยธรรมดา	W	S	C
69.นกกระเต้นอกขาว	R	S,O,A	A	70.นกกระเต้นน้อยสามนิ้ว	W	S	U
71.นกกระเต้นหัวดำ	W,P	S	C	72.นกจาบคาหัวสีส้ม	W	O	U
73.นกจาบคาหัวเขียว	R	O	C	74.นกจาบคาคอสีฟ้า	R,P	O	C
75.นกตะขาบทุ่ง	R,A	O,D	A	76.นกโพระดกธรรมดา	R	G	A
77.นกตีทอง	R	G,A	A	78.นกแอ่นตาล	R	O	C
79.นกแอ่นบ้าน	R	O	M	80.นกนางแอ่นบ้าน	W	O	M
81.นกนางแอ่นแปซิฟิก	R	D,O	A	82.นกนางแอ่นตะโพกแดง	W	O	M
83.นกเด้าดินสวน	W	O	M	84.นกเด้าดินทุ่ง	R	O	A
85.นกเด้าลมหลังเทา	R	O,S	M	86.นกเด้าลมเหลือง	R	S	U
87.นกเด้าลมดง	W	F	U	88.นกเฉี่ยวบุ้งกลาง	R	G	U
89.นกพญาไฟสีเทา	W	G,F	U	90.นกขมิ้นน้อยธรรมดา	R	G	A
91.นกปรอดทอง	R	G,F	A	92.นกปรอดเหลืองหัวจุก	R	F,G	C

ชนิดนก	สถานภาพตามฤดูกาล	แหล่งอาศัย	ความชุกชุม	ชนิดนก	สถานภาพตามฤดูกาล	แหล่งอาศัย	ความชุกชุม
93.นกปรอดหัวโขน	R	G	M	94.นกปรอดคอลาย	R	G,F	A
95.นกปรอดหน้านวล	R	G,O,A	A	96.นกปรอดสวน	R	G,A	A
97.นกแซงแซวหางปลา	W	O,G,A	M	98.นกแซงแซวหงอนขน	R	G,F	U
99.นกแซงแซวหางบ่วงใหญ่	R	G, F	C	100.นกขมิ้นท้ายทอยดำ	W	G	M
101.นกเขียวคราม	R	G	U	102.นกกาแวน	R	G	M
103.อีกา	R	G,A	A	104.นกกระจิ๊ดธรรมดา	W	G,F	U
105.นกพงปากหนา	W	O	U	106.นกพงใหญ่พันธุ์ญี่ปุ่น	W	O	M
107.นกกระจิบหญ้าท้องเหลือง	R	O	M	108.นกกระจิบธรรมดา	R	G	C
109.นกกระจิบคอดำ	R	G	M	110.นกกางเขนบ้าน	R	G,D	A
111.นกกระเบื้องผา	W	D	M	112.นกจับแมลงสีน้ำตาล	W	G,F	M
113.นกจับแมลงคอแดง	W	G,F	U	114.นกอีแพรดแถบอกดำ	R	G	C
115.นกจับแมลงจุกดำ	R	F	M	116.นกแซวสวรรค์	P	F	U
117.นกอีเสือสีน้ำตาล	W	O,G,A	C	118.นกเอี้ยงดำปักษ์ใต้	R	A	C
119.นกกิ้งโครงแกลบหลังม่วงดำ	W	G	U	120.นกกิ้งโครงแก้มแดง	W	G	U
121.นกเอี้ยงสาริกา	R	D,O,A	A	122.นกกิ้งโครงหัวสีนวล	R	O,D	C
123.นกเอี้ยงควาย	R	A	U	124.นกเอี้ยงหงอน	R	A	M
125.นกกินปลีคอสีน้ำตาล	R	G	C	126.นกกินปลีคอสีม่วง	R	G	C
127.นกกินปลีอกเหลือง	R	D,G	A	128.นกกาฝากท้องสีส้ม	R	G	A
129.นกสีชมพูสวน	R	G,D	A	130.นกกระจอกบ้าน	R	D,A	C
131.นกกระติ๊ดขี้หมู	R,A	O	A				

หมายเหตุ

สถานภาพตามฤดูกาล

สัญลักษณ์ R คือนกประจำถิ่น (Resident)

สัญลักษณ์ W คือนกอพยพในฤดูหนาว (Winter Visitor)

สัญลักษณ์ P คือนกอพยพผ่าน (Passage Migrant)

สัญลักษณ์ B คือนกอพยพและผสมพันธุ์ในประเทศไทย (Breeding Visitor)

แหล่งอาศัย

สัญลักษณ์ D คือพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว (Development Area)

สัญลักษณ์ B คือพื้นที่ชายทะเล (Beach)

สัญลักษณ์ O คือพื้นที่โล่ง (Open Area)

สัญลักษณ์ S คือพื้นที่หนองน้ำ (Swamp)

สัญลักษณ์ F คือพื้นที่ป่าธรรมชาติ (Forest)

สัญลักษณ์ G คือพื้นที่ป่าละเมาะ (Groves)

สัญลักษณ์ A คือพื้นที่ใกล้เคียง (Adjacent Area)

ความชุกชุม

สัญลักษณ์ A คือนกที่พบบ่อยมาก (Abundant)

สัญลักษณ์ C คือนกที่พบบ่อย (Common)

สัญลักษณ์ M คือนกที่พบปานกลาง (Moderately Common)

สัญลักษณ์ U คือนกที่พบน้อย (Uncommon)

มูลค่าทางเศรษฐกิจของพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ

Economic Value on Buang Sawa Wetland

ฉัตรฤดี ศิริลำดวน[1] เหมวรรณ เหมะนัค[2] และปกาศิต ฮงทอง[3]

[1]สาขาเศรษฐกิจพอเพียง คณะบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[2]กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[3]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

E-mail: chadrudee@bus.ubu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอมูลค่าพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ โดยใช้กรอบการประเมินมูลค่าผลประโยชน์ทางตรง (direct use) ครอบคลุมมูลค่าการใช้ประโยชน์ด้านประมง น้ำเพื่อการเกษตร และไม้ฟืน ถ่านหุงต้มในครัวเรือน และศึกษาความคิดเห็นประชาชนด้านคุณค่าของพื้นที่ชุ่มน้ำ เพื่อสะท้อนถึงความตระหนักของประชาชนท้องถิ่นต่อความสำคัญและประโยชน์ของพื้นที่ชุ่มน้ำ พบว่าพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะมีมูลค่าการใช้ประโยชน์ทางตรง 7,031,448 บาทต่อปี เป็นมูลค่าการใช้ประโยชน์ด้านการประมงสูงสุด 5,227,500 บาทต่อปี รองลงมาเป็นมูลค่าการใช้ประโยชน์จากน้ำเพื่อการเกษตร 1,628,988 บาทต่อปี และมูลค่าการใช้ประโยชน์จากไม้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม 174,960 บาทต่อปี และประชาชนส่วนใหญ่ให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำในระดับปานกลาง เพื่อส่งเสริมให้เกิดการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน ประชาชนที่ร่วมประชุมจัดทำแผนการพัฒนาพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะมีความเห็นร่วมกันให้ดำเนินโครงการอนุรักษ์พันธุ์ปลา และให้ความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ของพื้นที่ชุ่มน้ำแก่ประชาชน

คำสำคัญ: มูลค่าทางเศรษฐกิจ พื้นที่ชุ่มน้ำ

Abstract

This paper presented value of Buang Sawa wetland using productivity method in direct used for economic benefit valuation in 3 aspects comprising Fishery, Irrigation, and vegetation use from dried wood, charcoal. The entitle direct use had applied to conservation of wetland Resource and worthiness on wetland of local people by questionnaire. The result indicated total direct uses benefit of Buang Sawa wetland was 7,031,448 Baht, including 5,227,500 Baht from fishery 1,628,988.49 Baht from water use in agriculture and 174,960.00 Baht from dried wood and charcoal. People worthiness of the wetland by majority was at medium level. For sustainable wetland management people suggested project on fishery conservation and upgrading people 's knowledge are needed.

Key words: economic value, wetland

คำนำ

พื้นที่ชุ่มน้ำ (wetland) เป็นพื้นที่ที่มีคุณค่าและความสำคัญอย่างมากทั้งต่อมนุษย์ พืชและสัตว์ ทั้งทางตรงและทางอ้อม และทั้งที่มองเห็นและมองไม่เห็น โดยแต่ละพื้นที่จะมีคุณค่า ความสำคัญและการใช้ประโยชน์ต่อสังคมแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ (ศันสนีย์, 2536) นอกจากนี้พื้นที่ชุ่มน้ำยังเป็นทรัพยากรส่วนกลาง (common property) ที่ไม่สามารถควบคุมหรือกีดกันการใช้ประโยชน์ได้โดยใครคนใดคนหนึ่ง การใช้ทรัพยากรจึงเป็นไปอย่างเสรีและไม่มีระเบียบข้อบังคับ ทำให้การเข้าใช้ทรัพยากรเป็นไปอย่างรวดเร็วและมากที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ (สมพร และเรืองไร, 2537) มีผลทำให้พื้นที่ชุ่มน้ำถูกทำลายหรือเกิดความเสื่อมโทรม ทั้งนี้ด้วยจากความไม่ตระหนักถึงคุณค่า ความรู้เท่าไม่ถึงการณ์และความเห็นแก่ประโยชน์ส่วนตัวของมนุษย์ ถือเป็นการจัดสรรทรัพยากรที่ไม่มีประสิทธิภาพ แสดงถึงปัญหาการใช้ทรัพยากรส่วนกลาง 2 ประการ คือ การขาดการดูแลรักษาทรัพยากรที่สะท้อนให้เห็นการจัดการและการอนุรักษ์ที่ไม่เพียงพอ และความเสื่อมโทรมและหมดสิ้นไปของทรัพยากรอันเป็นผลจากปัญหาประการแรก

พื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับชาติที่ขึ้นทะเบียนเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำประเทศไทย มีเนื้อที่ 8.5 ตารางที่กิโลเมตร (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2542) มีทางน้ำไหลเข้าไหลออก 2 ทาง คือ ลำสวะ กับ แม่น้ำมูล ตั้งอยู่ในเขตตำบลดอนมดแดง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ประชาชนใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำแห่งนี้เป็นที่ตั้งถิ่นฐานตามชายขอบของทาม เป็นแหล่งทำนา ทำการประมง และเลี้ยงสัตว์ หรือทำการเกษตรริมบึง และเป็นแหล่งไม้จากป่าทามเป็นไม้ฟืนและถ่านหุงต้มในครัวเรือนและเพื่อการพาณิชย์ นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์พื้นที่ทางด้านวัฒนธรรมประเพณี ได้แก่ แหล่งดอนปู่ตา และบุญบั้งไฟ เป็นต้น โดยภัยคุกคามที่สำคัญของพื้นที่ได้แก่ บึงน้ำตื้นเขิน น้ำเหลือน้อยไม่เพียงพอต่อการใช้ประโยชน์ในฤดูแล้ง วัชพืชมากทำให้จับสัตว์น้ำลำบาก น้ำท่วมในฤดูฝน มีการบุกรุกที่สาธารณะ การลักลอบล่าสัตว์ เช่น นกกระยาง และโครงการขุดลอกหนองและสร้างฝายมีผลกระทบต่อระบบนิเวศ และการทำลายสภาพแวดล้อมเดิม ส่วนความต้องการของประชาชนที่อาศัยโดยรอบพื้นที่ชุ่มน้ำ คือ ต้องการให้กำจัดวัชพืช สงวนพันธุ์สัตว์น้ำ เพิ่มการกักเก็บน้ำ และพัฒนาพื้นที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2542)

เพื่อสร้างแรงจูงใจในการดูแลรักษาความอุดมสมบูรณ์ และการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนโดยให้ประชาชนมีส่วนร่วมซึ่งจะก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน การประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของทรัพยากรธรรมชาติพื้นที่ชุ่มน้ำและการศึกษาถึงความตระหนักในคุณค่าของพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะจึงมีความสำคัญและจำเป็นในฐานข้อมูลพื้นฐานในการจัดการดูแลและรักษาความอุดมสมบูรณ์และการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะให้ยั่งยืน

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ในส่วนของการวิจัยเชิงปริมาณใช้แบบสอบถามเพื่อศึกษาการให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำของประชาชนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 308 ครัวเรือน และนำข้อมูลของครัวเรือนตัวอย่างที่ใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำมาประเมินมูลค่าประโยชน์ทางตรงของพื้นที่ชุ่มน้ำด้านต่างๆ ในส่วนของการวิจัยเชิงคุณภาพใช้วิธีการประชุมเพื่อระดมความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการจัดการ

พื้นที่ชุ่มน้ำจากประชาชนที่อาศัยในพื้นที่รอบๆ และพื้นที่ใกล้เคียง จำนวน 4 ครั้ง มีประชาชนเข้าร่วมประชุมทั้งสิ้น 929 คน รายละเอียด ดังนี้

การให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ

การให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำของประชาชน เป็นคำถามเกี่ยวกับการให้ความสำคัญในคุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำ เพื่อศึกษาความตระหนักของประชาชนท้องถิ่นต่อความสำคัญ ประโยชน์และความผูกพันกับพื้นที่ชุ่มน้ำ (กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 308 ครัวเรือน) โดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งคำถามที่ใช้มีทั้งคำถามเชิงบวกและเชิงลบ มีลักษณะเป็นคำถามปลายปิด 5 ตัวเลือก โดยประยุกต์แนวคิดการสร้างคำถามและกำหนดค่าของน้ำหนักความคิดเห็นตามแนวของ ลิเคิทส์ สเกล (Likert Scale) ดังนี้

	คำถามเชิงบวก	คำถามเชิงลบ	
เห็นด้วยอย่างยิ่ง	4	0	คะแนน
เห็นด้วย	3	1	คะแนน
ไม่แน่ใจ	2	2	คะแนน
ไม่เห็นด้วย	1	3	คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	0	4	คะแนน

หลักเกณฑ์การให้คะแนนการให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำ พิจารณาจากค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

1 - 22 คะแนน ($X \pm S.D.$) หมายถึง กลุ่มที่ให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำระดับต่ำ

23 - 31 คะแนน ($X \pm S.D.$) หมายถึง กลุ่มที่ให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำระดับปานกลาง

32 - 36 คะแนน ($X \pm S.D.$) หมายถึง กลุ่มที่ให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำระดับสูง

การประเมินมูลค่าการใช้ประโยชน์ทางตรงพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ

ในการประเมินมูลค่าการใช้ประโยชน์ทางตรงของครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านที่อาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ชุ่มน้ำและชุมชนใกล้เคียงพื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นการประเมินมูลค่าการใช้ประโยชน์จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 204 ครัวเรือนที่ใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ (กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 104 ครัวเรือนเป็นกลุ่มที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำ) ลักษณะการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำ ได้แก่ การประมง น้ำเพื่อการเกษตร และการใช้ไม้เพื่อเป็นเชื้อเพลิง

การประเมินมูลค่าผลประโยชน์ทางตรง (Tietenberg,1987) จากการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ ได้แบ่งมูลค่าการใช้ประโยชน์ออกเป็น 3 ด้าน คือ (1) มูลค่าการใช้ประโยชน์จากการทำประมง (2) มูลค่าการใช้ประโยชน์จากการใช้น้ำเพื่อการเกษตร (3) มูลค่าการใช้ประโยชน์จากการใช้ไม้เพื่อทำไม้ฟืนและถ่านหุงต้มในครัวเรือนและเพื่อการพาณิชย์ โดยใช้ราคาตลาด แบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์ คือ มูลค่าการใช้ประโยชน์จากการทำประมง แบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์ มีดังนี้

$VF = NR_f$ .....(1)

$NR_f = (TR_{fh} - TC_{fh}) * H_f$ .....(2)

$TR_{fh} = Q_f * P_f$ .....(3)

$TC_{fh} = TFC_f + TVC_f$ .....(4)

ให้

VF	=	มูลค่าการใช้ประโยชน์จากการทำประมงในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ	บาท/ปี
NR_f	=	รายได้สุทธิจากการทำประมงในพื้นชุ่มน้ำบึงสวะ	บาท/ปี
TR_{fh}	=	รายได้เฉลี่ยจากการทำประมงต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี
TC_{fh}	=	ต้นทุนเฉลี่ยในการทำประมงต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี
H_f	=	จำนวนครัวเรือนทั้งหมดที่ทำประมง	ครัวเรือน
Q_f	=	จำนวนผลผลิตทั้งหมดจากการทำประมงต่อครัวเรือน	กิโลกรัม/ครัวเรือน/ปี
P_f	=	ราคาขายสัตว์น้ำต่อหน่วย (ปลาและกุ้ง)	บาท/กิโลกรัม
TFC_f	=	ต้นทุนคงที่ทั้งหมดจากการทำประมงต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี
TVC_f	=	ต้นทุนผันแปรทั้งหมดจากการทำประมงต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี

มูลค่าการใช้ประโยชน์จากการใช้น้ำเพื่อการเกษตร แบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์มีดังนี้

$VW = NR_r + NR_l$ .....(5)

$NR_r = (TR_{rh} - TC_{rh}) * H_r$ .....(6)

$NR_l = (TR_{lh} - TC_{lh}) * H_l$ .....(7)

$TR_{rh} = Q_r * P_r$ .....(8)

$TC_{rh} = TFC_r + TVC_r$ .....(9)

$TR_{lh} = Q_l * P_l$ .....(10)

$TC_{lh} = TFC_l + TVC_l$ .....(11)

ให้

VW	=	มูลค่าการใช้ประโยชน์จากการใช้น้ำเพื่อการเกษตร	บาท/ปี
NR_r	=	รายได้สุทธิจากการใช้น้ำเพื่อทำนาปรัง	บาท/ปี
NR_l	=	รายได้สุทธิจากการใช้น้ำเพื่อทำนาบัว	บาท/ปี
TR_{rh}	=	รายได้เฉลี่ยจากการทำนาปรังต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี
TC_{rh}	=	ต้นทุนเฉลี่ยในการทำนาปรังต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี
H_r	=	จำนวนครัวเรือนทั้งหมดที่ทำนาปรัง	ครัวเรือน
Q_r	=	ผลผลิตทั้งหมดจากการทำนาปรังต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี
P_r	=	ราคาขายข้าวนาปรังต่อหน่วย	บาท/กิโลกรัม
TFC_{rh}	=	ต้นทุนคงที่ทั้งหมดของการทำนาปรังต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี

TVC_{rh}	=	ต้นทุนผันแปรทั้งหมดของการทำนาปรังต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี
TC_{lh}	=	ต้นทุนเฉลี่ยในการทำนาบัวต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน
H_l	=	จำนวนครัวเรือนทั้งหมดที่ทำนาบัว	ครัวเรือน
Q_l	=	ผลผลิตทั้งหมดที่จากการทำนาบัวต่อครัวเรือน	กิโลกรัม/ครัวเรือน/ปี
P_l	=	ราคาขายบัวต่อหน่วย	บาท/กิโลกรัม
TFC_{lh}	=	ต้นทุนคงที่ทั้งหมดของการทำนาบัวต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี
TVC_{lh}	=	ต้นทุนผันแปรทั้งหมดของการทำนาบัวต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี

มูลค่าการใช้ประโยชน์จากการใช้ไม้เพื่อทำไม้ฟืนและถ่านหุงต้มในครัวเรือนและเพื่อการพาณิชย์ แบบจำลองใช้วิเคราะห์มีดังนี้

$$VT = NR_t \quad \text{.....(12)}$$

$$NR_t = (TR_{th} - TC_{th}) * H_t \quad \text{.....(13)}$$

$$TR_{th} = Q_t * P_t \quad \text{.....(14)}$$

$$TC_{th} = TFC_t + TVC_t \quad \text{.....(15)}$$

ให้

VT	=	มูลค่าการใช้ประโยชน์จากการใช้ไม้เพื่อทำไม้ฟืนและถ่านหุงต้มในครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี
NR_t	=	รายสุทธิจากการนำไม้มาทำเชื้อเพลิง	บาท/ปี
TR_{th}	=	รายได้เฉลี่ยจากการนำไม้มาทำเชื้อเพลิงต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี
TC_{th}	=	ต้นทุนเฉลี่ยในการนำไม้มาทำเชื้อเพลิงต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี
H_t	=	จำนวนครัวเรือนทั้งหมดที่นำไม้จากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะมาทำเชื้อเพลิง	บาท/ปี
Q_t	=	ผลผลิตทั้งหมดที่ผลิตได้ต่อครัวเรือน	กระสอบ/ครัวเรือน/ปี
P_t	=	ราคาขายไม้ฟืนหรือถ่านต่อหน่วย	บาท/กระสอบ
TFC_{th}	=	ต้นทุนคงที่ทั้งหมดในการนำไม้มาทำเชื้อเพลิงต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี
TVC_{th}	=	ต้นทุนผันแปรทั้งหมดในการนำไม้มาทำเชื้อเพลิงต่อครัวเรือน	บาท/ครัวเรือน/ปี

ดังนั้นมูลค่าการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติของพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ เขียนได้ดังสมการ

$$TVWL = VF + VW + VT \quad \text{.....(16)}$$

ให้

TVWL	=	มูลค่าการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ	บาท/ปี
VF	=	มูลค่าการใช้ประโยชน์จากการทำประมงในพื้นที่ชุ่มน้ำ	บาท/ปี
VW	=	มูลค่าการใช้ประโยชน์จากการใช้น้ำเพื่อการเกษตร	บาท/ปี
VT	=	มูลค่าการใช้ประโยชน์จากการใช้ไม้เพื่อทำไม้ฟืนและถ่านหุงต้มในครัวเรือนและเพื่อการพาณิชย์	บาท/ครัวเรือน/ปี

ผลการศึกษา

คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะของประชาชน

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าประชาชนส่วนใหญ่เข้าไปใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำ คิดเป็นร้อยละ 66.23 ไม่ได้ใช้ประโยชน์ ร้อยละ 33.77 ประเภทของการใช้ประโยชน์ คือ ใช้น้ำเพื่ออุปโภค บริโภค เลี้ยงสัตว์ ใช้ประโยชน์จากไม้ เก็บของป่า จับสัตว์น้ำ สัตว์บก นันทนาการ และใช้ประโยชน์ด้านพิธีกรรม และเมื่อทำการจัดกลุ่มการใช้ประโยชน์โดยแบ่งระดับการใช้ประโยชน์ พบว่าประชาชนส่วนใหญ่ให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 53.89 รองลงมาให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำระดับสูง (ร้อยละ 26.62) และให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำในระดับต่ำร้อยละ 19.48 ตามที่แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะของประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ใกล้เคียงบึงสวะ

ระดับของการให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำ	(ร้อยละ)
ระดับต่ำ	19.48
ระดับปานกลาง	53.89
ระดับสูง	26.62
รวม	100.00

พื้นที่ชุ่มน้ำมีมูลค่าการใช้ประโยชน์ทางตรงคิดเป็นมูลค่า 7,031,448.49 บาทต่อปี มูลค่าการใช้ประโยชน์ด้านการประมงสูงสุด คิดเป็นมูลค่า 5,227,500.00 บาทต่อปี (ร้อยละ 75) รองลงมา เป็นมูลค่าการใช้ประโยชน์จากน้ำเพื่อการเกษตร คิดเป็นมูลค่า 1,628,988.49 บาทต่อปี (ร้อยละ 23) และมูลค่าการใช้ประโยชน์จากไม้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม คิดเป็นมูลค่า 174,960.00 บาทต่อปี (ร้อยละ 2) ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 มูลค่าการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ

รายการ	มูลค่า (บาท/ปี)	ร้อยละ
มูลค่าการใช้ประโยชน์ด้านการประมง	5,227,500.00	75.00
มูลค่าการใช้ประโยชน์น้ำเพื่อการเกษตร	1,628,988.49	23.00
มูลค่าการใช้ประโยชน์ไม้เพื่อเป็นเชื้อเพลิง	174,960.00	2.00
มูลค่ารวม	7,031,448.49	100.00

ข้อคิดเห็นของประชาชนต่อการจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ

จากการประชุมประชาชนที่อาศัยในชุมชนใกล้เคียงพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ เพื่อรับฟังความคิดเห็นในการจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ สามารถสรุปความคิดเห็นของประชาชนที่เข้าร่วมประชุมได้ว่า สภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำเสื่อมโทรมเพราะขาดการดูแลอย่างเข้มแข็ง และควรจัดระเบียบ กติกาในการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำ และขาดการตั้งคณะกรรมการและจัดหากองทุนเพื่อการดูแลอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ และควรเลือกผู้มีความซื่อสัตย์เอาจริงเอาจังเป็นกรรมการ ผู้ใหญ่บ้าน กำนันและสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลควรสร้างศรัทธาให้กับประชาชนที่เป็นลูกบ้านโดยแสดงให้เห็นความตั้งใจและมุ่งมั่นในการดำเนินกิจกรรมการควบคุมดูแลพื้นที่ชุ่มน้ำ เพื่อกระตุ้นให้เกิดความมั่นใจและความร่วมมือในการสอดส่องดูการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำให้ดีขึ้น โดยจัดโครงการอนุรักษ์พันธุ์ปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะ และเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ของพื้นที่ชุ่มน้ำ

วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา

การศึกษาพบว่าประชาชนซึ่งเป็นเจ้าของทรัพยากรส่วนใหญ่ให้คุณค่าพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะในระดับปานกลาง การสร้างความตระหนักในคุณค่าและสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์จึงควรให้ความรู้แก่ประชาชน ส่วนมูลค่าทางเศรษฐกิจจากการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะที่ประเมินได้ในเบื้องต้นนี้ ไม่ได้ครอบคลุมมูลค่าของพื้นที่ชุ่มน้ำทางอ้อม ครอบคลุมเฉพาะมูลค่าการใช้ประโยชน์ทางตรง ซึ่งสามารถนำไปใช้เปรียบเทียบกับผลประโยชน์ส่วนอื่นๆ ของพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะหรือเปรียบเทียบกับโครงการพัฒนาหรือทางเลือกในการจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำบึงสวะว่าควรดำเนินการไปในทิศทางใด นอกจากนี้มูลค่าดังกล่าวยังสามารถแสดงให้ประชาชนทั่วไปทราบว่า พื้นที่ชุ่มน้ำแห่งนี้มีมูลค่า ประโยชน์และความสำคัญควรช่วยกันดูแลรักษาเพื่อให้คงคุณค่าต่อไป

เอกสารอ้างอิง

สมพร อิสวิลานนท์ และเรืองไร โตกฤษณะ. 2537. **เศรษฐศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.** คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2542. **พื้นที่ชุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** กรมวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม: กรุงเทพฯ. 142 น..

ศันสนีย์ ชูแวว. 2536. การอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำและการพัฒนาอย่างยั่งยืน. **วารสารนิเวศวิทยา.** 20(2)

Tietenberg,T.H. 1987. **Environmental and Natural Resource Economics**. Scott, Foreman and Company: USA.

ผลของการเสริมทริปโตเฟนระยะสั้นต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และพฤติกรรมของสุกรหลังหย่านม

Effect of Short-term Fed Supplemental L-Tryptophan Diet on Growth Performance and Behavior of Post-weaning Piglets

เกชา คูหา ประมวล เติมสมบัติถาวร และสุวรรณ ช่างกลึงดี

Kecha Kuha, Pramual Toemsombatthaworn and Suwan Changkeungdee

สาขาวิชาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน 55000

Department of Animal Science and Fisheries, Faculty of Science and Agricultural Technology,

Rajamangala University of Technology Lanna, Nan, Thailand 55000

E-mail: kkuha2@yahoo.com

บทคัดย่อ

การเสริมทริปโตเฟนเพื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพการเจริญเติบโต พฤติกรรม และค่าฮอร์โมนบ่งชี้ความเครียดในสุกรหลังหย่านม แบ่งเป็น 2 การทดลอง โดยวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ประกอบด้วยปัจจัยของบล็อกเนื่องจากกลุ่มพันธุ์สุกรลูกผสม 3 แบบ และปัจจัยของทรีทเมนต์เนื่องจากการเสริมทริปโตเฟน 0, 2 และ 4 เท่าจากความต้องการปกติ การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาพฤติกรรมทั่วไปของสุกรช่วงก่อน ช่วงได้รับ และช่วงหลังจากได้รับทรีทเมนต์ โดยทดลองช่วงละ 7 วัน ใช้สุกรคละเพศ 7 ตัวต่อหน่วยทดลอง พบว่าการเสริมทริปโตเฟน 4 เท่า ทำให้สุกรมีน้ำหนักตัวเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตดีกว่า ($P<0.05$) แต่มีปริมาณการกินได้และอัตราการเปลี่ยนอาหารไม่ต่างจากการเสริม 0 และ 2 เท่า ($P>0.05$) พฤติกรรมการนอนของสุกรจะมากขึ้นตามระดับการเสริมทริปโตเฟนที่สูงขึ้น การกระตุ้นให้ตกใจตื่นมีผลทำให้สุกรลุกขึ้นยืนแต่หลังจากนั้นไม่นานจะนอนลง การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาผลของการนำสุกรมารวมฝูงกัน ซึ่งแต่ละหน่วยทดลองได้เลี้ยงสุกรจำนวน 6 ตัว หลังจากให้อาหารตามทรีทเมนต์ไป 7, 8 และ 9 วัน จึงสุ่มสุกรจากต่างหน่วยทดลองซึ่งได้รับทรีทเมนต์เดียวกันแบบไม่ใส่คืนมาครั้งละ 2 ตัว แล้วนำมาขังรวมกันเพื่อสังเกตพฤติกรรมนาน 30 นาที จากนั้นแยกสุกรและนำกลับคอกเดิมและเลี้ยงต่อไปจนครบ 14 วัน เก็บตัวอย่างน้ำลายสุกรวันก่อนนำมารวมฝูง วันที่รวมฝูงหลังสังเกตพฤติกรรม และหลังจากรวมฝูง 2 วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาฮอร์โมนคอร์ติซอล พบว่าสุกรมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตและมีพฤติกรรมก้าวร้าวแบบต่าง ๆ ไม่ต่างกันระหว่างทรีทเมนต์ ($P>0.05$) ลักษณะพฤติกรรมเป็นแบบกัดตอบโต้ไปมาเป็นส่วนมาก รองลงมาคือการที่สุกรตัวหนึ่งไปกัดอีกตัวแล้วไม่มีการโต้ตอบ คอร์ติซอลในน้ำลายสุกรช่วงรวมฝูงมีค่าสูงกว่าก่อนและหลังรวมฝูงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งทรีทเมนต์ที่เสริมทริปโตเฟน 4 เท่า มีผลทำให้คอร์ติซอลในน้ำลายต่ำที่สุดในวันที่นำสุกรมารวมฝูง ($P=0.08$) ชี้ให้เห็นว่าสุกรเกิดความเครียดน้อยกว่าทรีทเมนต์อื่นๆ นั่นคือสามารถเสริมทริปโตเฟนในอาหารสุกร 4 เท่าจากความต้องการปกติช่วงสั้นๆ เพื่อบรรเทาความเครียด และทำให้สุกรสงบมากขึ้นในช่วงการจัดฝูงโดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพด้านการเจริญเติบโตของสุกร

คำสำคัญ: ทริปโตเฟน ความเครียด พฤติกรรม สุกร

Abstract

The objective of this research was to compare the effect of supplemental L-Tryptophan (Trp) to growth performance, behaviors and cortisol level. Two experiments were conducted for this study. The design was the randomized completely block for both experiments. Block effect consisted 3 types of crossbred pig and treatment effect was 3 levels of dietary Trp, represented to standard requirement for growth (control), twice (2X) and 4 times (4X) the control amount. Experiment 1 aimed to study general behavior of pig during pre-treated, treated and post-treated of supplementation Trp diet. The period of study was 7 days interval each. Experiment unit (EU) consisted of 7 pigs and had 63 pigs for the total. The result found that body weight gain and average daily gain of 4X Trp diet was higher than those of other ($P<0.05$) and found to be not significant different for feed intake and feed conversion rate. The pigs trended to spend more time lying as supplemental Trp increasing. After startling stimulus, pigs responded to become alert and standing up, but after for a minute, they kept on lying. Experiment 2 needed to compare the effect of dietary Trp on aggressive behaviors of pig during mixing. The EU consisted of 6 pigs each. After fed the experiment diet for 7, 8 and 9 days, pigs were random 3 times without replacement for 2 pigs. The pigs on the same diet were carried to group together with unfamiliar pigs for observing its behavior for 30 minutes. Then, pigs were taken back to the original EU and continued feeding the same diet until 14 day. Pigs saliva were collected at the periods before, during and post mixing for examining salivary cortisol. The result found to be not significant different on growth performance and aggressive behaviors among treatments ($P<0.05$). Aggressive behaviors, mostly, were mutual biting and bite. Salivary cortisol found to be high at mixing period and differed significantly with others period. During grouping, salivary cortisol level of supplemental 4X Trp was lower than those of control and 2X Trp diet ($P=0.08$). This indicated that stress was reducing by feeding 4X Trp diet. So that, Trp can be supplement for short-term use in diet to reduce stress during mixing which was not affecting to growth performance.

Key words: L-tryptophan, stress, behaviors, pigs

คำนำ

การเลี้ยงสุกรในปัจจุบันเน้นการจัดการฝูงแบบเข้าพร้อมกัน-ออกพร้อมกัน ซึ่งการจำกัดพื้นที่ก็ต้องการให้เกิดความคุ้มค่าที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่สุกรต้องมีขนาดสม่ำเสมอกันเป็นสิ่งสำคัญ จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ต้องมีการจัดฝูงสุกร แต่ผลกระทบที่ตามมาคือสุกรเกิดความเครียดมากขึ้นจากกัดหรือต่อสู้กัน อาจทำให้สุกรชงักการเจริญเติบโต ทำให้ภูมิต้านทานของระบบทางเดินอาหารลดลง และทำให้ท้องเสีย (Ekkel *et al.,* 1997; Pluske *et al.,* 1997; Jensen and Yngvesson, 1998; Ruis *et al.,* 2000; Koopmans *et al.,* 2006) และเกิดความสูญเสียตามมา นอกจากนี้ยังส่งผลต่อสวัสดิภาพสุกรด้วย การบรรเทาปัญหาดังกล่าวสามารถกระทำได้หลายวิธี ซึ่งการเสริมทริปโตเฟนในอาหารก็อาจเป็นแนวทางหนึ่ง ที่จะสามารถช่วยลดความก้าวร้าวและบรรเทาสภาวะเครียดของสุกร (Se`ve *et al.,* 1991) เนื่องจากว่าทริปโตเฟนเป็นสารตั้งต้นในการสร้าง

เซอโรโทนินและเมลาโทนิน โดยเซอโรโทนินเป็นสารสำคัญที่กระตุ้นสมองและระบบประสาทส่วนกลาง ผ่านการสื่อสารของเส้นประสาทเซอโรโทเนอจิค (Adeola and Ball, 1992; Pethick *et al.,*1997; Huether *et al.,*1999) มีบทบาทในกลไกควบคุมการหลับหรือตื่น ควบคุมอุณหภูมิร่างกาย ควบคุมการตอบสนองต่อความเจ็บปวด (นทีทิพย์, 2538) ให้การตอบสนองหรือลดการแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวต่างๆ และมีผลต่อการกินอาหาร (Baranyiova, 1991; Huether *et al.,* 1999; Se`ve, 1999) นั่นคือหากเสริมทริปโตเฟนมากขึ้นในอาหารสุกร จึงน่าจะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของเซอโรโทนินในสมองและช่วยลดพฤติกรรมก้าวร้าวของสุกรได้ และทริปโตเฟนยังมีความปลอดภัยในการใช้สูง (Chung *et al.,* 1991) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพการเจริญเติบโต พฤติกรรม และค่าฮอร์โมนบ่งชี้ความเครียดของสุกรเมื่อมีการเสริมทริบโตเฟนในอาหารช่วงสั้นๆ ในช่วงการจัดฝูงที่ก่อให้เกิดความเครียดในสุกร

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บข้อมูลและวางแผนการทดลอง

การทดลองที่ 1 วางแผนการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design; RCBD) อิทธิพลของบล็อกคือกลุ่มพันธุ์สุกรลูกผสม 3 แบบ ได้แก่ ลูกผสมระหว่างพันธุ์ลาร์จไวท์ 50:แลนด์เลซ 50 เปอร์เซ็นต์ (Y50:L50) ลูกผสมระหว่างพันธุ์ลาร์จไวท์ 25:แลนด์เลซ 75 เปอร์เซ็นต์ (Y25:L75) และลูกผสมระหว่างพันธุ์ลาร์จไวท์ 25:แลนด์เลซ 25:เปียร์แตรง 50 เปอร์เซ็นต์ (Y25:L25:P50) ส่วนอิทธิพลเนื่องจากทรีทเมนต์เป็นระดับการเสริมทริปโตเฟนในอาหาร 3 ระดับ คือ 0 (ทรีทเมนต์ควบคุม) 2 และ 4 เท่าจากระดับปกติ แต่ละหน่วยทดลองใช้สุกรคละเพศ 7 ตัว รวมทั้งสิ้น 63 ตัว ทำการทดลอง 3 สัปดาห์ สัปดาห์ที่ 1 ทุกหน่วยทดลองได้รับอาหารมีทริปโตเฟนปกติ สัปดาห์ที่ 2 ได้รับอาหารตามทรีทเมนต์ และสัปดาห์ที่ 3 ได้รับอาหารเช่นเดียวกับสัปดาห์ที่ 1 (ตารางที่ 1) บันทึกข้อมูลน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นทดลองและน้ำหนักสุดท้ายเป็นรายตัว บันทึกการกินอาหารเป็นรายคอก ทำการสังเกตพฤติกรรมทั่วๆ ไปของสุกรตามวิธีจำแนกของ Ruis (2001) แบ่งเป็น 3 ช่วงตามข้างต้น ช่วงละ 3 ครั้ง และสังเกตช่วงเวลาเดียวกันของวัน

การทดลองที่ 2 วางแผนการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่อาหารที่ใช้ทดลองได้ปรับเปลี่ยนสูตรให้เหมาะสมกับช่วงอายุสุกร (ตารางที่ 1) แต่ละหน่วยทดลองใช้สุกร 6 ตัว รวมทั้งสิ้น 54 ตัว ทำการชั่งน้ำหนักก่อนเริ่มทดลองแล้วให้อาหารตามทรีทเมนต์ไป 7, 8 และ 9 วัน จึงทำการสุ่มสุกรหน่วยทดลองละ 2 ตัวต่อครั้งแบบไม่ใส่คืน จำนวน 3 ครั้ง แล้วนำสุกรที่ได้รับทรีทเมนต์เดียวกันมารวมกันในคอกสำหรับสังเกตพฤติกรรม ที่มีลักษณะด้านข้างปิดล้อมด้วยสังกะสีแผ่นเรียบ ขนาด 3x4 เมตร ทำการสังเกตพฤติกรรมก้าวร้าวของสุกรตามวิธีจำแนกของ Ruis (2001) นาน 30 นาที โดยกระทำในช่วงเวลาเดียวกันและหมุนเวียนทรีทเมนต์ตามระบบเพื่อไม่ให้เกิดการได้เปรียบเสียเปรียบกันเนื่องจากช่วงเวลา เมื่อครบแล้วจึงนำสุกรกลับคอกเดิมและให้อาหารตามทรีทเมนต์ต่อเนื่องไปจนครบ 14 วัน จึงชั่งน้ำหนักสุดท้าย ตัวอย่างน้ำลายทำการเก็บ 3 ครั้ง คือวันที่ 5 หลังได้รับทรีทเมนต์ วันที่นำสุกรรวมกันหลังสังเกตพฤติกรรมทันที และวันที่ 12 ของการทดลอง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบสูตรอาหารทดลอง

	การทดลองที่ 1			การทดลองที่ 2		
ส่วนประกอบ (กก.)	**Nomal Trp**	**2X Trp**	**4X Trp**	**Nomal Trp**	**2X Trp**	**4X Trp**
ข้าวโพดบด	50.00	49.94	49.72	56.40	56.40	56.40
รำละเอียด	10.60	10.60	10.60	21.00	21.00	21.00
กากถั่วเหลือง	30.00	30.00	30.00	10.00	10.00	10.00
ปลาป่น	6.00	5.80	5.50	4.50	4.50	4.50
เนื้อกระดูกป่น	-	-	-	5.00	4.73	4.30
ไขมันสัตว์	1.00	1.00	1.00	0.50	0.60	0.70
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
เกลือป่น	0.35	0.35	0.35	0.30	0.30	0.30
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30	0.30
L-Tryptophan	0.00	0.26	0.78	0.00	0.17	0.50
สารช่วยย่อย	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ค่าการวิเคราะห์ทางเคมี						
Moisture (%)	10.24	10.17	9.94	9.17	9.28	8.75
Protein (%)	21.86	22.16	22.35	16.27	16.80	16.86
Fat (%)	4.81	4.71	2.39	3.18	2.31	4.77
Ash (%)	5.61	6.1	9.81	8.25	8.09	8.12
Fiber (%)	5.05	4.88	4.41	6.16	6.72	6.95
GE (kcal/kg)	3,966.22	3,985.09	4,007.07	3,828.65	3,827.81	3,921.20
ค่าจากการคำนวณ [1/]						
ME (kcal/kg)	3,244.50	3,235.61	3,218.12	3,146.23	3,147.90	3,146.02
Tryptophan (%)	0.26	0.51	1.00	0.17	0.33	0.64
Methionine (%)	0.40	0.40	0.39	0.33	0.32	0.32
Lysine (%)	1.33	1.32	1.30	0.89	0.88	0.87

[1/] เป็นค่าจากการคำนวณตามมาตรฐาน NRC (1998) และอุทัย (2529)

การวิเคราะห์ฮอร์โมนคอร์ติซอล

เก็บตัวอย่างน้ำลายโดยให้สุกรเคี้ยวก้อนสำลีที่สะอาดจนเปียกชุ่ม (ประมาณ 1-2 นาที) โดยไม่มีการจับบังคับ ให้ได้น้ำลายประมาณ 5 ซี.ซี. แล้วเก็บรักษาในน้ำแข็งทันที ต่อจากนั้นนำมายังห้องปฏิบัติการแล้วทำการปั่นเหวี่ยงความเร็ว 3,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 5 นาที แล้วเก็บรักษาที่ -20°C รอวิเคราะห์พร้อมกัน ทำการตรวจวิเคราะห์หาคอร์ติซอลโดยวิธีเรดิโออิมมูโนเอสเส (RIA) ด้วยเครื่องตรวจนับรังสีแกมม่า (Gamma counter) ยี่ห้อ Genesys GENII™ (Laboratory Technology, Inc, IL, The United States)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ลักษณะปริมาณอาหารที่กิน (FI) อัตราการเปลี่ยนอาหาร (FCR) และระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลายทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแบบหุ่นของแผนการทดลอง RCBD ส่วนน้ำหนักตัวเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance) เมื่อกำหนดน้ำหนักเริ่มต้นทดลองเป็น concomitant variable สำหรับค่าสังเกตพฤติกรรมทั่วๆ ไป ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากสุกรทั้งหมดในหน่วยทดลอง จำเป็นต้องแปลงค่าให้อยู่ในรูปลอกาลิทึมก่อนจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยแบบหุ่นเชิงเส้นทั่วไปต่อไปนี้

$$Y'_{ijkl} = \mu + O_i + O(P)_{i(j)} + B_k + \tau_l + B\tau_{kl} + \varepsilon_{ijkl}$$

เมื่อ Y'_{ijkl} คือ ค่าสังเกตหลังแปลงค่าในรูปลอกาลิทึม, μ คือ ค่าเฉลี่ยรวม, O_i คือ อิทธิพลสุ่มของผู้สังเกตที่ i, $O(P)_{i(j)}$ คือ อิทธิพลสุ่มซ้อนของผู้สังเกตที่ i ในวันสังเกตที่ j, B_k คือ= อิทธิพลคงที่ของกลุ่มพันธุ์สุกรลูกผสมที่ k, τ_l คือ อิทธิพลคงที่ของทรีทเมนต์ที่ l และ ε_{ijkl} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม เมื่อ $\varepsilon_{ijkl} \sim$ NID $(0, \sigma^2_\varepsilon)$ ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีพหุดันแคน (DMRT) และการจับคู่เปรียบเทียบด้วยการทดสอบที (PDIFF) ส่วนค่าสังเกตความถี่พฤติกรรมก้าวร้าวนำมาทดสอบความมีนัยสำคัญด้วยการทดสอบความเป็นอิสระระหว่างทรีทเมนต์ด้วยการทดสอบแบบไคสแคว์ (χ^2-test)

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1

สุกรที่ได้รับอาหารเสริมทริปโตเฟนกว่าปกติ 4 เท่า มีน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (BW_F) น้ำหนักตัวเพิ่ม (BWG) และอัตราการเจริญเติบโต (ADG) เท่ากับ 25.79±6.03 กก. 12.55±2.92 กก. และ 0.60±0.14 กก./ตัว/วัน ซึ่งสูงกว่าทรีทเมนต์ที่มีการเสริมทริปโตเฟน 0 และ 2 เท่าจากปกติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.01) ส่วนปริมาณอาหารที่กิน (FI) และอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (FCR) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างทรีทเมนต์ สำหรับการแสดงพฤติกรรมทั่วไปของสุกร พบว่า สุกรมีพฤติกรรมการยืน การนอน การเดินหรือวิ่ง และการกินอาหารหรือดื่มน้ำเฉลี่ยช่วง 5 นาทีแรก เท่ากับ 21.74±0.05, 40.29±0.03, 7.19±0.05 และ 7.73±0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างจากค่าสังเกตช่วง 5 นาทีหลังกระตุ้นให้ตกใจตื่น (P<0.01) ซึ่งแสดงพฤติกรรมข้างต้นเฉลี่ยเท่ากับ 12.70±0.05, 56.35±0.03, 4.04±0.05 และ 4.99±0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นว่าในช่วง 5 นาทีแรกสุกรมีการยืน เดินหรือวิ่ง และกินอาหารหรือดื่มน้ำมากกว่าแตกต่างจากช่วง 5 นาทีหลังอย่างมีนัยสำคัญ แต่ช่วง 5 นาทีหลังสุกรกลับมีพฤติกรรมการนอนมากกว่า ส่วนการกระตุ้นให้สุกรตกใจตื่นจะทำให้สุกรยืนขึ้นประมาณ 1-2 นาที ต่อจากนั้นจะเริ่มนอนลง

ในช่วงการทดลองที่สุกรได้รับอาหารมีการเสริมทริปโตเฟนแตกต่างกัน 3 ระดับนั้น มีแนวโน้มว่าช่วง 5 นาทีแรกของการสังเกตสุกรกลุ่มเสริมทริปโตเฟน 2 และ 4 เท่า มีพฤติกรรมการนอนและนั่งสูงกว่าทรีทเมนต์ควบคุม (P=0.08) หรือในทางตรงกันข้ามสุกรกลุ่มที่เสริมทริปโตเฟนมีพฤติกรรมการกินต่ำกว่า และเมื่อกระตุ้นให้สุกรตกใจตื่น พบว่า สุกรแสดงพฤติกรรมการนอนไม่แตกต่างกันระหว่างทรีทเมนต์ โดยช่วงการทดลองก่อนและหลังการเสริมทริปโตเฟนซึ่งสุกรได้รับอาหารสูตรควบคุมเหมือนกัน มีผลทำให้สุกรแสดงพฤติกรรมต่างๆ ไม่แตกต่างกันระหว่างทรีทเมนต์ (P>0.05) และพฤติกรรมที่พบส่วนมากคือการนอนกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2

สุกรที่ได้รับการเสริมกรดอะมิโนทริปโตเฟนต่างระดับกัน มีค่าสมรรถภาพการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน (P>0.05) กล่าวคือ มีน้ำหนักตัวเพิ่มเท่ากับ 8.68±0.44, 7.90±0.45 และ 7.41±0.46 กก. อัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.62±0.03, 0.56±0.03 และ 0.53±0.03 กก./ตัว/วัน ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเท่ากับ 2.71±0.17, 2.80±0.17 และ 3.08±0.16 เมื่อเสริมทริปโตเฟน 0, 2 และ 4 เท่าจากปกติ ตามลำดับ พฤติกรรมก้าวร้าวแบบต่างๆ ที่สุกรแสดงออกมาตลอด 30 นาที ในวันที่นำสุกรมารวมกันไม่มีความต่างกันทางสถิติระหว่างทรีทเมนต์ที่เสริมทริปโตเฟนต่างระดับกัน (P<0.05) ดังตารางที่ 2 ส่วนระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลายชี้ให้เห็นว่าเมื่อนำสุกรมารวมกันจะเกิดความเครียดสูงเนื่องจากสุกรมีการกัดกันรุนแรง ทำให้สุกรหลั่งคอร์ติซอลออกมาสูงกว่าช่วงก่อนนำมารวมกัน (P<0.05) แต่เมื่อนำสุกรกลับฝูงเดิมและให้พักระยะหนึ่งระดับคอร์ติซอลจึงลดต่ำลง แต่พบว่าต่ำกว่าช่วงก่อนนำสุกรมารวมกัน (P<0.05) จะเห็นว่าในสภาวะปกติช่วงก่อนและหลังนำสุกรมารวมกัน ระดับคอร์ติซอลในน้ำลายไม่ต่างกัน (P>0.05) มีแนวโน้มที่สุกรซึ่งได้รับการเสริมทริปโตเฟน 4 เท่า จะมีฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลายต่ำกว่ากลุ่มทรีทเมนต์อื่น

(P=0.08) ในช่วงที่นำสุกรมารวมกัน ดังตารางที่ 3 ชี้ให้เห็นว่าแม้สุกรแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวในช่วงดังกล่าวไม่แตกต่างกัน แต่การเสริมทริปโตเฟน 4 เท่า สุกรหลั่งคอร์ติซอลออกมาน้อยกว่าหรือสุกรเกิดความเครียดน้อยกว่านั่นเอง

ตารางที่ 2 ผลของระดับทริปโตเฟนในสูตรอาหารต่อการแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวของสุกร

การแสดงพฤติกรรม (ครั้ง)	Normal Trp	2X Trp	4X Trp	
	เฉลี่ย± SE	เฉลี่ย± SE	เฉลี่ย± SE	P-value
Parallel pressing	16.00±2.57	19.33±2.57	16.00±2.57	0.6095
Inverse parallel pressing	12.00±4.43	8.00±4.43	12.00±4.43	0.7749
Parallel pressing-biting	13.00±4.91	11.67±4.91	15.00±4.91	0.8929
Mutual bite	21.00±4.63	16.00±4.63	26.33±4.63	0.3803
Bite	7.00±3.62	18.33±3.62	10.33±3.62	0.1898
Levering	4.33±1.20	1.33±1.20	0.33±1.20	0.1600
Head to body knocking	1.67±0.75	1.00±0.75	1.33±0.75	0.8264
Head to head knocking	0.67±0.77	2.00±0.77	0.67±0.77	0.4444
Nose to head contact	6.00±1.74	11.67±1.74	5.67±1.74	0.1212
Nose to body contact	5.67±1.15	3.33±1.15	3.67±1.15	0.3879

ตารางที่ 3 ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลายสุกร (ng/ml) เมื่อได้รับการเสริมทริปโตเฟนต่างระดับกัน

ช่วงการทดลอง	Normal Trp	2X Trp	4X Trp
	เฉลี่ย± SE	เฉลี่ย± SE	เฉลี่ย± SE
ก่อนทดสอบความก้าวร้าว	17.75±1.76[ข]	17.74±1.76[ข]	18.60±1.76[ก]
ช่วงทดสอบความก้าวร้าว	26.70±1.76[ก,จ]	27.06±1.76[ก,จ]	22.38±1.76[ก,ง]
หลังทดสอบความก้าวร้าว	8.35±1.76[ค]	8.06±1.76[ค]	12.47±1.76[ข]

- อักษร ก, ข และ ค กำกับแถวตั้งเดียวกันที่ต่างกันแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

- อักษร ง และ จ กำกับแถวนอนเดียวกันที่ต่างกันแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.08$)

วิจารณ์ผลการทดลอง

การที่สุกรกลุ่มเสริมทริปโตเฟน 4 เท่า มีน้ำหนักตัวเพิ่ม และอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าทรีทเมนต์อื่น ในการทดลองที่ 1 อาจเนื่องจากโภชนะในอาหาร เมื่อพิจารณาค่าวิเคราะห์ทางเคมี (ตารางที่ 1) จะเห็นว่าสูตรที่มีทริปโตเฟนกว่าปกติ 4 เท่า มีค่าโปรตีนรวมสูงกว่าสูตรอื่นๆ แม้ในการคำนวณได้มีการปรับสัดส่วนวัตถุดิบให้ไม่ต่างกันแล้วก็ตาม แต่ในมุมหนึ่งก็คือการทดลองนี้ทำการสังเกตพฤติกรรมบ่อยถึง 9 วัน จากการทดลองทั้งสิ้น 21 วัน วันที่สังเกตพฤติกรรมจะนานถึง 90 นาที และมีการกระตุ้นให้สุกรตกใจตื่นด้วย อาจเป็นสาเหตุให้สุกรเกิดความเครียดได้จึงกินอาหารน้อยลงในกลุ่มที่เสริมทริปโตเฟนปกติ แต่การเสริมทริปโตเฟน 4 เท่าสุกรไม่เกิดความเครียดจึงกินอาหารได้ปกติ และเมื่อวิเคราะห์ค่าสังเกตพฤติกรรม สุกรกลุ่มที่มีการเสริมทริปโตเฟนกว่าปกติจะลุกขึ้นยืนบ่อยกว่าแล้วเดินหาอาหารหลังกระตุ้นให้ตกใจ ซึ่ง Koopmans *et al.* (2006) รายงานว่าการเสริมทริปโตเฟนเพิ่มขึ้นช่วยเพิ่มความทนทานกระเพาะและลำไส้ของลูกสุกรหย่านมและช่วยลดการขี้ไหลได้ Nabuurs *et al.* (1993); Pluske *et al.* (1997) รายงานถึงการที่ลูกสุกรเกิดความเครียดจะทำให้สัญฐานของวิลไล (villi) สั้นลง ทำให้ปุ่มดูดซึมอาหาร (crypts) ลึก และทำให้สุกรขี้ไหล ส่วนสมรรถภาพการเจริญเติบโตของการทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันระหว่างทรีทเมนต์นั้น เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่ามีค่าโปรตีนรวมและพลังงานใกล้เคียงกันมาก สอดคล้องกับ Peeters *et al.* (2005); Koopmans *et al.* (2006) พบว่า การเสริมทริปโตเฟนไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและปริมาณอาหารที่กินของสุกรแต่อย่างใด แต่มีหลายงานวิจัยพบว่าการเสริมทริปโตเฟนมากขึ้นจะทำให้การกินอาหารของสุกรลดลง (Chung *et al.*, 1991; Adeola and Ball, 1992) ส่วนคอร์ติซอลในน้ำลายกลุ่มที่เสริมทริปโตเฟน 4 เท่า มีค่าต่ำในช่วงรวมฝูงที่ทำให้เกิดความเครียด ชี้ว่าทริปโตเฟนน่าจะมีกลไกไปช่วยบรรเทาสภาวะเครียดได้ สอดคล้องกับ Se`ve (1999); Peeters *et al.* (2005) พบว่า ในสภาวะเครียดจะมีการหลั่งคอร์ติซอลแต่การเสริมทริปโตเฟนทำให้สุกรผ่อนคลายมากขึ้น อย่างไรก็ตามการหลั่งคอร์ติซอลในสุกรขึ้นอยู่กับพันธุ์และอายุ ซึ่งทำให้สุกรสนองตอบความเครียดต่างกัน (Sutherland *et al.,* 2005)

สรุปผลการทดลอง

พฤติกรรมทั่วไปของสุกรในช่วงที่สังเกตส่วนมากจะนอน และพฤติกรรมการนอนจะสูงขึ้นตามระดับการเสริมทริปโตเฟนที่มากขึ้น เมื่อกระตุ้นให้สุกรตกใจตื่นมีผลทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมให้สุกรลุกขึ้นยืนแล้วเดินหาอาหารกินสักพักจึงนอนลง พฤติกรรมก้าวร้าวแบบต่างๆ หลังนำสุกรมาขังรวมกันนาน 30 นาทีไม่แตกต่างกันระหว่างทรีทเมนต์ สุกรมีพฤติกรรมก้าวร้าวลักษณะกัดโต้ตอบกันไปมาเป็นส่วนมาก รองลงมาเป็นพฤติกรรมที่สุกรตัวหนึ่งไปกัดอีกตัวแล้วไม่โต้ตอบ ค่าคอร์ติซอลในน้ำลายของสุกรของทุกทรีทเมนต์สูงขึ้นในช่วงการรวมฝูงและแตกต่างจากช่วงก่อนการรวมฝูงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ทรีทเมนต์ที่เสริมทริปโตเฟน 4 เท่า มีคอร์ติซอลต่ำกว่าทรีทเมนต์อื่นๆ แสดงว่าทริปโตเฟนที่เสริมมากขึ้นน่าจะช่วยลดความเครียดของสุกรได้ และการเสริมทริปโตเฟนก็ไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรแต่อย่างใด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

นทีทิพย์ กฤษณามระ. 2538. **ฮอร์โมนและกลไกการออกฤทธิ์ร่วม.** ไทยวัฒนาพานิช จำกัด: กรุงเทพฯ.

อุทัย คันโธ. 2529. **อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก.** ฉบับเรียบเรียง ครั้งที่ 2. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน: นครปฐม.

Adeola, O. and R.O. Ball. 1992. Hypothalamic neurotransmitter concentrations and meat quality in stressed pigs offered excess dietary tryptophan and tyrosine. **J Anim Sci.** 70: 1888-1894.

Baranyiova, E. 1991. Effect of serotonin on food intake by piglets during the early postnatal period. **Acta Vet. (Brno).** 60: 127-136.

Chung, T.K., H.B. Gelgerg, J.L. Dorner and D.H. Baker. 1991. Safety of L-tryptophan for pigs. **J. Anim. Sci.** 69: 2955–2960.

Ekkel, E.D., B. Savenije, W.G.P. Schouten, V.M. Wiegant and M.J.M. Tielen. 1997. The effects of mixing on behavior and circadian parameters of salivary cortisol in pigs. **Physiol. Behav.** 62: 181-184.

Huether, G., W. Kochen, T.J. Simat and H. Steinhart. 1999. **Tryptophan, serotonin and melatonin: basic aspects and applications.** Kluwer Academic/Plenum Publ.: New York.

Jensen, P. and J. Yngvesson. 1998. Aggression between unacquainted pigs-Sequential assessment and effects of familiarity and weight. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 58: 49-61.

Koopmans, S.J., A.C. Guzik, J. van der Meulen, R. Dekker, J. Kogut, B.J. Kerr and L.L. Southern. 2006. Effects of supplemental L-tryptophan on serotonin, cortisol, intestinal integrity and behavior in weaning piglets. **J. Anim. Sci.** 84: 963-971.

Li, Y.Z., B.J. Kerr, M.T. Kidd and H.W. Gontou. 2006. Use of supplementary tryptophan to modify the behavior of pig. **J. Anim. Sci.** 84: 212-220.

Nabuurs, M.J.A., A. Hoogendoorn, E.J. van der Molen and O.L.M. van Osta. 1993. Villus height and crypt depth in weaned and unweaned pigs, reared under various circumstances in the Netherlands. **Res. Vet. Sci.** 55: 78-84.

NRC. 1998. **Nutrition Requirements of Swine.** 10th ed. Natl. Acad. Press: Washington, DC.

Peeters, E., A. Neyt, F. Beckers, S. De Smet, A.E. Aubert and R. Geers. 2005. Influence of supplemental magnesium, tryptophan, vitamin C and vitamin E on stress responses of pigs to vibration. **J. Anim. Sci.** 83: 1568-1580.

Pethick, D.W., R.D. Warner, D.N. D'Souza and F.D. Dunshea. 1997. Nutritional manipulation of meat quality. *In:* Cranwell, P.D. (ed.). **Manipulating pig production VI.** Australian Pig Sci. Assoc: N.P. pp. 91-123.

Pluske, J.R., D.J. Hampson and I.H. Williams. 1997. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. **Livest. Prod. Sci.** 51: 215-236.

Ruis, M.A.W. 2001. **Social stress as a source of reduced welfare in pigs.** Ph.D. Dissertation, the University of Groningen: The Netherlands.

Ruis, M.A.W., J.H. te Brake, J.A. van de Burgwal, I.C. Jong, H.J. Blokhuis and J.M. Koolhaas. 2000. Personalities in female domesticated pigs: behavioral and physiological indications. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 66: 31-47.

Se`ve, B. 1999. Physiological roles of tryptophan in pig nutrition. *In:* Huether, (ed.) **Tryptophan, serotonin and melatonin: basic aspects and applications.** Kluwer Acad./Plenum Publ.: New York. pp. 729-741.

Se`ve, B., M.C. Meunier-Salau¨ n, M. Monnier, Y. Colle´ux and Y. Henry. 1991. Impact of dietary tryptophan and behavioral type on growth performance and plasma amino acids of young pigs. **J. Anim. Sci.** 69: 3679-3688.

Sutherland, M.A., S.L. Rodriguez-Zas, M. Ellis and J.L. Salak-Johnson. 2005. Breed and age affect baseline immune traits, cortisol, and performance in growing pigs. **J. Anim. Sci.** 83: 2087-2095.

คุณค่าทางโภชนะและการใช้ประโยชน์ของต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคนม

Nutritive Values and Utilization of Baby Corn Stover as a Source of Roughage of Dairy Cows

สุนิตา เรืองกาญจน์ โชค มิเกล็ด และเทอดชัย เวียรศิลป์

Sunita Ruangkarn, Choke Mikled and Therdchai Vearasilp

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50202

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50202

E-mail: gigiegift@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เพื่อทราบถึงคุณค่าทางโภชนะและการใช้ประโยชน์ของต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคนม แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะและค่าพลังงานของอาหารทดลองทั้ง 4 ชนิดโดยวิธี *In vitro* gas production technique พบว่าต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักมีแนวโน้มของค่า OMD สูงที่สุด รองลงมา คือ ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักกากน้ำตาลร่วมกับกากน้ำตาล 5%, ต้นข้าวโพดฝักอ่อนสด และหญ้าเนเปียร์ (61.83, 59.62, 55.79 และ 51.21% ตามลำดับ) (P>0.05) สำหรับค่าพลังงานในรูป ME ของต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมัก (9.17 MJ/kg DM) มีค่าสูงกว่าหญ้าเนเปียร์และต้นข้าวโพดฝักอ่อนสด (7.12 และ 6.97 MJ/kg DM ตามลำดับ) (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างจากต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักกากน้ำตาลร่วมกับกากน้ำตาล 5% (8.83 MJ/kg DM) (P>0.05) ส่วน NE_L ของต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมัก (5.34 MJ/kg DM) มีค่าสูงกว่าต้นข้าวโพดฝักอ่อนสด (3.88 MJ/kg DM) (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างจากหญ้าเนเปียร์และต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักกากน้ำตาลร่วมกับกากน้ำตาล 5% (4.06 และ 5.01 MJ/kg DM ตามลำดับ) (P>0.05) การทดลองที่ 2 การศึกษาหาผลผลิตน้ำนมและการหาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม โดยใช้โคนมลูกผสมพื้นเมืองxโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน เพศเมีย 12 ตัว ที่อยู่ในช่วงระยะให้นมเดียวกัน และปริมาณน้ำนมใกล้เคียงกัน วางแผนการทดลองแบบ Group Comparison มี 2 กลุ่มๆ ละ 6 ตัว Treatment 1 ได้รับหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบเต็มที่ และอาหารข้นโปรตีน 16% Treatment 2 ได้รับต้นข้าวโพดฝักอ่อนสดเป็นอาหารหยาบเต็มที่ และอาหารข้นเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 1 ผลการทดลองพบว่า โคทดลองกลุ่มที่ 1 มีปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดเมื่อคิดเป็นวัตถุแห้ง (11.67 กก.ตัวต่อวัน) สูงกว่าโคกลุ่มที่ 2 (10.42 กก.ต่อตัวต่อวัน) (P<0.01) แต่โคกลุ่มที่ 1 มีปริมาณน้ำนมที่รีดได้ปรับที่ 4% ไขมันนม ไม่แตกต่างกับโคกลุ่มที่ 2 (9.99 และ 10.36 กก.ต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) (P>0.05) และพบว่าไขมัน และปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนมของโคกลุ่มที่ 1 มีแนวโน้มน้อยกว่าโคกลุ่มที่ 2 (4.93, 13.77 และ 5.51, 14.01% ตามลำดับ)(P>0.05) กำไรจากการขายนม 1 กก. ของโคกลุ่มที่ 2 และโคกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 9.71 และ 9.52 บาทต่อกก. ตามลำดับ

คำสำคัญ: ต้นข้าวโพดฝักอ่อน หญ้าเนเปียร์ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ พลังงานสุทธิเพื่อการให้นม

Abstract

The experiments were conducted to evaluate the nutritive values and utilization of baby corn stover as a source of roughage of dairy cows. Experiment 1: The digestibility and energy contents of 4 diets were evaluated by *in vitro* gas production technique. The OMD of the baby corn stover silage had a tendency higher than baby corn stover silage with 5% molasses, fresh baby corn stover and napier grass (61.83, 59.62, 55.79 and 51.21%, respectively) (P>0.05). ME was significantly higher for baby corn stover silage (9.17 MJ/kg DM) compare to napier grass and fresh baby corn stover (7.12 and 6.97 MJ/kg DM, respectively) (P<0.05) but not significant difference from baby corn stover silage with 5% molasses. (8.83 MJ/kg DM) (P>0.05). The NE_L of baby corn stover silage (5.34 MJ/kg DM) were significantly higher than fresh baby corn stover (3.88 MJ/kg DM) but not significant difference from napier grass and baby corn stover silage with 5% molasses (4.06 and 5.01 MJ/kg DM respectively) (P>0.05). Experiment 2: The study was conducted to evaluate milk production and chemical composition of milk by using crossbred Holstein Friesian lactating cows. The twelve cows were arranged according to lactating period and average milk yield per day and assigned into treatments by Group Comparison. They were 2 treatment groups with 6 cows each as replication. Treatment 1; The cows were fed with napier grass ad libitum and concentrate 16% CP. Treatment 2; The cows were fed with baby corn stover ad libitum and concentrate 16% CP. The result showed that total dry matter feed intake of Treatment 1 (11.67 kg/head/day) was higher than Treatment 2 (10.42 kg /head/day) (P<0.01). However 4% FCM yield of both groups was not significantly difference (9.99 and 10.36 kg/head/day, respectively) (P>0.05). Nevertheless, Treatment 1 had a tendency of lower fat and total solid contents than Treatment 2 (4.93, 13.77 and 5.51, 14.01%, respectively) (P>0.05). The profit from 1 kg of milk were 9.52 and 9.71 Baht/kilogram, respectively.

Key words: baby corn stover, Napier grass, metabolized energy, net Energy for lactation

คำนำ

การใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตร (By-product) เป็นทางเลือกหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากการเกษตรในปัจจุบันมุ่งเน้นให้เพิ่มผลผลิตเพื่อให้เพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศและเพื่อส่งออกนอกประเทศ ทำให้มีวัสดุเศษเหลือทางการเกษตรเกิดขึ้นมากมาย ดังเช่นข้อมูลของกรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ พบว่า ประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดฝักอ่อน และข้าวโพดหวาน ในรูปข้าวโพดอ่อนสด ข้าวโพดอ่อนกระป๋องเป็นจำนวนมาก ทำให้มีเศษวัสดุเหลือจากข้าวโพด เช่น ต้น เปลือก ฝัก ไหม และซังเหลืออยู่มาก ซึ่งเศษวัสดุเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในรูปเป็นอาหารสัตว์ได้ โดยเฉพาะข้าวโพดฝักอ่อน ซึ่งปลูกกันมากในเกือบทุกภาคของประเทศ และพบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมต่างก็นิยมนำเอาผลพลอยได้จากการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนในส่วนของต้นมาใช้เลี้ยงโคกันเป็นส่วนใหญ่ แต่

ยังไม่มีผู้ใดได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ถึงคุณค่าทางอาหารในแง่ของการนำมาใช้ประโยชน์ได้ในรูปของอาหารหยาบทดแทนหญ้าอาหารสัตว์กันอย่างจริงจัง ในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการหาคุณค่าทางโภชนะของต้นข้าวโพดฝักอ่อนที่โคนมสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

ข้าวโพดฝักอ่อน *(Zea mays Linn)* เป็นพืชไร่ทางเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่ง มีอายุสั้นใช้เวลาเพียง 40-50 วัน ก็สามารถเก็บเกี่ยวได้ และมีช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยว 7-10 วัน ดังนั้นนับตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ฝักอ่อนหมดจะใช้เวลาเพียง 50-60 วันเท่านั้น เกษตรกรสามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทยและปลูกได้ปีละ 4-5 ครั้ง ถ้าพื้นที่นั้นมีน้ำเพียงพอ เป็นการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดินอันมีค่าได้อย่างเต็มที่ตลอดปี ดังนั้นเศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน เช่น ต้นข้าวโพด เปลือกฝักข้าวโพด และไหมจึงมีมากในเกือบทุกภาคของประเทศ ซึ่งในพื้นที่ 1 ไร่ จะมีเศษเหลือจากข้าวโพดฝักอ่อนในส่วนของต้นประมาณ 3-4 ตัน (โชค, 2534) จากการสอบถามเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่ใช้ต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหยาบ จะซื้อต้นข้าวโพดฝักอ่อนหลังจากที่เก็บฝักข้าวโพดแล้วในราคาไร่ละประมาณ 500 บาท (ประมาณ 0.17 บาท/กิโลกรัม) พื้นที่ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนของภาคเหนือในปี 2546 ประมาณ 196,424 ไร่ ดังนั้นจะมีต้นข้าวโพดฝักอ่อนหลังการเก็บฝักมากถึง 589,272 ตัน ข้าวโพดฝักอ่อนจะถูกเก็บเกี่ยวในขณะที่ต้นยังมีสีเขียว คุณค่าทางอาหารของต้นข้าวโพดฝักอ่อนจึงค่อนข้างดี โดยมีส่วนประกอบทางเคมี คือ วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ ไขมัน เยื่อใยหยาบ ไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์ และเถ้า มีค่าเท่ากับ 25.63, 8.34, 0.85, 27.31 54.91 และ 8.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (กองอาหารสัตว์, 2547) ต้นข้าวโพดฝักอ่อนนอกจากนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสดได้ดีแล้ว ยังสามารถนำมาหมักเพื่อเก็บไว้ใช้ในยามขาดแคลนหญ้าสดได้เช่นเดียวกัน (เฉลิมเกียรติ และภัสรา, 2535) และจากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบถึงค่าการใช้ประโยชน์ได้ (utilization) ของโภชนะจากต้นข้าวโพดฝักอ่อน เมื่อนำมาเป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมที่มีผลต่อปริมาณน้ำนมที่วัดได้ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ และได้แนวทางในการในการประยุกต์ใช้แหล่งอาหารอื่นๆ เพื่อลดต้นทุนการผลิตของโคนมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะและค่าพลังงานของอาหารทดลองทั้ง 4 ชนิด โดยวิธี *In vitro* gas production technique

การหาค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ด้วยเทคนิควิธีวัดปริมาณแก๊ส (gas production technique) (Menke and Steingass, 1988)

อาหารทดลอง (Dietary treatments) 4 ชนิด ดังนี้คือ Diet 1 หญ้าเนเปียร์ Diet 2 ต้นข้าวโพดฝักอ่อนสด Diet 3 ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมัก และ Diet 4 ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักผสมกากน้ำตาล 5%

- วิเคราะห์หาโภชนะโดยใช้การวิเคราะห์แบบ Proximate analysis (AOAC., 2000)
- วิเคราะห์องค์ประกอบส่วนที่เป็นโครงสร้างของพืชโดยวิธี detergent method (Van Soest, 1982)

สัตว์ทดลอง

สัตว์ทดลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ โคลูกผสมพื้นเมืองxโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน เพศเมีย 4 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 290 กิโลกรัม ที่ได้รับการผ่าตัดเปิดท่อทางเดินอาหารบริเวณกระเพาะหมักโดยการเจาะกระเพาะฝัง rumen fistula (ทัศนีย์ และเทอดชัย, 2530) โดยโคทุกตัวอยู่ในคอกผูกยืนโรงมีที่ให้น้ำอัตโนมัติและรางอาหารแยกเฉพาะตัว โคได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง คือ 8.00 น. และ 20.00 น. เก็บน้ำจากกระเพาะหมักสัตว์อย่างน้อย 2 ตัว ผสมกันเพื่อลดความแปรปรวนจากตัวสัตว์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan' New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

การทดลองที่ 2 การศึกษาหาผลผลิตน้ำนมและการหาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

สัตว์ทดลอง

สัตว์ทดลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ โคนมลูกผสมพันธุ์พื้นเมือง×โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน จำนวน 12 ตัว ที่ระยะการให้นมใกล้เคียงกัน และมีปริมาณน้ำนมเฉลี่ยก่อนการทดลองใกล้เคียงกัน

วิธีการทดลอง

ใช้โคทดลองจำนวน 12 ตัว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 6 ตัว ตามชนิดของอาหารทดลอง

Treatment 1 ได้รับอาหารหยาบเป็นหญ้าเนเปียร์

Treatment 2 ได้รับอาหารหยาบเป็นต้นข้าวโพดฝักอ่อนสด

โคแต่ละกลุ่มทดลองจะได้รับอาหารข้นเสริมที่มีโปรตีนที่ระดับ 16% ตามปริมาณความต้องการพลังงานและโปรตีน โดยโคจะได้รับอาหารข้นวันละ 2 ครั้ง ในช่วงรีดนมเช้า-เย็น เวลา 05.00 น. และ 15.00 น.

ทำการแบ่งระยะเวลาในการทดลองเป็น 2 ระยะ ดังนี้

1) ระยะการปรับตัว (preliminary period) คือ เป็นช่วงที่ปล่อยให้โคและจุลินทรีย์ปรับตัวเข้ากับอาหารและขับถ่ายอาหารเดิมในทางเดินอาหารออกให้หมด โดยระยะนี้ใช้เวลา 14 วัน

2) ระยะการเก็บข้อมูล (collection period) ใช้เวลา 90 วัน ทำการชั่งน้ำนมทุกครั้งที่รีดนมเช้า-เย็น สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมทุกๆ 7 วัน โดยเก็บตัวอย่างน้ำนมในช่วงรีดนมตอนเช้าแล้วนำน้ำนมไปแช่ตู้เย็น และเก็บน้ำนมในช่วงรีดนมตอนเย็นแล้วนำมาผสมให้เข้ากัน เพื่อรอนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

- วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน โปรตีน แลคโตส ของแข็งทั้งหมด และของแข็งไม่รวมไขมัน โดยใช้เครื่อง Milko-scan 133 V.39 GB

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด โดยการสุ่มโคนมเข้าทดลองตามวิธี Group Comparison โดยแบ่งโคนมออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 6 ตัวตามชนิดของอาหารทดลอง หลังจากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Student' s t-test แบบ Group Comparison ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

สถานที่ทำการวิจัย

- ฟาร์มทดลองหมวดโคนม ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ประมาณ 3 เดือน ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2550 ถึงเดือน กรกฎาคม 2550

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะและค่าพลังงานของต้นข้าวโพดฝักอ่อนและอาหารทดลองโดยวิธี *In vitro* gas production technique

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองทั้ง 4 ชนิด คุณค่าทางโภชนะของหญ้าเนเปียร์ ต้นข้าวโพดฝักอ่อน ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมัก และต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักร่วมกับกากน้ำตาล 5% ประกอบด้วย ปริมาณวัตถุแห้ง 21.06, 22.58, 19.80 และ 21.41% ตามลำดับ โปรตีนหยาบ 12.01, 8.15, 6.30 และ 5.68% ตามลำดับ ไขมัน 2.89, 2.40, 3.16 และ 3.64% ตามลำดับ เถ้า 11.73, 6.56, 6.03 และ 6.26% ตามลำดับ เยื่อใยหยาบ 29.90, 31.22, 29.85 และ 25.92% ตามลำดับ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง 69.98, 66.01, 66.40 และ 56.60% ตามลำดับ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด 40.64, 42.18, 39.6 และ 36.45% ตามลำดับ และลิกนิน 5.95, 6.70, 7.29 และ 6.28% ตามลำดับ (โภชนะทั้งหมดคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของต้นข้าวโพดฝักอ่อน และอาหารทดลอง (ร้อยละของวัตถุแห้ง)

Items	Diet 1[1/]	Diet 2[1/]	Diet 3[1/]	Diet 4[1/]
DM	21.06±1.50[a]	22.58±2.29[a]	19.80±0.33[a]	21.41±1.30[a]
CP	12.01±1.24[a]	8.15±0.01[b]	6.30±0.25[c]	5.68±0.12[c]
EE	2.89±0.23[b]	2.40±0.34[c]	3.16±0.18[b]	3.64±0.27[a]
Ash	11.73±0.21[a]	6.56±0.90[b]	6.03±0.15[b]	6.26±0.02[b]

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Items	Diet 1[1/]	Diet 2[1/]	Diet 3[1/]	Diet 4[1/]
CF	29.90±1.23[a]	31.22±1.39[a]	29.85±0.46[a]	25.92±0.83[b]
NDF	69.98±1.33[a]	66.01±0.57[b]	66.40±0.64[b]	56.60±0.20[c]
ADF	40.64±0.55[a]	42.18±0.37[b]	39.69±0.20[a]	36.45±0.28[c]

[a b c]อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[1/]Diet 1 หญ้าเนเปียร์ Diet 2 ต้นข้าวโพดฝักอ่อนสด Diet 3 ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมัก และ Diet 4 ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักร่วมกับกากน้ำตาล 5%

จากการใช้เทคนิค *In vitro* gas production เพื่อหาค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ พลังงานใช้ประโยชน์ได้และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม พบว่าต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมัก มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมสูงที่สุด รองลงมาคือ ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักร่วมกับกากน้ำตาล 5% หญ้าเนเปียร์ และต้นข้าวโพดฝักอ่อนสด ตามลำดับ (P<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ในอาหารทดลองชนิดต่างๆ

Items	Diet 1[1/]	Diet 2[1/]	Diet 3[1/]	Diet 4[1/]
OMD %	55.79±2.92[a]	51.21±0.95[a]	61.83±3.44[a]	59.62±1.63[a]
ME (MJ/kg DM)	7.12±0.47[b]	6.97±0.83[b]	9.17±1.02[a]	8.83±0.15[ab]
NE_L (MJ/kg DM)	4.06±0.33[ab]	3.88±0.59[b]	5.34±0.72[a]	5.01±0.11[ab]

[a b]อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[1/]Diet 1 หญ้าเนเปียร์ Diet 2 ต้นข้าวโพดฝักอ่อนสด Diet 3 ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมัก และ Diet 4 ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักร่วมกับกากน้ำตาล 5%

การทดลองที่ 2 การศึกษาหาผลผลิตน้ำนมและการหาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

การใช้ต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหยาบสำหรับโคในระยะให้นม (ตารางที่ 3) พบว่า ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดของโคทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบ สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหยาบ (P<0.01)

ปริมาณน้ำนมของโคทดลองกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหยาบ และกลุ่มที่ได้รับหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบ ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งแสดงว่าอาหารที่ได้รับเป็นอาหารที่มีปริมาณของโภชนะที่ใกล้เคียงกัน และเพียงพอต่อการผลิตน้ำนมของโค จึงส่งผลให้โคสามารถผลิตน้ำนมได้เป็นปกติ และยังแสดงให้เราทราบด้วยว่า การใช้ต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมนั้นไม่ส่งผลกระทบในด้านลบต่อการผลิตน้ำนมของโค และยังมีแนวโน้มในการเพิ่มปริมาณน้ำนมให้มากขึ้นด้วย

ตารางที่ 3 ปริมาณอาหารที่กินได้ ปริมาณน้ำนมที่รีดได้ และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

ข้อมูลที่ศึกษา	Treatment 1[1/]	Treatment 2[2/]	%CV
จำนวนโคทดลอง(ตัว)	6	6	-
ระยะเวลาทดลอง(วัน)	90	90	-
ปริมาณอาหารที่กิน(วัตถุแห้ง),กก./ตัว/วัน			
อาหารข้น	3.64	3.50	-
อาหารหยาบ	8.03	6.93	-
อาหารทั้งหมดที่กินได้ (กก./ตัว/วัน)	11.67±0.66[a]	10.42±0.55[b]	5.51
ปริมาณอาหารทั้งหมดที่กิน (%น้ำหนักตัว)	3.32±0.34[a]	3.00±0.36[a]	-
ปริมาณน้ำนมก่อนทดลอง (กก./ตัว/วัน)	10.06±1.59[a]	9.67±1.84[a]	17.44
ปริมาณน้ำนมที่รีดได้ (กก./ตัว/วัน)	8.86±1.99[a]	8.92±1.61[a]	20.33
ปริมาณน้ำนมที่ปรับที่ 4% FCM [3/] (กก./ตัว/วัน)	9.99±1.62[a]	10.36±1.37[a]	14.60
องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม			
ไขมัน (Fat)	4.93±0.47[a]	5.51±0.84[a]	13.51
โปรตีน (Protein)	3.44±0.29[a]	3.46±0.34[a]	9.27
แลคโตส (Lactose)	4.71±0.12[a]	4.70±0.13[a]	2.70
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids)	13.77±0.68[a]	14.01±1.09[a]	6.55
ปริมาณของแข็งที่ไม่รวมไขมัน (Solids not fat)	8.85±0.24[a]	8.84±0.27[a]	2.89

[a b] ค่าแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.01)

[1/] โคทดลองกลุ่มที่ใช้หญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบ

[2/] โคทดลองกลุ่มที่ใช้ต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหยาบ

[3/] ปริมาณน้ำนมที่ปรับที่ 4% ไขมันนม (4% FCM) โดยใช้สูตรที่เสนอโดย ชวนิศนดากร (2530)

4% FCM = (0.4 × ปริมาณน้ำนมเป็นกิโลกรัม) + (15 × ไขมันในน้ำนมเป็นกิโลกรัม)

โคทดลองกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหยาบทำให้องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม ในส่วนไขมัน โปรตีน แลคโตส ปริมาณของแข็งทั้งหมด และปริมาณของแข็งไม่รวมไขมัน มีค่าใกล้เคียงกันกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบ (P>0.05)

โคทดลองกลุ่มที่ได้ต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหยาบมีต้นทุนต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ ทำให้กำไรต่อกิโลกรัมน้ำนมสูงกว่า ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ต้นทุนค่าอาหาร และกำไรจากการจำหน่ายน้ำนมดิบของโคทดลอง

ข้อมูลที่ศึกษา	Treatment 1[1/]	Treatment 2[2/]	%CV
ต้นทุนค่าอาหาร(บาท/ตัว/วัน)[3/]			
- อาหารข้น	29.00	27.84	-
- อาหารหยาบ	5.62	6.23	-

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ข้อมูลที่ศึกษา	Treatment 1[1/]	Treatment 2[2/]	%CV
ต้นทุนค่าอาหาร/วัน ของโค (บาท/ตัว/วัน)	34.62	34.07	14.09
รายได้จากการขายนม (บาท/ตัว/วัน)[4/]	129.85	134.62	14.60
กำไรที่ได้จากน้ำนมปรับที่ 4% FCM (บาท/ตัว/วัน)	95.23	100.54	15.60
กำไรที่ได้จากน้ำนมปรับที่ 4% FCM (บาท/กก.)[5/]	9.52	9.71	2.71

[1/] โคทดลองกลุ่มที่ใช้หญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบ

[2/] โคทดลองกลุ่มที่ใช้ต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหยาบ

[3/] ต้นทุนอาหารสัตว์ทดลองอาหารข้นราคา 6.96 บาท/กิโลกรัม Treatment 1 ราคา 0.70 บาท/กิโลกรัม และ Treatment 2 ราคา 0.90 บาท/กิโลกรัม

[4/] นำปริมาณน้ำนมปรับที่ 4% FCM มาคิดหารายได้

[5/] ราคาน้ำนมดิบที่ขายได้ในขณะที่ศึกษา เท่ากับ 13.00 บาท/กิโลกรัม (เดือนกรกฎาคม 2550 – เดือนกันยายน 2550)

วิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของต้นข้าวโพดฝักอ่อนและอาหารทดลอง

จากการวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนะด้วยวิธี proximate analysis ในห้องปฏิบัติการ พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของต้นข้าวโพดฝักอ่อนสด ประกอบด้วย ปริมาณวัตถุแห้ง 23.70% มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของโชค และคณะ (2534) (24.36%) ปริมาณโปรตีนหยาบ 8.28% มีค่าใกล้เคียงกับรายงานกองอาหารสัตว์ (2547) (8.34%)

สำหรับคุณค่าทางโภชนะของต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักและต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักร่วมกับกากน้ำตาล 5% เปรียบเทียบกับต้นข้าวโพดฝักอ่อนสด พบว่า ปริมาณวัตถุแห้ง (19.80 และ 21.41%) มีค่าใกล้เคียงกัน (ไม่แตกต่างกันทางสถิติ) แต่ปริมาณโปรตีนหยาบ (6.32 และ 5.68%) มีค่าต่ำกว่าต้นข้าวโพดฝักอ่อนสด (7.33%) ($P<0.05$) อาจจะเนื่องมาจากผลของการหมัก และต้นข้าวโพดฝักอ่อนที่นำมาหมักมาจากคนละแปลงกันกับต้นข้าวโพดฝักอ่อนสด

เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนะของต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักในการศึกษาครั้งนี้กับการรายงานผลการวิจัยของ Che-va-Isarakul *et al.* (2008) พบว่ามีค่าโปรตีนหยาบ ไขมัน และเถ้าต่ำกว่า (6.30, 3.16 และ 6.03% ตามลำดับ) (8.74, 4.39 และ 9.67% ตามลำดับ) แต่มีค่าอินทรียวัตถุ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลางสูงกว่า (94.61, 39.69 และ 66.40% ตามลำดับ) (90.33, 30.62 และ 55.59% ตามลำดับ) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพของต้นข้าวโพดฝักอ่อนสดก่อนนำมาทำการหมักมีความแตกต่างกันในแง่ของพื้นที่ปลูกและลักษณะการปลูก เช่น ปลูกในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์หรือไม่ และการใส่หรือไม่ใส่ปุ๋ย เป็นต้น

การประเมินค่าการย่อยได้ และพลังงานโดยวิธี *In vitro* gas production technique

การย่อยได้ของอินทรียวัตถุของต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักมีแนวโน้มสูงที่สุด (61.83%) โดยมีค่าใกล้เคียงกับหญ้ากินนี (61.50%) แต่มีแนวโน้มว่าจะมีค่าสูงกว่าหญ้าขน หญ้าสตาร์กราส และหญ้าจัมโบ้ (52.43, 54.28 และ 53.92% ตามลำดับ) ที่รายงานโดยนฤมล (2541) นอกจากนี้ต้นข้าวโพดฝักอ่อนสดยังมี

ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุสูงกว่าหญ้ารูซี่หมักร่วมกับกากน้ำตาล 5% หญ้ารูซี่หมักร่วมกับกากน้ำตาล 5%+กากมะพร้าว 5% หญ้ารูซี่หมักร่วมกับกากมะพร้าว 5% และหญ้ารูซี่หมักร่วมกับยูเรีย 3%+รำละเอียด 3% (49.72, 47.56, 46.99 และ 49.40% ตามลำดับ) ตามรายงานของสนทยา (2548)

ในส่วนของค่า ME และ NE_L เป็นไปในทิศทางเดียวกับการย่อยได้ของอินทรียวัตถุคือ ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมัก (9.17 และ 5.34 MJ/kg DM ตามลำดับ) มีค่าสูงกว่าต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักร่วมกับกากน้ำตาล 5% ต้นข้าวโพดฝักอ่อนสด และหญ้าเนเปียร์อย่างมีนัยสำคัญ (ME เท่ากับ 8.83, 7.12 และ 6.97 MJ/kgDM ตามลำดับ) (NE_L เท่ากับ 5.01, 4.06 และ 3.88 MJ/kg DM ตามลำดับ) ($P<0.05$) โดยจะสังเกตได้ว่าต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักร่วมกับกากน้ำตาล 5% มีค่า ME สูงกว่าต้นข้าวโพดฝักอ่อนสดและหญ้าเนเปียร์ ซึ่งสอดคล้องกับ สมสุข (2544) และนฤมล (2541) ที่รายงานว่าสารเสริมจำพวกคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำง่าย เช่นกากน้ำตาลจะส่งผลต่อปริมาณแก๊ส การย่อยได้ และพลังงานในพืชหมักให้สูงขึ้น และยูเรียจะทำให้พืชหมักมีสภาพเป็นด่างสูงซึ่งทำให้พันธะในเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสถูกย่อยสลายได้มากขึ้นส่งผลให้มีค่าพลังงานสูง (บุญล้อม และคณะ, 2543) เช่นเดียวกันกับรายงานของ Ibrahim and Schiere (1985) และ Wongsrikeao and Wanapat (1985) ที่ได้ศึกษาการใช้ฟางข้าวธรรมดาเปรียบเทียบกับฟางข้าวหมักยูเรีย 3% และ 6% พบว่า ฟางหมักยูเรีย 3 และ 6% มีการย่อยได้ของวัตถุแห้งและ ADF สูงกว่าฟางธรรมดา แต่ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักร่วมกับกากน้ำตาล 5% มีแนวโน้มว่าค่า ME และ NE_L ต่ำกว่าต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมัก เนื่องจากมีค่าโปรตีนหยาบและเถ้าต่ำกว่า (ตารางที่ 1) ดังนั้นเมื่อนำค่าที่ได้จากการวัดแก๊สมาเข้าสมการคำนวณหาค่าพลังงานที่เสนอโดย Menke and Steingass (1988) ซึ่งต้องใช้ค่าโปรตีนหยาบ ไขมัน และเถ้า ในการคำนวณทำให้มีค่าพลังงานต่างๆ ต่ำไปด้วย

ปริมาณอาหารที่กิน

ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดของโคทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบ และกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหยาบ ทั้งสองกลุ่มมีปริมาณอาหารที่กินต่อวันมีค่าใกล้เคียงกัน คือ เท่ากับ 11.67 และ 10.42 กิโลกรัม/ตัว/วัน ทั้งนี้เป็นอาหารข้นรวมอยู่ด้วย 3.64 และ 3.50 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามคำแนะนำของ ชวนิศนดากร (2530) ที่รายงานว่าโคนมควรได้รับอาหารหยาบไม่น้อยกว่าวันละ 3 กิโลกรัมหญ้าแห้ง หรือหญ้าสดที่มีปริมาณเทียบเท่ากับหญ้าแห้ง 3 กิโลกรัม ทั้งนี้เพื่อให้การย่อยอาหารในกระเพาะของโคเป็นไปตามปกติ แสดงว่าโคทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบ และกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหยาบ สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้ใกล้เคียงกัน

ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

จากการศึกษาปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม พบว่า ปริมาณน้ำนมในโคทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบ และกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหยาบ มีค่าเท่ากับ 8.86 และ 8.92 กิโลกรัม/ตัว/วัน หรือเท่ากับ 9.99 และ 10.36 กิโลกรัม/ตัว/วัน เมื่อปรับที่ 4% ไขมันนม ตามลำดับ โดยพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากโคทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ได้รับปริมาณโภชนะใกล้เคียงกัน และเพียงพอต่อการให้ผลผลิตน้ำนมตามศักยภาพของโค ส่งผลให้โคสามารถให้น้ำนมตามปกติ สอดคล้องกับเพ็ญศรี และคณะ (2539) ได้รายงานถึงการใช้ต้นข้าวโพดหมักร่วมกับมันเส้น 20% และต้นข้าวโพดหมักร่วมกับข้าวโพดบด 20% เปรียบเทียบกับหญ้ารูซี่หมักในโครีดนม ปรากฏว่ามี

ปริมาณน้ำนมเมื่อปรับที่ 4% ไขมันนม เท่ากับ 10.80, 9.65 และ 10.62% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05)

ในด้านองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม พบว่า ปริมาณโปรตีน แลคโตส และปริมาณของแข็งที่ไม่รวมไขมันของโคทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน (P>0.05) แต่มีปริมาณไขมัน และปริมาณของแข็งทั้งหมดในโคทดลองกลุ่มที่ 1 (4.93 และ 13.77% ตามลำดับ) มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 (5.51 และ 14.01% ตามลำดับ) เช่นเดียวกับการรายงานของบวร และคณะ (2550) ที่ใช้หญ้าเนเปียร์หมักในโครีดนม พบว่าปริมาณไขมัน และปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 4.52 และ 13.26% ตามลำดับ ดังที่เมธาและฉลอง (2533) ได้รายงานว่า การสร้างไขมันในน้ำนมของโคนม จะใช้กรดไขมันระเหยได้โดยเฉพาะกรดอะซิติก โคที่ได้รับอาหารหยาบในปริมาณที่เหมาะสม ปริมาณกรดอะซิติกที่ผลิตได้จะสูง และปริมาณไขมันในน้ำนมจะขึ้นอยู่กับปริมาณกรดอะซิติกที่ผลิตได้ และจากเทอดชัย (2540) กล่าวว่า ไขมันนมมากกว่า 50% สร้างมาจากส่วนของอาหารเยื่อใย

สรุปผลการทดลอง

การใช้ต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมสามารถใช้ทดแทนหญ้าได้ หรือในช่วงฤดูที่ขาดแคลนหญ้าที่เป็นอาหารหยาบหลัก สามารถลดต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนมและทำให้มีรายได้สูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กองอาหารสัตว์. 2547. **ตารางที่คุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์.** เอกสารคำแนะนำ. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โรงพิมพ์ชุมนุมการเกษตรแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ.

เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา และภัสรา ชวประดิษฐ์. 2535. **การผลิตข้าวโพดฝักอ่อน.** กองส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ. 24 น.

ชวนิศนดากร วรวรรณ. 2530. **การเลี้ยงโคนม.** ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

โชค มิเกล็ด นิรันดร โพธิกานนท์ และถวิล การภิญโญ. 2534. **การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบการปลูกและการนำเอาต้นและเศษเหลือจากต้นข้าวโพดฝักอ่อนมาเลี้ยงโค.** รายงานการวิจัย. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่. 18 น.

ทัศนีย์ อภิชาติสรางกูร และเทอดชัย เวียรศิลป์. 2530. การผ่าตัดใส่ท่อ Rumen Fistula ในวัวนมโดยวิธีการผ่าตัดครั้งเดียว (One Stage Operation). **เวชสารสัตวแพทย์** 17(14): 349-355.

เทิดชัย เวียรศิลป์. 2540. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่. 343 น.

นฤมล สุมาลี. 2541. **การหาค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในอาหารโคนมโดยใช้เทคนิคการวัดแก๊สแบบโฮเฮนไฮม์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

บวร เสนะเกตุ สมศักดิ์ เภาทอง และวิโรจน์ ฤทธิ์ฤาชัย. 2550. **การทดสอบการใช้หญ้าเนเปียร์หมักเลี้ยงแม่โครีดนมในฟาร์มโคนมของเกษตรกรรายย่อย.** รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี 2550. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และสมคิด พรหมมา. 2543. การปรับปรุงคุณภาพและการเก็บถนอมอาหารหยาบ. *ใน:* **เอกสารการสอนชุดวิชา หลักโภชนะศาสตร์และอาหารสัตว์ หน่วยที่ 9-15.** มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ปากเกร็ด: นนทบุรี. น. 192-205.

เพ็ญศรี ศรประสิทธิ์ จินดา สนิทวงศ์ฯ และคง ภักดีมี. 2539. **การใช้ประโยชน์ต้นข้าวโพดหลังเก็บฝักเป็นอาหารสัตว์สำหรับโครีดนม.** รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.

เมธา วรรณพัฒน์ และฉลอง วชิราภากร. 2533. **เทคนิคการให้อาหารโคเนื้อและโคนม.** ฟันนีพับบลิชชิ่ง: กรุงเทพฯ. 142 น.

สนทยา มูลศรีแก้ว. 2548. **คุณค่าทางโภชนะและการใช้ประโยชน์ได้ของหญ้าเนเปียร์หมักสำหรับโค.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

สมสุข พวงดี. 2544. **การผลิตหญ้ารูซี่หมักคุณภาพสูง การประเมินคุณค่าทางโภชนะ และความต้องการพลังงานและโปรตีนของโครีดนมลูกผสมขาวดำ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

AOAC. 2000. **Assosiation official method of analysis. AOAC International**. 17th ed. AOAC International.Maryland: USA.

Che-va-Isarakul, B., S. Promma, K.Tagan and B. Maliwan. 2008. Nutritive value and energy determination of some roughages for beef cattle. **Proceeding of International Symposium : Establishment of a Feeding Standard of Beef Cattle and Feed Database for the Indochinese peninsula.** Khon Kaen, Thailand, Aug. 6-7 2008: 29-34.

Ibrahim, M.N.M., and J.B. Schiere. 1985. Factors affecting urea-ammonia treatment. *In:* Metha Wanapat (ed.). **Relevance of crop residue utilization as animal feeds on small farms.** Ed Funny press: Bangkok. p.176-187.

Menke , K.H. and H. Steingass. 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. ***Anim. Res. Devel.*** 28: 7-55.

Steel, R. G. D. and J.H. Torrie. 1980. **Principles and procedures of statistics.** 2nd ed. McGraw-Hill Book Company, Inc.: New York.

Van Soest, P.J. 1982. **Nutrition ecology of the ruminant.** O&B Book, Inc.: Corvallis, Oregon. 337 p.

Wongsrikeao, W. and M. Wanapat. 1985. The effect of urea treatment of rice straw on the feed intake and liveweight gain of buffaloes. *In:* **The itilization of fibrous agricultural residues as animal feeds**. School of Agri. and Forestry U. of Melbourne: Parkville,Victoria. pp. 81-84.

ผลของเพศและอายุฆ่าต่อส่วนประกอบซาก และปริมาณโภชนะในเนื้อโคลูกผสม (พื้นเมือง×บราห์มัน)

Effect of Gender and Slaughter Age on Carcass Composition and Nutritive Value of the Meat from Crossbreed Cattle (Native×Brahman)

สุกัญญา พลเรือง สมปอง สรวมศิริ ไพโรจน์ ศิลมั่น และณันญรัตน์ คุ้มครอง

Sukanya Polruang, Sompong Sruamsiri, Pirote Silman and Nunyarat Koomkrong

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiangmai, Thailand 50290

E-mail: yamroll_2un10@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของเพศและอายุฆ่า ต่อส่วนประกอบซาก และปริมาณโภชนะในเนื้อโคลูกผสมพื้นเมือง วางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ เพศ (เพศผู้ และเพศเมีย) และอายุฆ่า (2-3 ปี และ 4-5 ปี) พบว่า โคลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้มีเปอร์เซ็นต์ซาก สูงกว่าโคลูกผสมพื้นเมืองเพศเมีย แต่มีเปอร์เซ็นต์กระดูกต่ำกว่า และโคลูกผสมพื้นเมืองอายุ 2-3 ปี มีเปอร์เซ็นต์กระดูกสูงกว่า โคลูกผสมพื้นเมืองอายุ 4-5 ปี แต่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำกว่า ด้านปริมาณโภชนะในเนื้อ พบว่า เนื้อโคลูกผสมพื้นเมืองเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ไขมัน และระดับคลอเรสเตอรอล สูงกว่าเนื้อโคลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้ และเนื้อโคลูกผสมพื้นเมืองอายุ 2-3 ปี มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบ สูงกว่าเนื้อโคลูกผสมพื้นเมืองอายุ 4-5 ปี

คำสำคัญ: เพศ อายุฆ่า ส่วนประกอบซาก โภชนะในเนื้อ โคลูกผสมพื้นเมือง

Abstract

The experiment was conducted to study the effect of gender (male and female) and slaughter age (2-3 and 4-5 year old) on carcass composition and nutritive value in meat from crossbreed cattle (Native x Brahman). The experiment design was 2x2 Factorial in CRD. The results showed that male had higher carcass percentage than female but lower in bone composition. Younger cattle had lower in fat but higher in bone. Female carcass had higher in fat composition and cholesterol content in meat. However, protein content in the meat of cattle slaughtered at 2-3 years was higher than slaughtered at 4-5 years old.

Key words: gender, slaughter age, carcass composition, nutritive value, crossbreed cattle

คำนำ

โคพื้นเมืองเป็นโคเนื้อส่วนใหญ่ของประเทศไทย เนื่องจากเป็นโคในท้องถิ่นจึงสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม และอาหารที่มีในท้องถิ่นได้เป็นอย่างดี โคพื้นเมืองอาจเป็นโคที่อยู่ในท้องถิ่นแต่เดิม หรือโคที่นำมาจากที่อื่นนานมาแล้ว หรือโคที่เกิดจากการผสมข้ามอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งไม่อาจแยกแยะหรือแจกแจงเข้ากับโคพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่งได้ (ยุทธชัย, 2543) สำหรับเกษตรกรการเลี้ยงโคเนื้อสามารถทำเป็นอาชีพหลัก หรืออาชีพเสริมได้ โดยเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมเลี้ยงผสมผสานไปกับการปลูกพืช ในลักษณะการเลี้ยงแบบปล่อยทุ่งทำให้โคได้รับอาหารไม่เพียงพอ มีผลต่อประสิทธิภาพด้านการสืบพันธุ์ทำให้การเจริญเติบโตช้า และใช้เวลาเลี้ยงนานขึ้น ในขณะเดียวกันเมื่อไม่สามารถให้ผลผลิตได้ดีจึงมักถูกส่งเข้าโรงฆ่าเมื่อมีอายุมาก ซึ่งจะมีผลต่อส่วนประกอบซากและปริมาณโภชนะในเนื้อสำหรับผู้บริโภค

ปัจจุบันตลาดเนื้อโคกำลังประสบปัญหาเนื่องจากการขาดแคลนเนื้อโคเพื่อบริโภคภายในประเทศ ในขณะที่มีการเพิ่มจำนวนของประชากร แต่มีการลดจำนวนลงของประชากรโคที่เป็นผลจากพื้นที่เลี้ยงโคมีแนวโน้มลดลง ทำให้เนื้อโคในตลาดส่วนใหญ่มาจากโคลูกผสมพื้นเมืองที่มีอายุและเพศแตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับเพศ และอายุโคลูกผสมพื้นเมืองที่ส่งโรงฆ่าจึงเป็นสิ่งน่าสนใจ เพื่อให้ทราบข้อมูลทางด้านส่วนประกอบซาก และปริมาณโภชนะในเนื้อของโคลูกผสมพื้นเมืองที่มีอายุฆ่า และเพศที่แตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาส่วนประกอบซากและปริมาณโภชนะในเนื้อของโคลูกผสมพื้นเมือง ดำเนินการที่โรงฆ่าสัตว์เอกชนในเขตอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือน มิถุนายน-ตุลาคม 2550 ใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (2x2 Factorial in Completely Randomized Design) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 คือเพศ และปัจจัยที่ 2 คืออายุฆ่า การประมาณอายุโคโดยดูจากจำนวนคู่ของฟันแท้ กลุ่มการทดลองมี 4 กลุ่ม ประกอบด้วย

กลุ่มที่ 1 โคลูกผสม (พื้นเมือง x บราห์มัน) เพศผู้ไม่ตอน อายุประมาณ 2-3 ปี

กลุ่มที่ 2 โคลูกผสม (พื้นเมือง x บราห์มัน) เพศผู้ไม่ตอน อายุประมาณ 4-5 ปีขึ้นไป

กลุ่มที่ 3 โคลูกผสม (พื้นเมือง x บราห์มัน) เพศเมีย อายุประมาณ 2-3 ปี

กลุ่มที่ 4 โคลูกผสม (พื้นเมือง x บราห์มัน) เพศเมีย อายุประมาณ 4-5 ปีขึ้นไป

โคที่ใช้ศึกษาเป็นโคลูกผสมที่มีสายเลือดบราห์มันไม่เกิน 62.5% โดยดูจากลักษณะเด่นจากภายนอก เช่น จมูกสีดำ หูตกเล็กน้อย เป็นต้น แต่ละกลุ่มการทดลองมี 10 ซ้ำ ทำการศึกษาส่วนประกอบซากและปริมาณโภชนะในเนื้อของโคลูกผสมพื้นเมืองที่ทำการฆ่าแบบไทย ซึ่งทำให้สลบด้วยวิธีการทุบที่บริเวณหน้าผากระหว่างเขาทั้งสองข้าง ก่อนใช้มีดแทงบริเวณหน้าอกเพื่อเอาเลือดออก แล้วเลาะเอาหนังออก โดยเริ่มจากแข้งทั้ง 4 ก่อน และใช้หนังทั้งผืนปูรองรับซากไม่ให้สกปรกมากเกินไป ก่อนผ่าท้องเพื่อเอาอวัยวะภายในออก นำไปทำความสะอาด และทำการชำแหละซากและตัดแต่งเนื้อต่อไป

ทำการชั่งน้ำหนักเนื้อแดง ไขมัน และกระดูกทั้งหมดจากซากแล้ว นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เปอร์เซ็นต์ไขมัน และเปอร์เซ็นต์กระดูกจากน้ำหนักซากอุ่น เก็บตัวอย่างเนื้อสันนอก และวัดค่า pH เนื้อโดยใช้เครื่อง pH meter (Model 191, knick, D-Berlin) และวิเคราะห์ปริมาณโภชนะในเนื้อ ตามวิธีของ AOAC (1996)

นำข้อมูลจากส่วนประกอบซาก และปริมาณโภชนะในเนื้อมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SAS, 1996)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบซาก

จากการศึกษาส่วนประกอบของซากในโคลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้ และเพศเมียที่มีอายุฆ่าต่างกัน คือ 2-3 ปี และ 4-5 ปี โดยทำการฆ่าแบบไทย พบว่าเปอร์เซ็นต์ซาก และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงมีค่าสูงขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยโคลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้ที่ฆ่าเมื่ออายุ 4-5 ปี มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซาก และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูงสุด คือ 58.04 และ 72.61% ตามลำดับ (P<0.01) แต่เปอร์เซ็นต์กระดูกในซากมีค่าลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น (P<0.01) สาเหตุเนื่องจากโคอายุน้อยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่า โดยลักษณะของการเจริญเติบโตจะเริ่มจากการเจริญเติบโตที่โครงร่าง คือ กระดูกและกล้ามเนื้อก่อน แต่เมื่อร่างกายเจริญเติบโตเต็มที่ เมื่ออายุประมาณ 3 ปี อัตราการเจริญเติบโตของร่างกายก็จะเริ่มลดลง (เมธา, 2547) สำหรับโคลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้ที่อายุฆ่า 2-3 ปี มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์กระดูกในซากสูงสุด คือ 28.77% แต่โคลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้ที่อายุฆ่า 4-5 ปี มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์กระดูกในซากต่ำสุด คือ 22.53% ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์กระดูกของโคจากการทดลองมีค่าระหว่าง 22.53-28.77% ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ เยาวลักษณ์ (2536) รายงานว่า ซากของโคมีกระดูกประมาณ 12-30% ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Effect of gender and slaughter age on carcass composition (mean±SE.)

Carcass composition	Male		Female		Sig	Sig	
	2-3 years	4-5 years	2-3 years	4-5 years		Gender	Age
Cattle (n)	10	10	10	10			
Body weight	223.90±10.73	287.25±12.68	243.26±11.00	304.98±13.30	ns	ns	**
Carcass (%)	53.96±0.79^{bc}	58.04±1.03^{a}	55.07±0.9^{ab}	50.56±1.08^{c}	**	**	ns
Meat (%)	69.14±0.87^{b}	72.61±0.76^{a}	69.83±0.80^{b}	68.78±0.78^{b}	**	ns	ns
Bone (%)	28.77±0.93^{a}	22.53±1.17^{b}	28.43±0.72^{a}	28.62±0.72^{a}	**	**	**
Fat (%)	2.64±0.16	4.96±0.64	3.36±0.51	4.70±0.63	ns	ns	**
pH	6.81±0.70	6.82±0.10	7.27±0.14	6.89±0.18	ns	ns	ns

** Means within row showing different superscript are highly significant difference (P<0.01)

ns Means within row showing non significant

โคลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้ และโคลูกผสมพื้นเมืองเพศเมียมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซาก และเปอร์เซ็นต์กระดูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยโคลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่าโคลูกผสมพื้นเมืองเพศเมีย แต่ในทางตรงกันข้าม โคลูกผสมพื้นเมืองเพศเมียมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์กระดูกสูงกว่าโคลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้ เนื่องจากผลของฮอร์โมน Estrogen ในโคเพศเมีย ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของโคเพศเมีย ต่ำกว่าอัตราการเจริญเติบโตของโคเพศผู้มาก (เมธา, 2547) นอกจากนี้ฮอร์โมน Testosterone ที่ผลิตจากลูกอัณฑะในเพศผู้นอกจากจะมีฤทธิ์แสดงลักษณะเพศผู้แล้ว ฮอร์โมน Testosterone ยังมีฤทธิ์ในการเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีน โดยกระตุ้นให้ร่างกายสะสมโปรตีน โดยเฉพาะส่วนกล้ามเนื้อ และลดการสันดาปโปรตีนในเซลล์ หรือลดการใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงาน (พรทิพย์ และจีรนันท์, 2550) จึงทำให้เพศผู้มีร่างกายและส่วนกล้ามเนื้อที่ใหญ่โตกว่าเพศเมีย ดังแสดงใน Table 2

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักมีชีวิตของโคลูกผสมพื้นเมืองที่อายุฆ่า 4-5 ปี สูงกว่าโคลูกผสมพื้นเมืองที่อายุฆ่า 2-3 ปี (P<0.01) เนื่องมาจากโคที่อายุน้อยยังมีการเจริญเติบโตไม่เต็มที่ โดยทั่วไปโคจะมีการเจริญเติบโตเต็มที่เมื่ออายุประมาณ 3 ปี (เมธา, 2547) เมื่อเปรียบเทียบอายุฆ่าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์กระดูกของโคลูกผสมพื้นเมืองที่อายุฆ่า 2-3 ปี สูงกว่าโคลูกผสมพื้นเมืองที่อายุฆ่า 4-5 ปี แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันของโคลูกผสมพื้นเมืองที่อายุฆ่า 4-5 ปี สูงกว่าโคลูกผสมพื้นเมืองที่อายุฆ่า 2-3 ปี เนื่องจากมีการสะสมไขมันตามส่วนต่างๆ ของร่างกายเพิ่มขึ้นตามอายุ เช่น ไขมันรอบซาก และไขมันระหว่างมัดกล้ามเนื้อ เป็นต้น ดังแสดงใน Table 3

Table 2 Effect of gender on carcass composition (mean±SE.)

Carcass composition	Gender		Sig
	Male	Female	
Cattle (n)	20	20	
Body weight	255.57±10.87	274.12±10.99	ns
Carcass (%)	56.00±0.79	52.82±0.84	**
Meat (%)	70.89±0.69	69.31±0.56	ns
Bone (%)	25.65±1.02	28.53±0.50	**
Fat (%)	3.80±0.42	4.03±0.42	ns
pH	6.82±0.06	7.08±0.12	ns

** Highly significant difference (P<0.01)

ns Non significant

Table 3 Effect of slaughter age on carcass composition (mean±SE.)

Carcass composition	Slaughter age		Sig
	2-3 years	4-5 years	
Cattle (n)	20	20	
Body weight	233.58±7.80	296.12±9.17	**
Carcass (%)	54.51±0.61	54.30±1.09	ns
Meat (%)	69.49±0.58	70.70±0.69	ns
Bone (%)	28.60±0.57	25.58±0.95	**
Fat (%)	3.00±0.27	4.83±0.43	**
pH	7.04±0.09	6.86±0.10	ns

** Highly significant difference (P<0.01)

ns Non significant

ปริมาณโภชนะในเนื้อโค

จากการศึกษาปริมาณโภชนะในเนื้อของโคลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้ และเพศเมียที่ฆ่าเมื่ออายุต่างกัน คือ 2-3 ปี และ 4-5 ปี โดยทำการฆ่าแบบไทย พบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบมีแนวโน้มลดลง เมื่ออายุเพิ่มขึ้น (P>0.05) ดังแสดงใน Table 4 โดยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบของโคทุกเพศ และอายุฆ่า มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 20.34-22.52% สอดคล้องกับรายงานของกลุ่มวิจัยและพัฒนาโคเนื้อ (2550) รายงานว่าเนื้อโคมีโปรตีนประมาณ 15-25% จากการศึกษาพบว่า เพศโคที่ต่างกันมีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันและระดับคลอเรสเตอรอลในเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยเนื้อโคเพศเมียมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมัน (1.43%) สูงกว่าเนื้อโคเพศผู้ (0.57%) เนื่องจากโคสาวจะสะสมไขมันได้ง่ายกว่า โคหนุ่มหรือโคหนุ่มที่ตอน และโครุ่นเพศเมียจะโตเต็มที่ (เริ่มสะสมไขมัน) ก่อนโครุ่นเพศผู้ประมาณ 1 เดือน (เยาวลักษณ์, 2536) จาก Table 5 จะเห็นได้ว่าเนื้อโคเพศเมียมีค่าเฉลี่ยระดับคลอเรสเตอรอล 66.19 mg/100g สูงกว่าเนื้อโคเพศผู้ 40.77 mg/100g ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยสอดคล้องกับรายงานของพร้อมลักษณ์ (2550) รายงานว่าเนื้อโคพื้นเมืองมีระดับคลอเรสเตอรอล ประมาณ 39.02 mg/100g และมีค่าต่ำกว่าระดับคลอเรสเตอรอลในเนื้อโคขุน จากรายงานของปรียา (2545) รายงานว่าเนื้อโคสุกมีระดับคลอเรสเตอรอล 86 mg/100g

Table 4 Effect of gender and slaughter age on nutritive value (mean±SE.)

Nutrition	Male		Female		Sig	Sig	
	2-3 years	4-5 years	2-3 years	4-5 years		Gender	Age
Cattle (n)	10	10	10	10			
DM (%)	23.35±0.21	24.07±0.31	24.38±0.46	24.53±0.59	ns	ns	ns
Ash (%)	1.18±0.04	1.33±0.04	1.22±0.02	1.34±0.13	ns	ns	ns
CP (%)	22.33±0.51	21.85±0.38	22.52±0.26	20.34±0.50	ns	ns	**
EE (%)	0.54±0.07	0.60±0.07	1.18±0.20	1.68±0.30	ns	**	ns
Cholesterol (mg/100g)	39.63±4.28	41.91±6.28	57.17±3.89	75.22±7.29	ns	**	ns
Collagen (mg/g)	4.10±0.14	4.38±0.11	4.01±0.10	4.26±0.21	ns	ns	ns
Energy (cal/g)	5,202.0±77.32	5,092.0±42.65	5,220.0±128.28	5,219.0±90.11	ns	ns	ns

** Highly significant difference (P<0.01)

ns Non significant

Table 5 Effect of gender on nutritive value (mean±SE.)

Nutrition	Gender		Sig
	Male	Female	
Cattle (n)	20	20	
DM (%)	23.71±0.20	24.45±0.36	ns
Ash (%)	1.26±0.03	1.28±0.06	ns
CP (%)	22.09±0.32	21.43±0.37	ns
EE (%)	0.57±0.05	1.43±0.19	**
Cholesterol (mg/100g)	40.77±3.71	66.19±4.52	**
Collagen (mg/g)	4.24±0.09	4.13±0.12	ns
Energy (cal/g)	5,147.2±44.79	5,220.0±76.29	ns

** Highly significant difference (P<0.01)

ns Non significant

เนื้อโคที่มีอายุฆ่า 2-3 ปี มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบ สูงกว่าเนื้อโคที่มีอายุฆ่า 4-5 ปี (P<0.01) แต่ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันของเนื้อโคที่ฆ่าเมื่ออายุ 4-5 ปี มีแนวโน้มสูงกว่าเนื้อโคที่ฆ่าเมื่ออายุ 2-3 ปี (P>0.05) ดังแสดงใน Table 6 เนื่องจากปริมาณไขมันในเนื้อเป็นตัวแปรสำคัญของปริมาณโปรตีนในเนื้อ หากในเนื้อมีปริมาณไขมันมากจะทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง (ชัยณรงค์, 2529)

Table 6 Effect of slaughter age on nutritive value (mean±SE.)

Nutrition	Slaughter age		Sig
	2-3 years	4-5 years	
Cattle (n)	20	20	
DM (%)	23.35±0.27	24.07±0.33	ns
Ash (%)	1.20±0.02	1.34±0.06	ns
CP (%)	22.42±0.28	21.09±0.35	**
EE (%)	0.86±0.13	1.14±0.19	ns
Cholesterol (mg/100g)	48.40±3.46	58.56±6.04	ns
Collagen (mg/g)	4.05±0.08	4.32±0.11	ns
Energy (cal/g)	5,211.2±72.92	5,156.1±50.68	ns

** Highly significant difference (P<0.01)

ns Non significant

สรุปผลการทดลอง

1. โคลูกผสมพื้นเมืองที่มีอายุมาก (4-5 ปี) มีเปอร์เซ็นต์กระดูกต่ำกว่าโคลูกผสมพื้นเมืองที่มีอายุน้อย (2-3 ปี) แต่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่า และโคลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้มีเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่าโคลูกผสมพื้นเมืองเพศเมีย แต่มีเปอร์เซ็นต์กระดูกต่ำกว่า

2. เนื้อโคลูกผสมพื้นเมืองที่มีอายุน้อย มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบในเนื้อสูงกว่าเนื้อโคลูกผสมพื้นเมืองทีมีอายุมาก และเนื้อโคลูกผสมพื้นเมืองเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ไขมัน และระดับคลอเรสเตอรอลในเนื้อสูงกว่าเนื้อโคลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยและพัฒนาโคเนื้อ. 2550. **การผลิตโคเนื้อคุณภาพ.** กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ. 74 น.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์.** โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด: กรุงเทพฯ. 276 น.

ปรียา ลีพหกุล. 2545. ลดระดับโคเลสเตอรอลด้วยอาหาร. **ฉลาดบริโภค วารสารเพื่อผู้บริโภค.** 27: 28-33.

พรทิพย์ เชื้อมโนชาญ และจีรนันท์ ปากองวัน. 2550. **ฮอร์โมนเสริมสร้างกล้ามเนื้อ.** จาก *http://www.pharmacy.cmu.ac.th/dic/newsletter/newpdf/newsletter9_1/anabolic%20hormone.pdf* [24 พฤษภาคม 2551].

พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล. 2550. **องประกอบทางเคมีที่ให้คุณค่าทางโภชนาการในเนื้อโค.** ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. จาก *http://rescom2006.trf.or.th/display/show_colum_print.php?id_colum=2088* [24 พฤษภาคม 2551].

เมธา วรรณพัฒน์. 2547. **การผลิตโคเนื้อและกระบือในเขตร้อน.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ขอนแก่น. 208 น.

ยุทธชัย นุชาญรัมย์. 2543. **การศึกษาลักษณะทางเศรษฐกิจของโคพื้นเมือง.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี: อุบลราชธานี. 73 น.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง: กรุงเทพฯ. 135 น.

AOAC. 1996. **Official method of analysis.** Association of official analytical chemists: Arlington, VA, USA.

SAS, Institute. 1996. **SAS for windows User's Guide, Release 6.12.** Statistical Analysis System Institute Inc.: Cary, North, USA.

ผลของวิธีการฆ่าและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพเนื้อและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อโค

Effect of Slaughter Methods and Storage Time on Meat Quality and Microbial Count in Beef

ณันญรัตน์ คุ้มครอง สมปอง สรวมศิริ ไพโรจน์ ศีลมั่น และสุกัญญา พลเรือง

Nunyarat Koomkrong, Sompong Sruamsiri, Pirote Silman and Sokanya Polruang

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

E-mail: niinun@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของวิธีฆ่าและระยะเวลาเก็บรักษาต่อคุณภาพเนื้อและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อโค วางแผนการทดลองแบบ 2×3 Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ วิธีการฆ่า 2 วิธี (แบบอิสลาม และแบบไทย) และระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหลังฆ่า 3 ระยะเวลา (0, 6 และ 12 ชั่วโมง) พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่นานขึ้นมีผลให้ค่า pH ของเนื้อลดลง แต่ค่าสี L* และ b* มีค่าสูงขึ้น เนื้อโคมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวม ตลอดจนเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella* ในระดับที่เกินมาตรฐานค่อนข้างมาก โดยเนื้อโคที่ฆ่าแบบอิสลามมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์รวมน้อยกว่าเนื้อโคที่ฆ่าแบบไทย แต่มีการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* มากกว่า นอกจากนี้ระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อนานขึ้นมีผลให้พบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์รวม และ *Escherichia coli* เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: อายุฆ่า ระยะเวลาการเก็บรักษา คุณภาพเนื้อ ปริมาณจุลินทรีย์ เนื้อโค

Abstract

The study of slaughter methods and storage time on meat quality and microbial count in beef was conducted using 2×3 Factorial in CRD. Factor one was slaughter methods (Muslim style vs Thai style) while factor two was storage time (0 vs 6 and 12 hour). The results showed that the pH value of the meat decreased when storage time increased but meat colour as L* and b* values increased. Total plate count as well as *Escherichia coli* and *Salmonella* contamination in beef were higher than the standard level. Meat from Muslim style had lower total plate count than meat from Thai style but higher in *Salmonella*. Increased storage time also increased total plate count and *Escherichia coli* in meat.

Key words: slaughter age, storage time, meat quality, microbial population, beef

คำนำ

เนื้อโคพื้นเมืองจัดเป็นแหล่งอาหารโปรตีนเพื่อสุขภาพเนื่องจากมีโปรตีนสูงและไขมันต่ำ ทำให้พลังงานที่ได้จากการบริโภคเนื้อต่ำด้วย (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2550) โดยทั่วไปตลาดเนื้อโคพื้นเมืองเป็นตลาดระดับล่างที่ผู้บริโภคสามารถหาซื้อได้จากตลาดสดหรือเขียงเนื้อในตลาดทั่วไปเนื่องจากเนื้อโคที่บริโภคกันอยู่ในปัจจุบันเป็นเนื้อที่ได้จากโรงฆ่าที่ไม่ได้มาตรฐาน หรือโรงฆ่าแบบพื้นบ้าน จึงมีความเสี่ยงสูงต่อการติดเชื้อและเกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร เช่น ท้องร่วง ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ หรือโลหิตเป็นพิษ เป็นต้น (พรศิริ และอนิรุธ, 2548) ซึ่งนับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญทางสาธารณสุขอย่างหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากเป็นโรคติดต่อระหว่างสัตว์และคนที่ทำให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมาก โดยโรคที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารมีการกระจายเชื้อจากสัตว์ไปสู่ผู้บริโภคที่บริโภคเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ที่ไม่สะอาดได้

ขั้นตอนวิธีการฆ่าโคนับเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ เนื่องจากการฆ่าโคพื้นเมืองโดยทั่วไปไม่ว่าจะเป็นวิธีการฆ่าแบบไทย หรือแบบอิสลาม เป็นวิธีการฆ่าที่ไม่ได้มาตรฐานเพราะทำการฆ่าบนพื้น และปัจจุบันการขาดแคลนเนื้อโคก็มีผลให้มีการนำโคอายุต่างๆ กันมาฆ่า เพื่อผลิตเนื้อให้เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการฆ่าและระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อต่อคุณภาพเนื้อและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อโค จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการผลิตเนื้อโคพื้นเมืองให้มีคุณภาพ และทำให้คุณภาพชีวิตของผู้บริโภคดีขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาคุณภาพเนื้อและปริมาณจุลินทรีย์ในเนื้อโคพื้นเมือง ที่โรงฆ่าสัตว์เอกชนในเขตอำเภอเมือง และอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือน สิงหาคม 2550-เมษายน 2551 โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (2×3 Factorial in CRD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ วิธีการฆ่า (แบบอิสลาม และแบบไทย) ปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหลังการฆ่า (0, 6 และ 12 ชั่วโมง) แต่ละกลุ่มการทดลองทำ 10 ซ้ำ กลุ่มการทดลองมี 6 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 เนื้อโคจากการฆ่าแบบอิสลาม และเก็บรักษาเนื้อ 0 ชั่วโมง
กลุ่มที่ 2 เนื้อโคจากการฆ่าแบบอิสลาม และเก็บรักษาเนื้อ 6 ชั่วโมง
กลุ่มที่ 3 เนื้อโคจากการฆ่าแบบอิสลาม และเก็บรักษาเนื้อ 12 ชั่วโมง
กลุ่มที่ 4 เนื้อโคจากการฆ่าแบบไทย และเก็บรักษาเนื้อ 0 ชั่วโมง
กลุ่มที่ 5 เนื้อโคจากการฆ่าแบบไทย และเก็บรักษาเนื้อ 6 ชั่วโมง
กลุ่มที่ 6 เนื้อโคจากการฆ่าแบบไทย และเก็บรักษาเนื้อ 12 ชั่วโมง

เนื้อโคที่ใช้ศึกษาเป็นเนื้อสันนอกจากโคลูกผสม (พื้นเมือง×บราห์มัน) เพศผู้ อายุ 2-3 ปี โดยทำการฆ่าแบบไทย และแบบอิสลาม เก็บตัวอย่างเนื้อมาวัดค่า pH ในเนื้อ โดยใช้เครื่อง pH meter (Model 191, knick, D-Berlin) วัดสีเนื้อ L* a* b* โดยใช้เครื่อง Colorimeter Model JC 801 และความสามารถในการอุ้มน้ำตามวิธีของสัญชัย (2543) การวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวม *Escherichia coli* และ *Salmonella* ทำตามวิธีของไพโรจน์ (2545) โดยนำเนื้อสันนอกที่บดแล้วจำนวน 25 กรัม บ่มกับสารละลายบัฟเฟอร์เพปโตน 225 มิลลิลิตร เป็นเวลา 18 ชั่วโมง เพื่อช่วยให้เชื้อที่อ่อนแอปรับสภาพให้อยู่ในสภาวะที่สมบูรณ์

จากนั้นทำการเจือจาง แล้วนำมาเพาะเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี spread plate โดยถ่ายเชื้อจากสารละลายตัวอย่างลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI-agar, EMB agar และ SS-agar จากนั้นใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยม (spreader) เกลี่ยเชื้อให้ทั่วอาหาร นำไปบ่มเพาะเชื้อเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง และนับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 3 ชนิด โดยเชื้อจุลินทรีย์รวมจะขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI-agar เชื้อ *Escherichia coli* ขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ EMB agar และเชื้อ *Salmonella* ขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ SS-agar

ข้อมูลที่ได้นำมาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของกลุ่มทดลองตามแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรม SAS/ for windows 6.12 (SAS, 1996)

ผลการทดลองและวิจารณ์

คุณภาพเนื้อ

จากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ย pH ของเนื้อ และค่าสีเนื้อ b* (สีเหลือง) ของกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงใน Table 1 โดยค่าสีเนื้อ b* ในเนื้อโคที่ทำการฆ่าแบบไทยมีค่าสูงกว่าเนื้อโคที่ทำการฆ่าแบบอิสลาม เช่นเดียวกับค่า L* (ความสว่าง) ที่มีแนวโน้มสูงขึ้น ดังนั้นเนื้อโคที่ทำการฆ่าแบบไทยจะมีสีซีดกว่าเนื้อโคที่ทำการฆ่าแบบอิสลาม ซึ่งเป็นผลจากโคที่ทำการฆ่าแบบไทยต้องทำให้โคสลบก่อนโดยการใช้ไม้หรือค้อนทุบหัว ทำให้สัตว์เกิดความเครียดก่อนถูกฆ่า ทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง และมีน้ำไหลซึมออกนอกเส้นใย พาเอาไมโอโกลบินออกมานอกเซลล์ด้วย ทำให้เนื้อมีสีซีดจาง (ชัยณรงค์, 2529) นอกจากนี้การเกิดความเครียดยังส่งผลให้ไกลโคเจน (glycogen) ในกล้ามเนื้อและตับถูกนำมาใช้เป็นพลังงานในการรักษาสมดุลของสภาพร่างกาย ดังนั้นค่า pH ของเนื้อที่ 0 ชั่วโมงหลังฆ่าแบบไทยจึงสูงกว่าแบบอิสลาม ทั้งนี้เพราะเนื้อโคจากการฆ่าแบบไทยมีปริมาณกรดแลคติกน้อย เนื่องจากไกลโคเจนถูกใช้ไปก่อนสัตว์ตาย (สุรชัย, 2550)

ระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อในสภาพตั้งทิ้งไว้ให้เนื้อสัมผัสอากาศที่อุณหภูมิห้องที่ 37°C ภายในห้องทดลอง พบว่ามีผลต่อค่า pH และค่าสี L* และ b* โดยค่า pH หลังจากฆ่ามีค่าเท่ากับ 7.28 และมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา คือ 6 และ 12 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 6.33 และ 5.90 ตามลำดับ ค่า pH ที่ลดลงน่าจะเป็นผลจากปริมาณกรดแลคติกในเนื้อที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อสัตว์ถูกฆ่าและเลือดถูกกำจัดออกทำให้ไม่มีการส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อ ดังนั้นขบวนการสร้าง ATP ผ่านกระบวนการใช้ออกซิเจนจึงหยุดลง แต่มีการสร้าง ATP จากไกลโคเจนในกล้ามเนื้อโดยขบวนการไม่ใช้ออกซิเจนแทน จึงมีผลให้มีกรดแลคติกสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ค่า pH ในเนื้อลดลง (สุรชัย, 2550)

Table 1 Effect of slaughter methods and storage time on meat quality

Meat quality	Muslim style			Thai style			Sig	Sig	
	0 h	6 h	12 h	0 h	6 h	12 h		Method	Time
Cattle (n)	10	10	10	10	10	10			
pH	6.96±0.17[b]	6.43±0.13[c]	6.07±0.15[cd]	7.59±0.07[a]	6.23±0.07[c]	5.73±0.08[d]	**	ns	**
Drip loss (%)	4.60±0.39	4.62±0.60	5.48±0.57	4.58±0.67	4.37±0.50	5.47±0.83	ns	ns	ns
Meat colour									
Lightness (L*)	36.82±0.50	38.94±0.74	40.84±0.86	37.89±0.68	40.50±0.67	40.17±0.74	ns	ns	**
Red (a*)	16.85±0.40	17.25±0.51	18.19±0.40	17.99±0.68	17.43±0.83	17.44±0.86	ns	ns	ns
Yellow (b*)	1.23±0.16[d]	2.72±0.36[c]	4.49±0.34[a]	3.02±0.36[bc]	3.27±0.35[abc]	4.15±0.35[ab]	**	*	**

** Means within row showing different superscript are highly significant difference (P<0.01)

* Means within row showing different superscript are significant difference (P<0.05)

[ns] Means within row showing non significant

ด้านสีของเนื้อโคพบว่าค่า L* และ b* เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นทั้งในโคที่ทำการฆ่าแบบอิสลามและแบบไทย เนื่องจาก ค่า L* จะมีความสัมพันธ์กับค่า pH ซึ่งเนื้อที่มีค่า pH ลดลงมากจะมีค่า L* สูงขึ้น (จุฑารัตน์ และคณะ, 2548) โดยเมื่อเก็บเนื้อเป็นระยะเวลานานขึ้นค่า pH จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้ค่า L* ในเนื้อสูงขึ้น สอดคล้องกับ Zhang *et al.* (2005) ที่รายงานว่าเนื้อโคที่มีค่า pH ต่ำ (5.40-5.79) จะมีค่า L* เท่ากับ 39.3 ในขณะที่เนื้อที่มีค่า pH สูง (6.10-6.79) จะมีค่า L* เท่ากับ 36.7 นอกจากนี้กลุ่มวิจัยและพัฒนาโคเนื้อ (2550) รายงานว่าเนื้อที่มีค่า pH ต่ำ (น้อยกว่า 5.6) จะมีสีสด แต่หากมีค่า pH สูง (มากกว่า 6.5) เนื้อจะมีสีคล้ำ จากการศึกษาพบว่าค่า b* สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Oliete *et al.* (2006) ที่รายงานว่าเนื้อที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน จะมีค่าสีเนื้อ a* และ b* สูงกว่าเนื้อที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษา 1 วัน

ค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น (Drip loss) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นทั้งในเนื้อโคที่ทำการฆ่าแบบอิสลามและแบบไทย เนื่องจากเนื้อที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นจะมีกรดแลคติกสูง (pH ต่ำ) จึงมีผลทำให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อลดลง ดังนั้นค่าการสูญเสียน้ำจึงเพิ่มสูงขึ้น (ชัยณรงค์, 2529) สอดคล้องกับ Zhang *et al.* (2005) ที่รายงานว่าเนื้อโคที่มีค่า pH สูง (6.10-6.79) จะมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสูงกว่าเนื้อโคที่มีค่า pH ต่ำ (5.40-5.79)

Table 2 Effect of slaughter methods on meat quality

Meat quality	Slaughter methods		Sig
	Muslim style	Thai style	
Cattle (n)	30	30	
pH	6.48±0.11	6.52±0.15	ns
Drip loss (%)	4.90±0.30	4.80±0.39	ns
Meat colour			
Lightness (L*)	38.87±0.50	39.52±0.44	ns
Red (a*)	17.43±0.26	17.62±0.44	ns
Yellow (b*)	2.81±0.30[b]	3.48±0.22[a]	*

* Means within row showing different superscript are significant difference (P<0.05)

[ns] Means within row showing non significant

Table 3 Effect of storage time on meat quality

Meat quality	Storage time (h)			Sig
	0	6	12	
Cattle (n)	20	20	20	
pH	7.28±0.11[a]	6.33±0.08[b]	5.90±0.09[c]	**
Drip loss (%)	4.59±0.38	4.49±0.38	5.48±0.49	ns
Meat colour				
Lightness (L*)	37.35±0.43[b]	39.72±0.52[a]	40.50±0.55[a]	**
Red (a*)	17.42±0.40	17.34±0.47	17.81±0.47	ns
Yellow (b*)	2.12±0.28[b]	3.00±0.25[b]	4.32±0.24[a]	**

** Means within row showing different superscript are highly significant difference (P<0.01)

[ns] Means within row showing non significant

ปริมาณจุลินทรีย์ในเนื้อ

การศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมโดยวิธี Total Plate Count ตลอดจนปริมาณเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella* ในเนื้อโค พบว่า เนื้อโคที่ได้จากการฆ่าแบบพื้นบ้านทั้งการฆ่าแบบไทยและแบบอิสลามที่ใช้ซื้อขายกันอยู่ในปัจจุบันมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในระดับที่เกินมาตรฐานที่กรมปศุสัตว์ และกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ค่อนข้างมาก โดยมาตรฐานดังกล่าวระบุว่า ควรมีปริมาณจุลินทรีย์รวมไม่เกิน 5.0×10^{6} CFU/กรัม *Escherichia coli* ไม่เกิน 50 CFU/กรัม และต้องไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. ซึ่งจากการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมทั้งในโคที่ฆ่าแบบอิสลามและแบบไทยที่ 0 ชั่วโมง (หลังฆ่า) มีค่าเท่ากับ 7.01×10^{23} CFU/กรัม ค่าเฉลี่ยเชื้อ *Escherichia coli* เท่ากับ 6.54×10^{30} CFU/กรัม และ *Salmonella* เท่ากับ 3.07×10^{6} CFU/กรัม ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 6

จากการสังเกตพบว่าเชื้อ *Escherichia coli* มีปริมาณสูงกว่าเชื้อจุลินทรีย์รวมมาก เป็นผลจากอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะประเภท differential medium ซึ่งเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้แยกเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากจะขัดขวางการเจริญของ gram-positive และแบคทีเรียที่ไม่ต้องการ จึงทำให้เชื้อ *Escherichia coli* เจริญได้ดี (บัญญัติ, 2534)

การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณมากนี้อาจมีผลเนื่องจากเนื้อโคในการทดลองนี้เป็นเนื้อจากโคที่ทำการฆ่าแบบพื้นบ้าน ซึ่งจะทำการฆ่าและชำแหละซากบนพื้นโรงฆ่าที่ไม่ได้มีการทำความสะอาด ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ตามพื้นโรงฆ่าเข้ามาปนเปื้อนในเนื้อได้ง่าย นอกจากนี้เครื่องมือและน้ำที่ใช้ในโรงฆ่าก็ไม่ได้ทำการฆ่าเชื้อ จึงมีเชื้อจุลินทรีย์เข้าไปปนเปื้อนในเนื้อได้ ที่สำคัญโคก่อนที่จะทำการฆ่าไม่ได้อดอาหาร จึงทำให้มีอาหารอยู่ในระบบทางเดินอาหารมาก มีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์จากมูลปนเปื้อนเข้าไปในซากได้ ซึ่งหากผู้บริโภคบริโภคเนื้อที่ไม่ผ่านกรรมวิธีในการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารได้ สอดคล้องกับอุมาพร (2546) ที่รายงานว่ากล้ามเนื้อสัตว์ขณะมีชีวิตจะปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากสัตว์มีระบบภูมิคุ้มกันตามธรรมชาติ โดยการหมุนเวียนของโลหิต แต่เมื่อสัตว์ถูกฆ่าทำให้การหมุนเวียนของโลหิตหยุดชะงักลง และต้องผ่านขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การฆ่า การชำแหละ ทำให้เนื้อเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น

Table 4 Effect of slaughter methods and storage time on microbial count

Microbial count	Muslim style			Thai style			Sig	Sig	
(CFU/g)	0 h	6 h	12 h	0 h	6 h	12 h		Method	Time
Cattle (n)	10	10	10	10	10	10			
Total plate count	3.76×10^{23}	4.60×10^{23}	4.76×10^{23}	1.03×10^{24}	1.02×10^{24}	1.09×10^{24}	ns	**	ns
Escherichia coli	6.91×10^{30}	7.86×10^{30}	8.13×10^{30}	6.17×10^{30}	7.86×10^{30}	8.11×10^{30}	ns	ns	ns
Salmonella	4.76×10^{6}	4.48×10^{6}	3.08×10^{6}	1.38×10^{6}	1.65×10^{6}	1.80×10^{6}	ns	**	ns

** Highly significant difference (P<0.01)

ns Non significant

Table 5 Effect of slaughter methods on microbial count

Microbial count (CFU/g)	Slaughter methods		Sig
	Muslim style	Thai style	
Cattle (n)	30	30	
Total plate count	4.37×10^{23}	1.04×10^{24}	**
Escherichia coli	7.63×10^{30}	7.38×10^{30}	ns
Salmonella	4.11×10^{6}	1.61×10^{6}	**

** Highly significant difference (P<0.01)

ns Non significant

จาก Table 5 พบว่า เนื้อโคที่ทำการฆ่าแบบอิสลามจะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมน้อยกว่าเนื้อโคที่ทำการฆ่าแบบไทย เนื่องจากการฆ่าโคแบบอิสลามใช้วิธีการปาดคอเพื่อเอาเลือดออก โดยทำในขณะที่โคยังมีชีวิต ซึ่งระบบหมุนเวียนโลหิตยังทำงาน จึงทำให้เลือดออกจากร่างกายได้มากและรวดเร็วกว่าโคที่ทำการฆ่าแบบไทย ซึ่งต้องทำให้โคสลบก่อนโดยการใช้ไม้หรือค้อนทุบหัว ทำให้สัตว์เกิดความเครียดก่อนฆ่า มีผลต่อการสูบฉีดโลหิตของหัวใจแรงขึ้นเพื่อพยายามปรับตัวให้คงความมีชีวิตไว้โดยพยายามกักเก็บและรักษาเลือดไว้ในกล้ามเนื้อและอวัยวะต่างๆ ดังนั้นเนื้อโคที่ทำการฆ่าแบบไทยจึงมีเลือดตกค้างอยู่ในกล้ามเนื้อมากกว่า ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในเนื้อมีมาก เนื่องจากเลือดเป็นอาหารที่ดีที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (กลุ่มวิจัยและพัฒนาโคเนื้อ, 2550) แต่จากการศึกษาปริมาณเชื้อ *Salmonella* พบว่าเนื้อโคที่ทำการฆ่าแบบอิสลามมีการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* มากกว่าเนื้อโคที่ทำการฆ่าแบบไทย น่าจะเป็นผลมาจากขั้นตอนการชำแหละและตัดแต่งซากที่ไม่สะอาด และมูลจากระบบทางเดินอาหารมีการสัมผัสกับซากและเนื้อที่ทำการชำแหละ (อุมาพร, 2546)

Table 6 Effect of storage time on microbial count

Microbial count (CFU/g)	Storage time (h)			Sig
	0	6	12	
Cattle (n)	20	20	20	
Total plate count	7.01×10^{23}	7.37×10^{23}	7.83×10^{23}	ns
Escherichia coli	6.54×10^{30}	7.86×10^{30}	8.12×10^{30}	ns
Salmonella	3.07×10^{6}	3.07×10^{6}	2.44×10^{6}	ns

ns Non significant

นอกจากนี้ ยังพบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อมีผลทำให้การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเนื้อที่มีระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นจะมีแนวโน้มการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์รวม และ *Escherichia coli* เพิ่มขึ้น ดังแสดงใน Table 6 ซึ่งเป็นผลมาจากเชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาเนื้อในการทดลองนี้ คือ ที่อุณหภูมิห้อง 37°ซ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้ระยะเวลาในการแบ่งตัวของเชื้อจุลินทรีย์ลดลง และเนื้อโคยังเป็นแหล่งโปรตีนสูงจึงทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถใช้เป็นอาหารได้ ดังนั้นเมื่อเก็บรักษาเนื้อเป็นระยะเวลานานขึ้นจึงทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อเพิ่มจำนวนขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Li และ Logue (2005) ที่รายงานว่าในเนื้อโค Bison ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ เป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้นเชื้อจุลินทรีย์จะมีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนมากขึ้น

สรุปผลการทดลอง

วิธีการฆ่าโคทั้งแบบไทยและแบบอิสลามไม่มีผลต่อค่า pH และการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น แต่สีเนื้อจะซีดจางในโคที่ทำการฆ่าแบบไทย และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อโคจะมีค่า pH ลดลง และมีค่าสี L* และ b* สูงขึ้น เนื้อโคจากโรงฆ่าสัตว์แบบพื้นบ้านทั้งแบบอิสลามและแบบไทยมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์รวม ตลอดจนเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella* ในระดับที่เกินมาตรฐานค่อนข้างมาก โดยเนื้อโคที่ทำการฆ่าแบบอิสลามมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์รวมน้อยกว่าเนื้อโคที่ทำการฆ่าแบบไทย แต่จะมีการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* มากกว่า นอกจากนี้การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์รวม และ *Escherichia coli* ในเนื้อโคจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยและพัฒนาโคเนื้อ. 2550. **การผลิตเนื้อโคคุณภาพ.** กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ. 74 น.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ กันยา ตันติวิสุทธิกุล และธนนันท์ ศุภกิจจานนท์. 2548. **การผลิตเนื้อจากโคลูกผสมเลือดบรามันห์ที่เลี้ยงด้วยหญ้าเป็นอาหารหยาบ: คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ.** รายงานผลการวิจัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง: กรุงเทพฯ.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์.** ไทยวัฒนาพานิช: กรุงเทพฯ. 276 น.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2534. **จุลชีววิทยาทั่วไป.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยบูรพา: ชลบุรี. 507 น.

พรศิริ พรหมกิ่งแก้ว และอนิรุธ เนื่องเม็ก. 2548. การศึกษาการปนเปื้อนของ *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* ในเนื้อสัตว์จากตลาดสดในภาคเหนือ. **ข่าวสุขภาพสัตว์.** 3: 6-14.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. **หลักการวิเคราะห์จุลินทรีย์.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่. 241 น.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่. 244 น.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2550. **โคพื้นเมือง: โอกาสตลาด บนวิถีความพอเพียง.** จาก http://www.oknation.net/blog/print.php?id=51309 [20 กรกฎาคม 2550].

สุรชัย สุวรรณลี. 2550. **การขุนโคและคุณภาพเนื้อ.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี: อุบลราชธานี. 27 น.

อุมาพร ศิริพินทุ์. 2546. **เอกสารประกอบคำสอนรายวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. 68 น.

Li, Q. and C.M. Logue. 2005. The growth and survival of Escherichia coli O157:H7 on minced bison and pieces of bison meat stored at 5 and 10oC. **Food Microbiology.** 22: 415-421.

Oliete, B., J.A. Carballo, A. Varela, T. Moreno, L. Monserrat and L. Sanchez. 2006. Effect of weaning status and storage time under vacuum upon physical characteristics of meat of the Rubia Gallega breed. **Meat Science.** 73: 102-108.

SAS, Institute. 1996. **SAS for windows User's Guide, Release 6.12.** Statistical Analysis System Institute Inc.: Cary, North, USA.

Zhang, S.X., M.M. Farouk, O.A. Young, K.J. Wieliczko and C. Podmore. 2005. Functional stability of frozen normal and high pH beef. **Meat Science.** 69: 765-772.

ผลของการใช้ลูกกระบือกระตุ้นและไม่ใช้ลูกกระบือกระตุ้นก่อนการรีดนม ต่อปริมาณและคุณภาพน้ำนมกระบือนมพันธุ์เมซานา

Effects of With and Without Suckling Stimulation before Milking on Milk Yields and Composition of Mehsana Buffaloes

นพปฎล ชูสมุทร[1] โชค มิเกล็ด[1,2] วิชิต สนลอย[2] ศุภฤกษ์ นาคกิตเศรษฐ[2] และขนิษฐา ติคำ[2]

Noppadon Choosmut[1], Choke Mikled[1,2], Vichit Sonloy[2], Supharoek Nakkitset[2] and Kanitta Tikam [2]

[1]ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50202

[2]งานพัฒนาและส่งเสริมปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง เชียงใหม่ 50200

[1]Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50202

[2]Livestock Development and Extension Section, Royal Project Foundation, Chiang Mai, Thailand 50200

Email: nopnoinid@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปริมาณน้ำนมกระบือ และองค์ประกอบของน้ำนมกระบือด้วยการให้ลูกกระตุ้นก่อนรีดนมเปรียบเทียบกับการไม่ใช้ลูกกระตุ้นก่อนรีดนม โดยใช้แม่กระบือนมพันธุ์เมซานา (Mehsana) 8 ตัว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยแม่กระบือรีดนม 4 ตัว ลูกกระบือ 4 ตัว หลังจากคลอดลูก 7 วัน นำแม่กระบือกลุ่มที่ 1 มาทำการรีดนมโดยให้ลูกกระบือทำการกระตุ้นเต้านมแม่ โดยให้ลูกดูดนมแม่กระบือ ประมาณ 30-60 วินาที แล้วแยกลูกออก จึงทำการรีดนม โดยรีดนมวันละครั้งตอนเช้า เวลาประมาณ 8.30 น. ตัวละไม่เกิน 15 นาที หลังรีดนมให้แม่กระบือเลี้ยงลูกตลอดวัน ส่วนแม่กระบือกลุ่มที่ 2 ไม่ใช้ลูกกระตุ้นเต้านม ใช้ผ้าชุบน้ำสะอาดเช็ดและนวดเบาๆที่เต้านม ลูกกระบือแยกจากแม่ตั้งแต่เกิด เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 120 วัน ปริมาณน้ำนมแม่กระบือที่ให้ลูกกระตุ้น และไม่ใช้ลูกกระตุ้นก่อนการรีดนม เท่ากับ 1,371.40 กิโลกรัม และ 1,421.78 กิโลกรัม ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยวันละ 2.86 และ 2.96 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และปริมาณนมรวมเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 342.85±82.70 และ 355.45±50.65 กิโลกรัม ตามลำดับ กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีองค์ประกอบน้ำนมดังนี้ ไขมัน (Fat) 8.26±1.83, 7.74±1.12 โปรตีน 4.50±0.75, 4.40±0.17 แลคโตส 5.40 ±0.25, 5.52±0.12 ของแข็งทั้งหมด 18.82±2.26, 18.25±1.16 และของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน 10.67±0.65, 10.62±0.06 ตามลำดับ องค์ประกอบน้ำนมกระบือของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

คำสำคัญ: กระบือนม เมซานา การกระตุ้นก่อนรีดนม

Abstract

The objectives of this study were to study milk yield and composition obtained from Mehsana buffaloes with and without suckling stimulation before milking. Eight milking buffaloes and theirs calves were divided into 2 groups of 4 milking buffaloes and theirs calves. After buffaloes calves had fed with colostrum for 7 days, Group 1, the buffalo cows were milked with theirs calves suckling about 30-60 seconds before machine milking. Group 2, the buffalo cows were milked, without their calves stimulation, but with manual stimulation before routine milking. Each group was milked in the morning at 8.30 am. for about 15 minutes. The experiment last for 120 days. The milk yield with an average amount of 1,371.40 kilogram/120 days were obtained from suckling stimulated milking which non-significantly different ($p>0.05$) from that of 1,421.78 kilogram/120 days without the suckling stimulation, Average milk yield per day were 2.86 and 2.96 kilogram, Average total milk yield per head were 342.85±82.70 and 355.45±50.65 kilogram, respectively. The percentage of milk composition of Group 1 and Group 2 were fat 8.26±1.83, 7.74±1.12 ; protein 4.50±0.75, 4.40±0.17 ; lactose 5.40±0.25, 5.52±0.12 ; total solid 18.82±2.26, 18.25±1.16 and solid not fat 10.67±0.65, 10.62±0.06, respectively ($p>0.05$)

Key words: milking buffaloes, Mehsana buffaloes, pre-milking stimulation

คำนำ

ปัจจุบันการบริโภคนมและผลิตภัณฑ์นมในประเทศไทยเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและพฤติกรรมการบริโภคที่เปลี่ยนไป อีกทั้งมีการแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเพื่อเพิ่มมูลค่าให้สูงขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงเมื่อนำมาแปรรูปคือ ชีส (Cheese) เนื่องจากกระบวนการทำต้องใช้นมโคในปริมาณมาก แต่ถ้าใช้นมกระบือในการทำชีส จะใช้ปริมาณน้อยกว่า เนื่องจากว่านมกระบือมีไขมันและโปรตีนสูงกว่านมโค อีกทั้งนมกระบือสามารถใช้บริโภคแทนนมโคได้ ซึ่งการผลิตนมจากกระบือในประเทศไทยทั้งการบริโภคนมและผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันมีความเป็นไปได้มาก เนื่องจากความต้องการการบริโภคนมและผลิตภัณฑ์นมเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากต่างประเทศ ซึ่งในประเทศไทยกรมปศุสัตว์ทำการส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงกระบือนมซึ่งในขณะนั้นเป็นพันธุ์มูร่าห์ และนำมาผสมกับกระบือปลักได้กระบือพันธุ์ลูกผสมส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงแต่ยังไม่มีการตื่นตัวในการเลี้ยงกระบือนมมากนัก เนื่องจากว่ากระบือนมในขณะนั้นใช้เวลาตั้งท้องนาน และให้ปริมาณผลผลิตน้ำนมน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับโคนม อีกทั้งระบบการเลี้ยงการรีดนมที่ยุ่งยากกว่าจึงทำให้ไม่คุ้มกับการลงทุนด้านอาหารและการจัดการ กระทั่งปี 2539 ประเทศอินเดียน้อมเกล้าฯถวายกระบือนมพันธุ์เมซานา(Mehsana) แด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในวโรกาสที่ทรงครองสิริราชสมบัติครบ 50 ปี และพระราชทานให้กรมปศุสัตว์นำมาเลี้ยงที่สถานีวิจัยทดสอบพันธุ์สัตว์บุรีรัมย์ เพื่อขยายพันธุ์และทำการศึกษา

ต่อมาในปี 2547 มูลนิธิโครงการหลวงได้ขอกระบือนมพันธุ์นี้จากกรมปศุสัตว์ (เพศผู้ 2 ตัว และเพศเมีย 8 ตัว) มาเริ่มทดลองเลี้ยงที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

แต่เนื่องจากที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวมีปัญหาด้านอาหารหยาบขาดแคลนในช่วงฤดูแล้ง องค์ประธานมูลนิธิโครงการหลวงจึงมีรับสั่งให้ย้ายไปเลี้ยงที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ กิ่งอำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2550 เป็นต้นมา เนื่องจากเป็นแหล่งที่มีต้นข้าวโพดฝักอ่อนที่ใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับกระบือนมได้เป็นอย่างดี พบว่าเป็นกระบือที่เลี้ยงไม่ยาก ตัวไม่ใหญ่มากนักเหมาะแก่การรีดนม เช่นเดียวกับโคนม แต่ขบวนการรีดนั้นยังยุ่งยากกว่าโดยต้องใช้ลูกกระตุ้นก่อนการรีดนม ดังนั้นปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมจึงมีความสำคัญต่อการเลี้ยงกระบือนม โดยที่พฤติกรรมการปล่อยนมของกระบือนมขณะรีดนม ส่วนใหญ่ต้องนำลูกมากระตุ้นก่อนการรีดนม ซึ่งมีความยุ่งยากและเสียเวลาขณะรีด แต่ก็มีผู้พบว่า สามารถนำลูกโคกระบือมาให้แม่เห็นก่อนรีดและในขณะรีดนมก็สามารถช่วยกระตุ้นให้แม่โคและกระบืออินเดียยอมปล่อยนมให้รีดได้ (McDowell, 1972) การไม่นำลูกกระบือมากระตุ้นก่อนรีดนมทำให้สะดวกต่อการจัดการ รวดเร็วต่อการรีดนมประจำวัน Kay (1974) พบว่าการรีดนมกระบืออินเดียและปากีสถานเกษตรกรมักจะนำเอาลูกกระบือมากระตุ้นก่อนเริ่มรีดนมโดยให้ลูกดูดนมช่วงสั้นๆ ประมาณครึ่งนาที แล้วนำลูกกระบือออกไป จึงเริ่มรีดนมด้วยมือ ซึ่งในสภาพความเป็นจริงแล้ววิธีการนี้ไม่จำเป็นสามารถใช้วิธีกระตุ้นแบบเดียวกับการรีดนมโคคือ การใช้ผ้าสะอาดชุบน้ำยาเช็ดทำความสะอาดเต้านมแล้วเริ่มรีดนมได้ โดยสอดคล้องกับ Tancin *et al.* (2001) กล่าวว่า การกระตุ้นก่อนรีดนมเพื่อให้ออกซิโตซินหลั่ง และเกิดกลไกการปล่อยนมตามมา ซึ่งสามารถทำได้โดยได้รับการกระตุ้นจากกระบวนการรีดนมตามปกติก็เพียงพอให้เกิดกลไกการปล่อยนม ในการศึกษาครั้งนี้กระทำโดยให้ลูกกระตุ้นและไม่ให้ลูกกระตุ้นเต้านมแม่ก่อนรีดนมเพื่อศึกษาถึงผลผลิต และส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำนมกระบือ ข้อมูลพื้นฐานที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ และเป็นแนวทางในการศึกษาการเลี้ยงกระบือนมในประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองใช้แม่กระบือรีดนมพันธุ์เมซานา (Mehsana) จำนวน 8 ตัว ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ กิ่งอำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ที่ทยอยคลอดระหว่างเดือนมีนาคม 2550 ถึงเดือนเมษายน 2551

เมื่อแม่กระบือคลอดลูก ทำการแยกแม่กระบือและลูกกระบือออกจากกันและรีดนมน้ำเหลืองให้ลูกกระบือกิน หากลูกกระบือไม่ยอมกินนมจากขวดช่วงกินนมน้ำเหลืองให้ลูกดูดนมน้ำเหลืองจากเต้าแม่กระบือและแยกจากกันตอนเย็น เมื่อครบกำหนดนำแม่กระบือมารีดนมวันละครั้งในตอนเช้าโดยใช้เครื่องรีดนม

การนำแม่กระบือเข้าทดลอง เนื่องจากแม่กระบือคลอดลูกไม่พร้อมกัน แต่ทยอยคลอดลูกในระยะเวลาใกล้เคียงกัน ทำการวางแผนการทดลองโดยสุ่มให้กระบือเข้าทดลองตามวิธี Group Comparison โดยทำการแบ่งเป็น 2 กลุ่ม (treatment) มี 4 ซ้ำ (replication) และแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันดังนี้ กลุ่มที่ 1 ใช้ลูกกระบือกระตุ้นก่อนทำการรีดนม และกลุ่มที่ 2 ไม่ใช้ลูกกระบือกระตุ้นก่อนทำการรีดนม ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 120 วัน กลุ่มที่ให้ลูกกระตุ้น ทำการเช็ดเต้านมแม่กระบือใช้มือรีดนมเมื่อนมไม่ออก แสดงว่าแม่กระบืออั้นนม นำลูกกระบือมากระตุ้นให้แม่ปล่อยนมได้โดยให้ลูกดูดนมจากเต้าแม่กระบือประมาณ 30 - 60 วินาที แล้วนำลูกกระบือออก หลังจากนั้นจึงเริ่มรีดนม เมื่อนมไม่ไหลจึงให้ลูกดูดกระตุ้นซ้ำโดยรีดให้หมดเต้า ระยะเวลาในการรีด ตัวละไม่เกิน 15 นาที กลุ่มที่ไม่ใช้ลูกกระตุ้น ทำการเช็ดเต้า

นมแม่กระบือ พร้อมกับนวดบริเวณเต้านม หัวนม และเช็ดเต้านมให้สะอาดด้วยผ้าชุบน้ำบิดแห้ง จึงทำการรีดนม โดยรีดให้หมดเต้า และทั้งสองกลุ่มขณะรีดนมเสริมอาหารข้นตัวละ 0.5-1 กิโลกรัม หลังรีดนมมีอาหารหยาบ และน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา โดยอาหารหยาบ เป็นต้นข้าวโพดฝักอ่อนสับให้กินแบบเต็มที่ (ad libitum)

ทำการบันทึกปริมาณน้ำนมที่รีดได้ตลอดระยะการทดลอง และนำน้ำนมวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม โดยเครื่อง Milko-scan 133 V.39 GB ณ ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเชียงใหม่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ นำข้อมูลมาวิเคราะห์และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Student's t–test แบบ Group Comparison ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980)

ผลการทดลอง

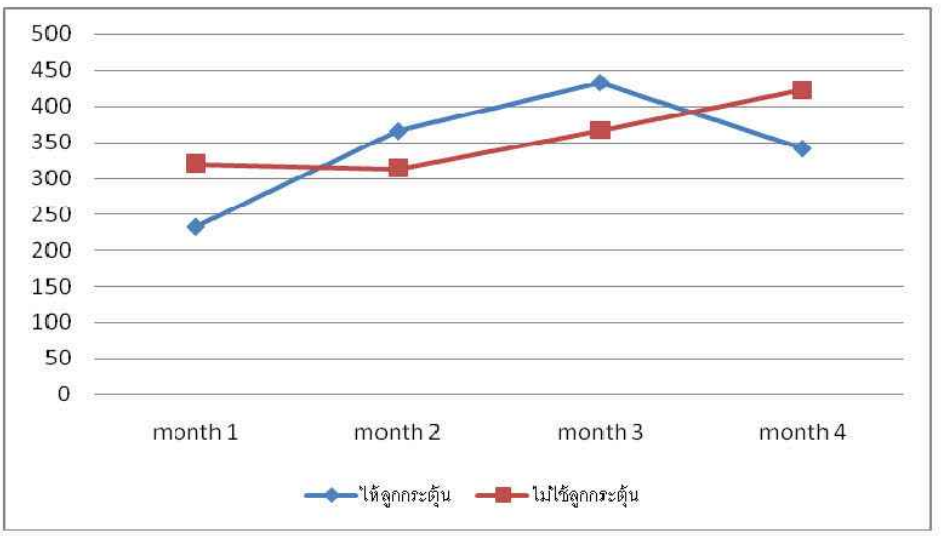
ปริมาณน้ำนม

จากการแบ่งเป็น 2 กลุ่มการทดลอง ด้วยวิธีการรีดนมด้วยการนำลูกกระบือมากระตุ้นโดยการให้ลูกกระบือดูดนมก่อนรีดนม และไม่ใช้ลูกกระบือกระตุ้นก่อนรีดนม ตามลำดับ รีดนมเป็นระยะเวลา 120 วัน ปรากฏว่าการรีดนมด้วยการไม่ใช้ลูกกระบือกระตุ้นก่อนรีดนมมีแนวโน้มได้นมมากกว่าวิธีแรก ($p>0.05$) น้ำนมกระบือพันธุ์เมซานา (Mehsana) ที่รีดได้เวลาเช้าวันละครั้งกลุ่มที่ 1 ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย 2.86±1.04 กิโลกรัม กลุ่มที่ 2 ปริมาณน้ำนม 2.96±0.24 กิโลกรัม ดังตารางที่ที่ 1 แม่กระบือที่ให้นมสูงสุดให้นมเฉลี่ย 4.19 (กลุ่มที่ 1), 3.24 (กลุ่มที่ 2) กิโลกรัม ต่ำสุดให้นมเฉลี่ย 1.65, 2.67 กิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำนมกระบือนมเมซานา (Mehsana) ที่รีดได้ตลอดระยะการทดลอง

ปริมาณน้ำนม (กก.)	กลุ่มการทดลอง	
	ให้ลูกกระบือกระตุ้น	ไม่ใช้ลูกกระบือกระตุ้น
ต่อระยะการทดลอง	$1,371.40^{ns}$	$1,421.78^{ns}$
ต่อเดือน	342.85 ± 82.70^{ns}	355.45 ± 50.65^{ns}
ต่อวัน	2.86 ± 1.04^{ns}	2.96 ± 0.24^{ns}

ns = non significantly different ($p>0.05$)



ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำนมรวมแต่ละกลุ่มการทดลองในแต่ละเดือน

องค์ประกอบทางโภชนะของน้ำนมกระบือ

จากการวิเคราะห์น้ำนมกระบือทั้งสองกลุ่ม พบว่ากลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2 มีองค์ประกอบน้ำนมดังนี้ ไขมัน (Fat) 8.26±1.83, 7.74±1.12 โปรตีน (Protein) 4.50±0.75, 4.40±0.17 แลคโตส (Lactose) 5.40±0.25, 5.52±0.12 ของแข็งทั้งหมด (Total solid) 18.82±2.26, 18.25±1.16 และของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (Solid Not Fat) 10.67±0.65, 10.62±0.06 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 องค์ประกอบน้ำนมกระบือของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบน้ำนมกระบือนม

องค์ประกอบในน้ำนม (%)	กลุ่มการทดลอง		p
	ให้ลูกกระบือกระตุ้น	ไม่ใช้ลูกกระบือกระตุ้น	
ไขมัน (Fat)	8.26 ± 1.83^{ns}	7.74 ± 1.12^{ns}	0.643
โปรตีน (Protein)	4.50 ± 0.75^{ns}	4.40 ± 0.17^{ns}	0.804
แลคโตส (Lactose)	5.40 ± 0.25^{ns}	5.52 ± 0.12^{ns}	0.430
ของแข็งทั้งหมด (Total Solid)	18.82 ± 2.26^{ns}	18.25 ± 1.16^{ns}	0.670
ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (SNF)	10.67 ± 0.65^{ns}	10.62 ± 0.06^{ns}	0.878

ns = non significantly different ($p>0.05$)

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการรีดนมกระบือนมพันธุ์เมซานาโดยกระตุ้นก่อนรีดนม ด้วยการให้ลูกกระบือดูดนมก่อนการรีด และ ไม่นำลูกกระบือมากระตุ้นก่อนรีดนม ปรากฏว่าปริมาณน้ำนมรวมกลุ่มไม่ใช้ลูกกระบือกระตุ้นมีแนวโน้มได้น้ำนมมากกว่าวิธีแรก ($p>0.05$) ทำให้สามารถลดขั้นตอนบางขั้นตอนที่ไม่จำเป็นในการรีดได้ สอดคล้องกับรายงานของ Thomas (2004) ซึ่งรายงานว่าก่อนการรีดนมกระบือประจำวันตามปกติ ต้องมีการกระตุ้นแม่กระบือรีดนมก่อนโดยมิได้ใช้ลูกกระบือกระตุ้น เพียงแต่ทำการกระตุ้นเต้านมโดยการนวดที่เต้านมประมาณ 1 นาที เปรียบเทียบกับไม่กระตุ้น ก่อนรีดนมด้วยเครื่องรีดนม พบว่าต้องมีการกระตุ้นก่อนรีดนมจึงได้น้ำนมที่มาก ($p<0.05$) การกระตุ้นก่อนรีดนมเพื่อให้ออกซิโตซินหลั่ง และเกิดกลไกการปล่อยนมตามมา ซึ่งสามารถทำได้ โดยได้รับการกระตุ้นจากกระบวนการรีดนมตามปกติก็เพียงพอให้เกิดกลไกการปล่อยนม (Tancin *et al.,* 2001) ซึ่งเกี่ยวข้องกับ ระบบประสาทและฮอร์โมน โดยทัศนีย์ (2548) กล่าวว่า การหลั่งน้ำนมเป็นรีเฟล็กซ์ที่เกิดจากการทำงานร่วมกันระบบประสาทและต่อมไร้ท่อ เมื่อสัตว์ได้รับการกระตุ้น เช่น การดูดนมของลูก การนวดคลึงที่เต้านมและ การได้ยินหรือ ได้เห็นในสิ่งที่คุ้นเคยกับการรีดนม กระแสประสาทจากเต้านมจะถูกส่งไปยังต่อมไฮโปทาลามัส ผ่านทางระบบประสาทไขสันหลัง ไฮโปทาลามัสจะกระตุ้นให้ต่อมใต้สมองส่วนหลัง ปลดปล่อยฮอร์โมนออกซิโตซินออกสู่กระแสโลหิต ออกซิโตซินที่ไปยังเต้านมจะออกฤทธิ์โดยทำให้ myoepithelial cell หดตัวพร้อมกัน ส่งผลให้กระเปาะน้ำนมและท่อนมฝอยถูกบีบดันน้ำนมภายในออกสู่ภายนอก และการตั้งต้นปล่อยนมของกระบือล่าช้า 1-2 นาทีหลังจากเริ่มกระตุ้น (Aliev, 1969) แสดงว่าอย่างน้อยต้องมีการกระตุ้นเต้านมแม่กระบือก่อนการรีดนมประจำวันจึงจะได้น้ำนมปริมาณที่มากกว่าไม่ทำการกระตุ้น ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับระบบการรีดนมกระบือนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาต่อไปถึงผลของระบบประสาทและฮอร์โมน รวมทั้งพฤติกรรมการปล่อยนมของกระบือนมต่อไป การศึกษานี้เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการลดขั้นตอนบางประการที่ยุ่งยาก ทำให้สะดวกและรวดเร็วในการรีดนมกระบือ อีกทั้งเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาการเลี้ยงกระบือนมต่อไป

สรุปผลการทดลอง

การรีดนมกระบือโดยให้ลูกกระตุ้นและไม่ใช้ลูกกระตุ้นได้ปริมาณน้ำนมและ องค์ประกอบในน้ำนมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ในการจัดการการรีดนมนั้นการไม่นำลูกมากระตุ้น การจัดการง่ายและรวดเร็วกว่าที่ต้องนำลูกมากระตุ้น แต่โดยทั่วไปแล้วก่อนก่อนรีดนมกระบือนม ควรที่จะต้องมีการกระตุ้นเต้านมแม่กระบือก่อนการรีดนมเสมอ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ และฝ่ายวิจัยมูลนิธิโครงการหลวงที่สนับสนุนสัตว์ทดลองและทุนวิจัย

ขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเชียงใหม่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม

เอกสารอ้างอิง

ทัศนีย์ อภิชาติสรางกูร. 2548. **ระบบสืบพันธุ์ในสัตว์เลี้ยง**. โรงพิมพ์มิ่งเมือง: เชียงใหม่. 265 น.

Aliev, M.G. 1969. Physiology of milk ejection in buffaloes. **Dairy Science Abstract**. 31(12): 677-680

Kay, H.D. 1974. Milk and milk production In W.R Cockrill (ed.). **The husbandry and health of the domestic buffalo**. FAO: Rome, Italy.

McDowell, R.E. 1972. **Improvement of livestock production in warm climates**. W.H. Freeman and Company: San Francisco. 711 p.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. **Principles and procedures of statistics**. McGraw – Hill Book Company, Inc.: New York. 481 p.

Tancin, V., W.D. Kraetzla, D. Schams and M.B. Rupert. 2001. The effects of conditioning to suckling milking and of calf presence on the release of oxytocin in dairy cows. **Applied Animal Behaviour Science**. 72: 235-246.

Thomas, C.S. 2004. **Milking management of dairy buffaloes**. Doctoral Thesis. Swedish University of Agriculture Science: Uppsala.

การโคลนและศึกษาคุณสมบัติของยีน Flavonoid 3' hydroxylase (*F3'H*) จากดอกกล้วยไม้สกุลแอสโคเซนด้า

Molecular Cloning and Characterization of Flavonoid 3' hydroxylase (*F3'H*) Gene from *Ascosenda* sp.

รัฐพร จันทร์เดช[1] ภพเก้า พุทธลักษณ์[2] ชานนท์ ใจชื่น[1] และสมบูรณ์ อนันตลาโภชัย[3]

Ruttaporn Chundet[1], Porpkow Putaluk[2], Chanon Jaichern[1] and Somboon Anuntalabhochai[3]

[1]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สำนักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตพะเยา พะเยา 56000

[3]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

E-mail: ruttaporn@mju.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการโคลนชิ้นส่วนของยีน flavonoid 3'-hydroxylase (*F3'H*) จากกลีบดอกของกล้วยไม้สกุลแอสโคเซนด้าดงตาล (*AsF3'H*) ได้ชิ้นส่วนของยีนขนาด 264 อะมิโน และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล พบว่า มีความคล้ายกับยีน *F3'H* จากดอกเยอบีร่ามากที่สุด ยีน *F3'H* จัดอยู่ในกลุ่มของ cytochroms P450 ซึ่งเป็นเอนไซม์หลักในการสังเคราห์สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มรงควัตถุสีแดงในพืช พบระดับการแสดงออกของยีน *F3'H* ในส่วนดอกระยะต่างๆ และการแสดงออกลดลงเมื่อดอกบานเต็มที่ และไม่พบการแสดงออกในส่วนใบและลำต้น

คำสำคัญ: ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน แอสโคเซนด้า flavonoid 3'-hydroxylase, *F3'H*

Abstract

A flavonoid 3'-hydroxylase (*F3'H*) gene, denoted *AsF3'H*, was cloned from petal of *Ascosenda* sp. The partial cDNA encodes a 264 amino acid polypeptide which shows high homology to known *F3'H* genes, especially *F3'H* from *Gerbera hybrida*. *F3'H* is cytochromes P450 and a key enzyme in the flavonoid pathway leading to the production of the red coloured anthocyanins. The *F3 'H* transcript is most abundant in petals from flowers at an early stage of development and declines as the flower matures, none is detected in leave and stem.

Key words: flavonoid, anthocyanins, *Ascosenda* sp., flavonoid 3'-hydroxylase, *F3'H*

คำนำ

กล้วยไม้เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ในวงศ์ Orchidaceae เป็นไม้ตัดดอกยอดนิยม เนื่องจากมีลักษณะดอกและสีสันลวดลายสวยงาม เป็นไม้ตัดดอกที่มีอายุการใช้งานได้นาน กล้วยไม้เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของไทย โดยรายงานตัวเลขการส่งออกกล้วยไม้จากกรมส่งเสริมการส่งออกพบว่าในปี 2550 ประเทศไทยส่งออกดอกกล้วยไม้ปริมาณ 24,564 ตัน มูลค่า 2,544.8 ล้านบาท และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของตัวเลขการส่งออกในปี 2551 ทั้งนี้ประเทศไทยมีระบบการปลูกเลี้ยงอย่างครบวงจร ตั้งแต่การผสมเกสรเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เลี้ยงลูกกล้วยไม้ เลี้ยงต้นกล้วยไม้จนกระทั่งให้ดอก ตัดดอกบรรจุหีบห่อและส่งออกเองได้ จึงมีความสามารถที่จะรองรับการขยายตัวของตลาดได้

ประเทศไทยได้มีการปรับปรุงและพัฒนาสายพันธุ์กล้วยไม้มาอย่างต่อเนื่องโดยจุดประสงค์หนึ่งคือให้มีสีสันหลากหลายเพื่อที่จะสามารถครองตลาดอยู่ได้นานโดยอาศัยวิธีการธรรมชาติซึ่งทำให้เกิดกล้วยไม้ลูกผสมสายพันธุ์ต่างๆ เกิดขึ้นมากมายหลายชนิด และด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้มีการประยุกต์ความรู้ทางพันธุวิศวกรรมมาช่วยในการปรับปรุงพันธุ์กล้วยไม้ ซึ่งเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยในการเร่งพัฒนาสายพันธุ์กล้วยไม้ให้ทันกับความต้องการของตลาด

แอนโทไซยานินเป็นกลุ่มของรงควัตถุที่มีสีแดงไปจนถึงสีม่วงหรือสีน้ำเงิน (Mol *et al.*, 1998) ซึ่งพบในพืชส่วนใหญ่ แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่ละลายน้ำได้ ในวิถีของการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน มีเอนไซม์หลายตัวที่เกี่ยวข้อง โดยเอนไซม์ที่สำคัญได้แก่ chalcone synthase (CHS), chalcone-flavanone isomerase (CHI), flavanone 3-hydroxylase (F3H); flavonoid 3'-hydroxylase (F3'H); flavonoid 3', 5'-hydroxylase (F3'5'H) และ dihydroflavonol-4-reductase (DFR) และ anthocyanin synthase (ANS) ตามลำดับ เอนไซม์เหล่านี้ทำหน้าที่เปลี่ยนสารไม่มีสีให้เป็นสารมีสีในกลุ่ม แอนโทไซยานินที่มีอิทธิพลทำให้เกิดสีดอก (Forkmann, 1991) ปัจจุบันยีนที่เข้ารหัสการสังเคราะห์เอนไซม์เหล่านี้ถูกค้นพบและทำการศึกษาแล้วในพืชหลายชนิด (Holton and Cornish, 1995) รวมทั้งมีรายงานถึงการประยุกต์ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสีดอกไม้โดยวิธีทางพันธุวิศวกรรมด้วย (Fukui *et al.*, 2003; Katsumoto *et al.*, 2007) งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการโคลนยีนที่ควบคุมการสังเคราะห์เอนไซม์ F3'H ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสร้างรงควัตถุสีแดงในพืช จากกล้วยไม้ลูกผสมสกุลแอสโคเซนด้าดงตาลที่มีดอกสีแดงสด ข้อมูลและยีนที่โคลนได้จากงานวิจัยนี้จะได้นำไปใช้ในการปรับปรุงสีของดอกกล้วยไม้ไทยตลอดจนไม้ตัดดอกชนิดอื่นๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การแยกอาร์เอ็นเอรวม

นำดอกกล้วยไม้สกุล *Ascosenda* sp. ดงตาล มาแยกอาร์เอ็นเอรวมจากดอกตูมและดอกบานโดยใช้ Trizol Reagent (Invitrogen, USA) ตามวิธีของ Ueyama *et al.*(2002)

การโคลนยีน *F3'H*

สังเคราะห์ดีเอ็นเอสายแรก (1st strand cDNA) จากอาร์เอ็นเอรวมโดยใช้ Ready-To-Go T-Prime first strand kit (Amersham Biosciences, USA) ตามวิธีของ Katsumoto *et al.* (2007)

นำ 1st strand cDNA มาเป็นดีเอ็นเอต้นแบบในการโคลนชิ้นส่วนของยีน *F3'H* ด้วยไพรเมอร์ ที่ออกแบบจากบริเวณอนุรักษ์ F3'H forward และ F3'H Reverse โดยปฏิกิริยาพีซีอาร์ด้วยกำหนดสภาวะดังนี้คือ ให้ความร้อนที่ 95 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ต่อด้วย 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที 58 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และ 72 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที จำนวน 35 รอบ ตรวจสอบชิ้นส่วนของยีน F3'H ที่ได้ด้วยเจลอิเลคโตรโฟริซีส (0.8% agarose gel) แยกแถบดีเอ็นเอที่มีขนาดที่ถูกต้องด้วย DNA Extraction kit (Fermentas, USA) นำชิ้นส่วนของยีนที่ได้เชื่อมต่อกับโคลนนิงเวคเตอร์ pTZ57R/T vector (Fermentas, USA) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ส่งถ่ายพลาสมิดสายผสมเข้าสู่แบคทีเรีย *Escherichia coli* สายพันธุ์ DH5α โดยใช้เทคนิค Electroporation transformation (Sambrook *et al.*, 2001) คัดเลือกโคโลนีจาก β-galactosidase assay แยกพลาสมิดสายผสมจากโคโลนีสีขาวด้วยเทคนิค alkaline lysis plasmid preparation ตามวิธีของ Sambrook *et al.* (2001) ตรวจสอบขนาดของดีเอ็นเอจากพลาสมิดสายผสมโดยใช้เอ็นไซม์ตัดจำเพาะ *Eco*RI และ *Hind*III (Fermentas, USA) ตรวจสอบความถูกต้องด้วยเจลอิเลคโตรโฟริซีส (0.8% agarose gel) เปรียบเทียบกับดีเอ็นเอมาตรฐาน

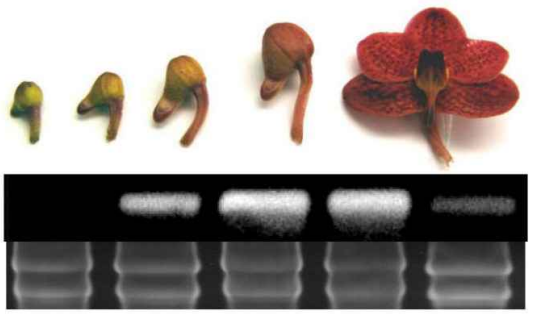
การเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์กับฐานข้อมูล

นำลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้มาแปลรหัสเป็นกรดอะมิโน เปรียบเทียบลำดับของกรดอะมิโนที่ได้กับฐานข้อมูลใน Genbank โดยใช้โปรแกรม Basic Local Alignment Search Tool (http://www.cbi.nlm.nih.gov/blast/) เพื่อยืนยันความถูกต้องของยีน *F3'H* เปรียบเทียบความเหมือนของโปรตีน F3'H ของกล้วยไม้สกุลแอสโคเซนด้ากับโปรตีนที่มีรายงานในฐานข้อมูลและสร้าง phylogenetic tree ด้วยโปรแกรม Clustal W

ผลการวิจัย

การตรวจสอบการแสดงออกของยีน F3'H ในดอกระยะต่าง ๆ

จากการตรวจสอบแบบแผนการแสดงออกของยีน *F3'H* ในดอกกล้วยไม้แอสโคเซนด้าในระยะต่างๆ พบว่ายีน *F3'H* จะเริ่มมีการแสดงออกตั้งแต่ดอกระยะที่ 2 และระดับการแสดงออกจะเพิ่มขึ้นจนจะเริ่มลดลงในระยะที่ 4 (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แบบแผนการแสดงออกของยีน *F3'H* จากดอกกล้วยไม้แอสโคเซนด้าดงตาลในระยะของการพัฒนาของดอกต่างๆ

การวิเคราะห์ชิ้นส่วนของยีน *F3'H*

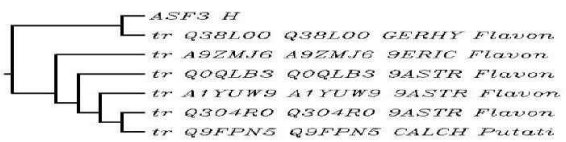
จากการโคลนชิ้นส่วนของยีน *F3'H* เข้าสู่พลาสมิดเวคเตอร์ pTZ57R/T แล้วนำไปหาลำดับเบส พบว่าได้ชิ้นส่วนของยีน *F3'H* ขนาด 792 คู่เบส ซึ่งแปลงเป็นกรดอะมิโนได้ 264 residues นำลำดับกรดอะมิโนไปเปรียบเทียบความเหมือนของลำดับกรดอะมิโนของโพลีเปปไทด์กับพืช 6 ชนิด ที่แตกต่างกัน คือ เยอบีร่า(*Gerbera hybrida*)Mouse-ear Hawkweed *(Hieracium pilosella*) Osteospermum (*Osteospermum hybrid*) สาบหมา (*Ageratina adenophora*) กุหลาบลังกา (*Rhododendron pulchrum*) และแอสเตอร์จีน *Callistephus chinensis* (China aster) ซึ่งพบว่าลำดับกรดอะมิโนของยีน *F3'H* ของ *Ascosenda* sp. มีความเหมือนระหว่าง 85-97% ผลของการทำ Multiple alignment (ภาพที่ 2) จะเห็นได้ว่าโพลีเปปไทด์ของกล้วยไม้ *Ascosenda* sp. มีองค์ประกอบที่คล้ายกับพืชชนิดอื่นมาก และเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างเป็น phylogenetic tree (ภาพที่ 3) พบว่า F3'H ของกล้วยไม้ *Ascosenda* sp. ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับเยอบีร่า ดังนั้นจึงคาดว่ายีนที่โคลนได้นี้น่าจะเป็นยีนที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสร้างแอนโทไซยานิน เนื่องจากเอนไซม์นี้ทำหน้าที่เปลี่ยนสาร dihydrokaempferol ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสีไปเป็นสีแดงได้

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบกรดอะมิโนของยีน *F3'H* จากกล้วยไม้แอสโคเซนด้ากับพืชชนิดต่างๆ

Accession #	Plant species	Amino acid size	%amino acid similarity
-	*Ascosenda* sp.	264	100
Q38L00	*Gerbera hybrid*a	290	97
Q0QLB3	*Hieracium pilosella*	291	88
Q304R0	*Osteospermum hybrid*	294	86
A1YUW9	*Ageratina adenophora*	294	85
A9ZMJ6	*Rhododendron pulchrum*	297	85
Q9FPN5	*Callistephus chinensis*	295	85

```
ASF3'H                  ----------AGKSPVKLLGQLLNVCTTNALARVMLGGRRVFDSG----
tr|Q38L00|Q38L00_GERHY  EVAILARALVGAGKSPVKLG-QLLNVCTTNALARVMLG-RRVFDSG----
tr|Q0QLB3|Q0QLB3_9ASTR  EVAILTRALVGAGKSTVKLG-QLLHVCTTNALVRVMLGRRVFGDGS--GG
tr|Q304R0|Q304R0_9ASTR  EVAILTRALIGAGDSPVKLG-QLLNVCTTNALARVMLGKRVFGDRS--GG
tr|A1YUW9|A1YUW9_9ASTR  EVAILTRVLISAGETTVKLG-QLLNVCTTNALARVLLGRRVFGDGS--RD
tr|A9ZMJ6|A9ZMJ6_9ERIC  EVAILTRALANAGKSTTVNLGQLLNLCTTNAIARVMLGRRVFGDGS--GS
tr|Q9FPN5|Q9FPN5_CALCH  EVAILTRVLVHAGESAVKLG-QLLNVCTTNALARVMLGRRVFADGSEGRG
                        **:...  ***.:*****.**.** * . * .

ASF3'H                  -DAQADEFKDMVVELMVLAGEFNIGDFIPVLDWLDLQGVTKKKMKKLHAK
tr|Q38L00|Q38L00_GERHY  -DAQADEFKDMVVELMVLAGEFNIGDFIPVLDWLDLQGVT-KKMKKLHAK
tr|Q0QLB3|Q0QLB3_9ASTR  GDPKADEFKNMVIEMMVLAGEFNLGDFIPVLDLLDLQGVT-KKMKKLHTR
tr|Q304R0|Q304R0_9ASTR  GDPKADEFKDMVVEVMELAGEFNIGDFIPVLDSLDLQGIA-KKMKELHVR
tr|A1YUW9|A1YUW9_9ASTR  SDPKADEFKDMVVEMMVLAGEFNIGDFIPALDWLDLQGVT-KKMKKLHTR
tr|A9ZMJ6|A9ZMJ6_9ERIC  GDAKADEFKSMVVELMVLAGVFNIGDFVPSLEWLDLQGVA-KKMKRLHSR
tr|Q9FPN5|Q9FPN5_CALCH  VDPKADEFKDMVVELMELAGEFNIGDFIPPLDCLDLQGIT-KKMKKLHAR
                        *.:*****.**.*.* *** **.***.* *. *****.: ****.** :

ASF3'H                  FDSFLNTILEEHKTGAGDGVASGKVDLLSTLISLKDDADGEG-GKLSDIE
tr|Q38L00|Q38L00_GERHY  FDSFLNTILEEHKTGAGDGVASGKVDLLSTLISLKDDADGEG-GKLSDIE
tr|Q0QLB3|Q0QLB3_9ASTR  FDSFLNSILEEHRTSSGGASG--HVDLLSTLISLKDEADGEG---GKLTD
tr|Q304R0|Q304R0_9ASTR  FDSFLGKILEEHKTGNGGASSQ-HTDLLTTLISLKDDTDE---EGGKLSD
tr|A1YUW9|A1YUW9_9ASTR  FDSFFNLILEEHKSYGNSG------DLLSTLIGLKDDADADG-EGVKLTD
tr|A9ZMJ6|A9ZMJ6_9ERIC  FDAFMSEILEEHKVGSLGGGAQSHTDLLSTLISLKEDADGEG---GKLTD
tr|Q9FPN5|Q9FPN5_CALCH  FDKFLNIILDDHKIEKGAAGRR-HSDLLTTLISLKDVDAADDDEEGKLSD
                        ** *.  **.:.*.     .     ***.***.**.          . :

ASF3'H                  IAGKALLLNLFTAGTDTSSSTIEWAIAELIRNPQGLLNQARKEMDTIVGQ
tr|Q38L00|Q38L00_GERHY  IK--ALLLNLFTAGTDTSSSTIEWAIAELIRNPQ-LLNQARKEMDTIVGQ
tr|Q0QLB3|Q0QLB3_9ASTR  TEIKALLLNLFVAGTDTSSSTVEWAIAELIRNPQ-LLKQAQQELDTVVGQ
tr|Q304R0|Q304R0_9ASTR  IEIKALLLNLFTAGTDTSSSTVEWAIAELIRHPQ-LLKQAQEEIDNVVGR
tr|A1YUW9|A1YUW9_9ASTR  IEIKALLLNLFTAGTDTSSSTVEWAIAELIRHPR-LLKQAQEEIDTVVGR
tr|A9ZMJ6|A9ZMJ6_9ERIC  TEIKALLLDLFTAGTDTSSSTVEWAVAELLRHPK-VLAKAQQELDSIVGP
tr|Q9FPN5|Q9FPN5_CALCH  IEIKALLLNLFAAGTDTSSSTVEWAVAELIRHPE-LLKQAREEMDIVVGR
                        ****.** **********.***.***.*.*  .* .*.:.*.* .**
                        .:  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .

ASF3'H                  DRLVTESDLGQLTFLQAIIKETFRLHPSTPLSLPRMALESCEVGGYYIPK
tr|Q38L00|Q38L00_GERHY  DRLVTESDLGQLTFLQAIIKETFRLHPSTPLSLPRMALESCEVGGYYIPK
tr|Q0QLB3|Q0QLB3_9ASTR  GRLVNESDLSQLTFLQAIVKETFRLHPSTPLSLPRIASESCEINGYNIPK
tr|Q304R0|Q304R0_9ASTR  DHLVTELDLTQLPFLQAIVKETFRLHPSTPLSLPRIASESCEVNGYHIPK
tr|A1YUW9|A1YUW9_9ASTR  DRLVTELDLNQLTFIQAIVKETFRLHPSTPLSLPRISSEACEVDGYYIPK
tr|A9ZMJ6|A9ZMJ6_9ERIC  GRLVMESDLPQLTYLQAIIKETFRLHPSTPLSLPRMAAESCEINGYFIPK
tr|Q9FPN5|Q9FPN5_CALCH  DRLVTELDLSRLTFLQAIVKETFRLHPSTPLSLPRMASESCEVDGYYIPK
                        .:** * ** .* .:..***.:*****************.:. *.**.:** ***

ASF3'H                  GSTLLVNVWAISRDPKIWADPLEFQPTRFLP-----------------
tr|Q38L00|Q38L00_GERHY  GSTLLVNVWAISRDPKIWADPLEFQPTRFLPGGEKPNTDIKGNDFEVIP-
tr|Q0QLB3|Q0QLB3_9ASTR  GSTLLVNVWAIARDPKMWTEPLEFRPSRFLPDGEKPNADVKGNDFEVIP-
tr|Q304R0|Q304R0_9ASTR  GSTLLVNVWAIARDPKMWSEPLEFRPARFLPGGEKPDADVKGNDFEVIP-
tr|A1YUW9|A1YUW9_9ASTR  GSTLLVNVWAIARDPEMWTDPLEFRPSRFLPGGEKPNVDVRGNDFEVIP-
tr|A9ZMJ6|A9ZMJ6_9ERIC  GSTLLVNVWAIARDPDAWANPLEFQPERFLPGGEKPNVDIRGERFLRSFR
tr|Q9FPN5|Q9FPN5_CALCH  GSTLLVNVWAIARDPKMWTNPLEFRPSRFLPGGEKPDADIKGNDFEVIP-
                        **********.***. *.:****.* ****
```

ภาพที่ 2 Multiple sequence alignments ระหว่างกรดอะมิโนของ F3'H จากพืชชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับ F3'H จากกล้วยไม้แอสโคเซนด้า



ภาพที่ 3 Phylogenetic tree of the amino acid sequences of the F3'H protein of seven plants

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้ สามารถโคลนชิ้นส่วนของยีน *F3'H* จากกลีบดอกกล้วยไม้แอสโคเซนด้าได้เป็นสายโพลีเปปไทด์ความยาว 264 residues ที่มีความคล้ายกับยีน *F3'H* ของพืชชนิดอื่นโดยเฉพาะกับดอกเยอบีร่าประมาณ 97% ในระดับกรดอะมิโน ดังนั้นยีนที่โคลนได้คาดว่าจะเป็นยีน *F3'H* อย่างไรก็ดีลำดับของกรดอะมิโนที่มีความแตกต่างกันในบางตำแหน่งนั้น อาจส่งผลต่อโครงสร้างของโปรตีนที่จะทำงานต่อไป (Ueyama *et al.*, 2002) โดยแต่ละตำแหน่งที่แตกต่างกันนั้นถือเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องศึกษาต่อไปในอนาคต ผลจากงานวิจัยนี้จะนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสีของดอกทั้งกล้วยไม้และไม้ดอกชนิดอื่นๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตพะเยาที่สนับสนุนงบประมาณในงานวิจัยชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

Forkmann, G. 1991. Flavonoid as flower pigments: The formation of natural spectrum and its extension by genetic engineering. **Plant Breeding.** 106: 1-26.

Fukui, Y., Y. Tanaka, T. Kusumi, T. Iwashita and K. Nomoto. 2003. A rationale for the shift in colour towards blue in transgenic carnation flowers expressing the flavonoid 30 ,50-hydroxylase gene. **Phytochemistry.** 63: 15-23.

Holton, T.A. and E.C. Cornish. 1995. Genetic and biochemistry of anthocyanin biosynthesis. **The Plant Cell.** 7: 1071-1083.

Katsumoto, Y., M. Fukuchi-Mizutani, Y. Fukui, F. Brugliera, T.A. Holton, M. Karan, N. Nakamura K. Yonekura-Sakakibara, J. Togami, A. Pigeaire, G. Tao, N. Nehra, C.Y. Lu, B. Dyson S. Tsuda, T. Ashikari, T. Kusumi, J. Mason and Y. Tanaka. 2007. Engineering of the Rose Flavonoid Biosynthetic Pathway Successfully Generated Blue-Hued Flowers Accumulating Delphinidin. **Plant cell Physiol.** 48(11):1589-1600.

Mol, J., E.Grotewold and R. Koes. 1998. How genes paint flowers and seeds. **Trends in plant Sci.** 3(6): 212-217.

Sambrook, J. and D.W. Russell. 2001. **Molecular Cloning : A Laboratory Manual.** 3rd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press: New York.

Ueyama Y., K. Suzuki, M. Fukuchi-Mizutani, Y. Fukui, K. Miyazaki, H. Ohkawa, T. Kusumi and Y. Tanaka. 2002. Molecular and biochemical characterization of torenia flavonoid 3-hydroxylase and flavone synthase II and modification of flower color by modulating the expression of these genes. **Plant Sci.** 163: 253-263.

การแสดงออกของยีนอินเตอร์ลิวคิน-10 และอินเตอร์ลิวคิน-18 ในโมโนซัยต์ของสุกรที่ถูกกระตุ้นด้วยไมโตเจน

Interleukin-10 and Interleukin-18 Genes Expression in Porcine Monocytes Induced by Mitogens

วศิน เจริญตัณฑนกุล

Wasin Charerntantanakul

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

E-mail: wasin@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพของไมโตเจนต่างๆ ในการกระตุ้นการแสดงออกของยีนอินเตอร์ลิวคิน-10 (interleukin-10; IL-10) และ IL-18 ในโมโนซัยต์ของสุกร ผลการศึกษา พบว่า phytohemagglutinin ที่ความเข้มข้น 5 และ 10 μg/ml และ lipopolysaccharide (LPS) ที่ความเข้มข้น 10 μg/ml เป็นไมโตเจนที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ในการกระตุ้นการแสดงออกของ IL-10 mRNA ที่ระยะเวลาการบ่มเซลล์ 12 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ pokeweed mitogen และ LPS ที่ความเข้มข้น 10 μg/ml เป็นไมโตเจนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกระตุ้นการแสดงออกของ IL-18 mRNA ที่ระยะเวลาการบ่มเซลล์ 24 ชั่วโมง ไมโตเจนดังกล่าวสามารถใช้เป็นสารกระตุ้นในกลุ่มควบคุมเชิงบวก ในการศึกษาการแสดงออกของยีน IL-10 และ IL-18 ในโมโนซัยต์ของสุกร

คำสำคัญ: อินเตอร์ลิวคิน-10 อินเตอร์ลิวคิน-18 สุกร โมโนซัยต์ ไมโตเจน

Abstract

This study evaluates the capability of various mitogens in induction of interleukin-10 (IL-10) and IL-18 genes expression in porcine monocytes. The results showed that phytohemagglutinin at 5 and 10 μg/ml and lipopolysaccharide (LPS) at 10 μg/ml were effective in inducing IL-10 gene expression after stimulated cells for 12 and 24 hours, respectively. Pokeweed mitogen (PWM) and LPS at 10 μg/ml were effective in inducing IL-18 gene expression after stimulated monocytes for 24 hours. Such mitogens can be applied as stimuli for positive controls of IL-10 and IL-18 genes expression study in porcine monocytes.

Key words: interleukin-10, interleukin-18, porcine, monocytes, mitogens

คำนำ

การศึกษาการแสดงออกของยีนที่ควบคุมการสร้างไซโตไคน์ (cytokine) ของสุกรส่วนใหญ่ทำในเม็ดเลือดขาวกลุ่มโมโนนิวเคลียร์เซลล์ (peripheral blood mononuclear cell) และเม็ดเลือดขาวทีลิมโฟซัยต์ (T lymphocyte) (Verfaillie *et al.*, 2001; Yancy *et al.*, 2001) การศึกษาดังกล่าวในเม็ดเลือดขาวโมโนซัยต์ (monocyte) ยังมีน้อย องค์ความรู้ในเรื่องประสิทธิภาพของไมโตเจน (mitogen) ต่างๆ ในการกระตุ้นการสร้างไซโตไคน์ของโมโนซัยต์สุกรยังมีจำกัด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ในเรื่องประสิทธิภาพของไมโตเจนต่างๆ ต่อการสร้างไซโตไคน์อินเตอร์ลิวคิน-10 (interleukin-10; IL-10) และ IL-18 ของเม็ดเลือดขาวโมโนซัยต์ของสุกร ไมโตเจน เช่น concanavalin A (conA), phytohemagglutinin (PHA), pokeweed mitogen (PWM), และ lipopolysaccharide (LPS) ถูกนำมาใช้เป็นสารกระตุ้นการสร้าง IL-10 และ IL-18 ในกลุ่มควบคุมเชิงบวก (positive control) ทางห้องปฏิบัติการในคนและหนูเมาส์ (*Mus musculus*) (Moore *et al.*, 2001; Dinarello and Fantuzzi., 2003) ประสิทธิภาพของไมโตเจนเหล่านี้ในการกระตุ้นการสร้าง IL-10 และ IL-18 ในโมโนซัยต์ของสุกรยังไม่เคยมีรายงาน IL-10 มีหน้าที่ลดการอักเสบ (anti-inflammation) โดยการกดการสร้างไซโตไคน์ที่ส่งเสริมกระบวนการอักเสบ เช่น tumor-necrosis factor alpha (TNFα), interferon gamma (IFNγ) และ IL-1 เป็นต้น (Moore *et al.*, 2001) ไวรัสก่อโรคหลายชนิด เช่น Epstein's Barr virus, cytomegalovirus และ human immunodeficiency virus มีความสามารถในการกระตุ้นการสร้าง IL-10 ของเม็ดเลือดขาว ทำให้ร่างกายมีปฏิกิริยาต่อต้านไวรัสน้อยลง ทำให้ไวรัสสามารถแบ่งตัวเพิ่มจำนวนและก่อโรคได้มากขึ้น (Redpath *et al.*, 2001) IL-18 เป็นไซโตไคน์ที่ส่งเสริมการอักเสบ (pro-inflammatory cytokine) โดยการกระตุ้นการสร้างไซโตไคน์ TNFα, IFNγ และ IL-12 ซึ่งจำเป็นต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันแบบพึ่งเซลล์ (cell-mediated immunity) (Dinarello and Fantuzzi., 2003) องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับ IL-10 และ IL-18 ของสุกรในอนาคต เช่น การศึกษาความสามารถของไวรัสก่อโรคของสุกรในการกระตุ้นการสร้าง IL-10 และยับยั้งการสร้าง IL-18 โดยใช้ไมโตเจนที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการสร้าง IL-10 และ IL-18 เป็นสารกระตุ้นในกลุ่มควบคุมเชิงบวกทางห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมไมโตเจน

ไมโตเจนที่ศึกษา ประกอบด้วย conA, PHA, PWM และ LPS เตรียมสารละลายไมโตเจนทั้ง 4 ชนิด ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 1, 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (µg/ml) องค์ประกอบของตัวทำละลายที่ใช้ ประกอบด้วย RPMI-1640, 10% fetal bovine serum และ 1% tissue-culture penicillin/streptomycin (Gibco)

การเตรียมโมโนซัยต์ของสุกร

เจาะเก็บเลือดจำนวน 50 มิลลิลิตร จากสุกรจำนวน 5 ตัวใส่ในหลอดทดลองที่มีสารกันเลือดแข็งตัว (EDTA) ที่ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปั่นแยกเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนซัยต์และลิมโฟซัยต์จากเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวชนิดอื่นบนสารละลาย Ficoll (Sigma) ล้างโมโนซัยต์และลิมโฟซัยต์ด้วยสารละลาย

น้ำเกลือ (phosphate buffered saline) แล้วเติมอาหารเลี้ยงเซลล์ซึ่งประกอบด้วย RPMI-1640, 10% fetal bovine serum และ 1% tissue-culture penicillin/streptomycin นับจำนวนรวมของเซลล์โมโนซัยต์และลิมโฟซัยต์บน hemocytometer และปรับความเข้มข้นของเซลล์ให้เท่ากับ 10^7 เซลล์/มิลลิลิตร โดยการเติมอาหารเลี้ยงเซลล์

หยด 100 ไมโครลิตร (µl) ของสารละลายเซลล์โมโนซัยต์และลิมโฟซัยต์ลงในแต่ละหลุมของถาด (plate) เลี้ยงเซลล์แบบ 96 หลุม จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วดูดลิมโฟซัยต์ซึ่งจะไม่ติดที่ก้นถาดออก เหลือแต่เฉพาะโมโนซัยต์ซึ่งจะเกาะที่ก้นถาด เติมอาหารเลี้ยงเซลล์ให้ได้ปริมาตร 200 µl/หลุม

การกระตุ้นโมโนซัยต์ด้วยไมโตเจน

หยอด 50 µl ของสารละลายไมโตเจนที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในหลุมที่มีโมโนซัยต์อยู่ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ปิเปต (pipette) อาหารเลี้ยงเซลล์ออก ล้างโมโนซัยต์ด้วยสารละลายน้ำเกลือแล้วเติมสารละลาย RNAlater (Sigma) จำนวน 200 µl/หลุม แช่เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ด้วยวิธี semi-quantitative one-step reverse-transcriptase polymerase chain reaction (RT-PCR) Primer ที่ใช้แสดงในตารางที่ 1 ทดสอบการมีชีวิตของเซลล์ด้วยวิธี trypan blue dye exclusion assay (Gibco)

Semi-quantitative RT-PCR

วิเคราะห์ปริมาณ IL-10 mRNA ที่สร้างขึ้นโดยเปรียบเทียบกับ housekeeping gene glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (GAPDH) mRNA ด้วยวิธี semi-quantitative one-step RT-PCR เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าที่ได้ภายในปัจจัยที่กำหนดคือ ชนิดของไมโตเจน ความเข้มข้นของไมโตเจน และระยะเวลาการบ่มด้วยวิธี One-way analysis of variance ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1 ลำดับนิวคลีโอไทด์ (nucleotide) ของ primer ที่ใช้สำหรับ semi-quantitative one-step RT-PCR

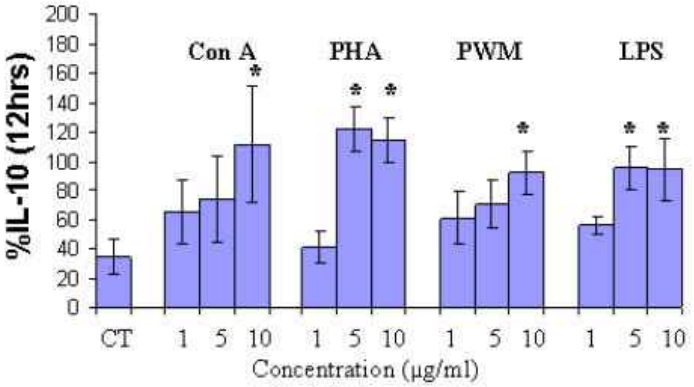
Gene	Primer sequence	NCBI Accession #	Final conc. (nM)	Product (bp)
IL-10	5'TCAGCACTGCTCTATTGCCTG3' (F)	L20001	200	472
	5'TGAAGATGTCAAACTCACCCA3' (R)		200	
IL-18	5'TGGAATCGGATTACTTTGGCA3' (F)	AB010003	200	347
	5'CTTATCATCATGTCCAGGAACAC3' (R)		200	
GAPDH	5'AGGACGTGCAGAAGAGCAGAGCGA3' (F)	AF017079	50	578
	5'GCATTGCTGATGATCTTGAGGCTG3' (R)		50	

ผลการทดลอง

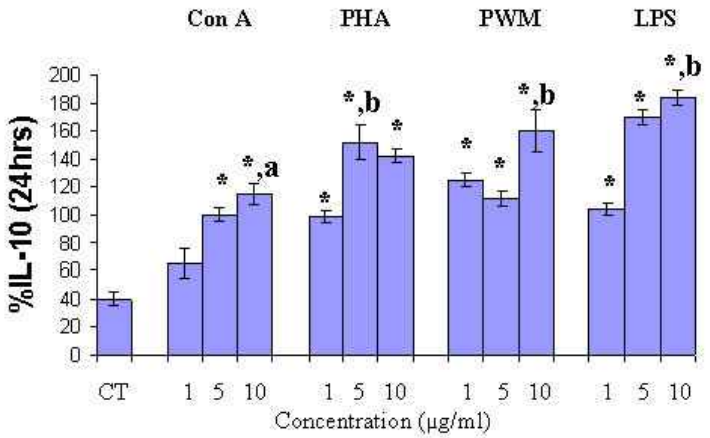
ConA, PHA, PWM และ LPS สามารถกระตุ้นการสร้าง IL-10 mRNA จากโมโนซัยต์สุกรได้เมื่อใช้ที่ความเข้มข้น 10 μg/ml ที่ระยะเวลาการบ่ม 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 1) PHA และ LPS ที่ความเข้มข้น 5 μg/ml สามารถกระตุ้นการแสดงออกของ IL-10 mRNA ได้เช่นกันนอกเหนือจากที่ 10 μg/ml ระดับของ IL-10 mRNA ที่ PHA และ LPS ที่ 5 μg/ml กระตุ้นไม่แตกต่างจากระดับของ IL-10 mRNA ที่กระตุ้นด้วย PHA และ LPS ที่ความเข้มข้น 10 μg/ml ($p>0.05$) (ภาพที่ 1) ระดับของ IL-10 mRNA ที่กระตุ้นด้วย PHA จะสูงกว่าระดับของ IL-10 mRNA ที่กระตุ้นด้วยไมโตเจนอื่นๆ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน ($p>0.05$)

เมื่อเพิ่มระยะเวลาการบ่มเป็น 24 ชั่วโมง ไมโตเจนทุกชนิด (ยกเว้น conA) สามารถกระตุ้นการสร้าง IL-10 mRNA ได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับที่ระยะเวลาการบ่ม 12 ชั่วโมง ($p<0.05$) โดย LPS ที่ 10 μg/ml สามารถกระตุ้นการสร้าง IL-10 mRNA ได้สูงที่สุดเมื่อเทียบกับไมโตเจนชนิดอื่นๆ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน (สำหรับ PHA ทำการเปรียบเทียบที่ความเข้มข้น 5 μg/ml เพราะเป็นความเข้มข้นที่ PHA กระตุ้นการแสดงออกของ IL-10 mRNA ได้ดีที่สุด) (ภาพที่ 2) ประสิทธิภาพของ LPS ในการกระตุ้นการสร้าง IL-10 mRNA สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพของ conA แต่ไม่แตกต่างเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพของ PHA และ PWM (ภาพที่ 2)

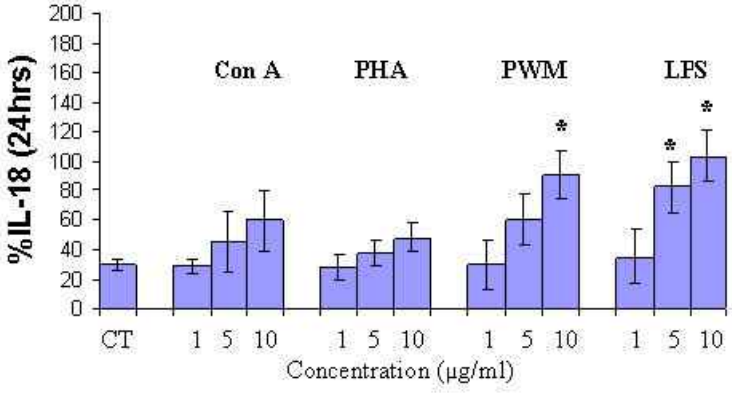
ไมโตเจนทั้ง 4 ชนิดไม่สามารถกระตุ้นการแสดงออกของ IL-18 mRNA ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระยะเวลาการบ่มกระตุ้น 12 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับไมโตเจน (ไม่ได้แสดงข้อมูล) แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการบ่มกระตุ้นเป็น 24 ชั่วโมง PWM ที่ความเข้มข้น 10 μg/ml และ LPS ที่ความเข้มข้น 5 และ 10 μg/ml สามารถกระตุ้นการแสดงออกของ IL-18 mRNA ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (ภาพที่ 3) ประสิทธิภาพของ PWM และ LPS ในการกระตุ้นการสร้าง IL-18 mRNA ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ร้อยละของเซลล์โมโนซัยต์ที่มีชีวิตภายหลังการกระตุ้นด้วยไมโตเจนทั้ง 4 ชนิด ไม่แตกต่างกันทั้งที่ 12 ชั่วโมง (ค่าเฉลี่ยร้อยละเซลล์มีชีวิตเท่ากับ 85) และ 24 ชั่วโมง (ค่าเฉลี่ยร้อยละเซลล์มีชีวิตเท่ากับ 80) (ไม่ได้แสดงข้อมูล)



ภาพที่ 1 การตอบสนองของ IL-10 mRNA เมื่อเทียบกับ GAPDH mRNA (แสดงในค่า %IL-10) ต่อการกระตุ้นด้วยไมโตเจน 4 ชนิด ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ที่ระยะเวลาการบ่ม 12 ชั่วโมง
* แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ระหว่าง %IL-10 ของโมโนซัยต์ที่ได้รับไมโตเจนกับ %IL-10 ของโมโนซัยต์ควบคุมที่ไม่ได้รับไมโตเจน (CT)



ภาพที่ 2 การตอบสนองของ IL-10 mRNA เมื่อเทียบกับ GAPDH mRNA (แสดงในค่า %IL-10) ต่อการกระตุ้นด้วยไมโตเจน 4 ชนิด ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ที่ระยะเวลาการบ่ม 24 ชั่วโมง
* แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ระหว่าง %IL-10 ของโมโนซัยต์ที่รับไมโตเจนกับ %IL-10 ของโมโนซัยต์ควบคุมที่ไม่ได้รับไมโตเจน (CT) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน (a และ b) แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ระหว่าง %IL-10 ที่สูงที่สุดที่ถูกกระตุ้นโดยไมโตเจนแต่ละชนิด



ภาพที่ 3 การตอบสนองของ IL-18 mRNA เมื่อเทียบกับ GAPDH mRNA (แสดงในค่า %IL-18) ต่อการกระตุ้นด้วยไมโตเจน 4 ชนิด ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ที่ระยะเวลาการบ่ม 24 ชั่วโมง * แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ระหว่าง %IL-18 ของโมโนซัยต์ที่ได้รับไมโตเจนกับ %IL-18 ของโมโน-ซัยต์ควบคุมที่ไม่ได้รับไมโตเจน (CT)

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

การกระตุ้นการสร้าง IL-10 และ IL-18 mRNA จากโมโนซัยต์สุกรสามารถทำได้โดยการใช้ไมโตเจนเช่นเดียวกับในคนและหนูเมาส์ ไมโตเจนที่ใช้กระตุ้นไม่แตกต่างกัน คือใช้ LPS เป็นสารกระตุ้นหลัก (Moore *et al.*, 2001) สำหรับโมโนซัยต์ของสุกร PHA ที่ความเข้มข้น 5 และ 10 µg/ml เป็นไมโตเจนที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ในการกระตุ้นการแสดงออกของ IL-10 mRNA ที่ระยะเวลาการบ่มเซลล์ 12 ชั่วโมง และ LPS ที่ความเข้มข้น 10 µg/ml เป็นไมโตเจนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้ในการกระตุ้นการแสดงออกของ IL-10 mRNA ที่ระยะเวลาการบ่มเซลล์ 24 ชั่วโมง ไมโตเจนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแสดงออกของ IL-18 mRNA คือ PWM และ LPS ที่ความเข้มข้น 10 µg/ml และระยะเวลาการบ่มเซลล์ 24 ชั่วโมง ไมโตเจนต่างๆ เหล่านี้ไม่มีผลต่อการมีชีวิตหรือการตายของเซลล์โมโนซัยต์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นความแตกต่างของระดับ IL-10 และ IL-18 mRNA ที่วัดได้จึงเป็นผลมาจากความแตกต่างกันของประสิทธิภาพของไมโตเจนโดยตรง ไม่ได้เป็นผลมาจากความแตกต่างกันของจำนวนเซลล์มีชีวิตของโมโนซัยต์ภายหลังการถูกกระตุ้นด้วยไมโตเจน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนบางส่วนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมและวิจัยสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี (IRPUS) ประจำปี 2550 และทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนสนับสนุนวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปี 2550 ขอขอบคุณ นางสาวสุรางคนางค์ แย้มกันชู และนางสาวนิโลบล ชำนาญ ที่ช่วยเหลืองานในห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

Dinarello, C.A. and G. Fantuzzi. 2003. Interleukin-18 and host defense against infection. **J. Infect. Dis.** 187 Suppl 2: 370-384.

Moore, K.W., R. de Waal Malefyt, R.L. Coffman and A. O'Garra. 2001. Interleukin-10 and the interleukin-10 receptor. **Annu. Rev. Immunol.** 19: 683-765.

Redpath, S., P. Ghazal and N.R. Gascoigne. 2001. Hijacking and exploitation of IL-10 by intracellular pathogens. **Trends Microbiol.** 9: 86-92.

Verfaillie, T., E. Cox, L.T. To, D. Vanrompay, H. Bouchaut, N. Buys and B.M. Goddeeris. 2001. Comparative analysis of porcine cytokine production by mRNA and protein detection. **Vet. Immunol. Immunopathol.** 81: 97-112.

Yancy, H., S.L. Ayers, D.E. Farrell, A. Day and M.J. Myers. 2001. Differential cytokine mRNA expression in swine whole blood and peripheral blood mononuclear cell cultures. **Vet. Immunol. Immunopatho.** 79: 41-52.

การชักนำให้เกิดยอดทวีคูณและการถ่ายยีนเข้าสู่ยอดอ่อนของข้าวเหนียวไทยพันธุ์ กข 6 โดยใช้เชื้ออะโกรแบคทีเรียม

Multiple Shoot Induction and Shoot Apex Transformation of Thai Glutinous Rice cv. RD 6 Using *Agrobacterium tumefaciens*

ณิชมน ธรรมรักษ์[1] แสงทอง พงษ์เจริญกิต[2] วราภรณ์ แสงทอง[2]
นลินี รุ่งเรืองศรี[2] เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี[3] และช่อทิพา สกูลสิงหาโรจน์[2]

[1]หน่วยวิจัยและบริการจุลทรรศน์อิเล็กตรอน สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[3]ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

E-mail: nitchamon_palm@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณและการถ่ายยีนเข้าสู่ยอดอ่อนของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 โดยทำการศึกษาระดับฮอร์โมน Thidiazuron (TDZ) ที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณ (multiple shoots) จากยอดอ่อนของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 เพื่อใช้สำหรับการพัฒนาระบบการถ่ายยีนในยอดอ่อน พบว่า อาหารสูตร MS ดัดแปลงซึ่งมีฮอร์โมน TDZ เข้มข้น 8 มก./ล. สามารถชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ได้ดีที่สุด ร้อยละ 32.5 โดยมีจำนวนยอด 7.72 ยอดต่อชิ้นส่วน เมื่อถ่ายยีนเข้าสู่ยอดอ่อนของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 โดยใช้เชื้ออะโกรแบคทีเรียมที่มีพลาสมิด pCAMBIA 1305.2 พบว่า มียอดอ่อนเจริญได้บนอาหารคัดเลือกสูตร MS ที่มีฮอร์โมน TDZ เข้มข้น 8 มก./ล. และสารปฏิชีวนะไฮโกรมัยซิน 30 มก./ล. ร้อยละ 77.78 และสามารถเจริญเป็นต้นและเกิดรากได้ ซึ่งเมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิค GUS assay พบว่า มียอดอ่อนเกิดจุดสีฟ้า ร้อยละ 10.64 (5 ต้น) แสดงว่า สามารถถ่ายยีนในยอดอ่อนของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ได้ แต่ยังมีประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งจะต้องพัฒนาระบบการถ่ายยีนต่อไป

คำสำคัญ: การถ่ายยีนในยอดอ่อน เชื้ออะโกรแบคทีเรียม ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ฮอร์โมน Thidiazuron (TDZ)

Abstract

Shoot apex transformation of *indica* rice (*Oryza sativa* L.) cv. RD 6 was studied. Multiple shoot induction from rice shoot apical meristems using various concentration of Thidiazuron (TDZ) for shoot apex transformation system development was investigated. The results showed that MS medium supplemented with 8 mg/L TDZ induced highest multiple shoots (32.5%) and produced the maximum number of shoots (7.72 shoots per explant). Then, we performed shoot apex transformation using *Agrobacterium tumefaciens* harbouring pCAMBIA 1305.2. The 77.78 percentage of RD 6 transformed shoots were obtained after culture on selection medium and

produced plantlets. GUS activity was detected on leaf segments of 10.64 percents T_0 transgenic plants (5 plants). All shoot apex transformation results indicated that we successfully transformed *indica* rice cv. RD 6. However, the transformation efficiency was still low and needs more improvement.

Key words: shoot apex transformation, *Agrobacterium tumefaciens*, RD 6 rice, Thidiazuron (TDZ)

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจและเป็นอาหารหลักของประชากรโลก ซึ่งจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตรว่า มีคุณสมบัติทนแล้ง มีคุณภาพการหุงต้มดี มีกลิ่นหอม และต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคไหม้ แต่ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และแมลงบั่ว โดยได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการเพาะปลูกในทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่โดยรวมจำนวน 14,862,082 ไร่ และมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ประมาณ 348 กิโลกรัมต่อไร่ (สมาคมผู้ส่งออกข้าวต่างประเทศ, 2551) ปัจจุบันเทคนิคพันธุวิศวกรรมได้รับความสนใจ และนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวมากขึ้น โดยเป็นการถ่ายยีนซึ่งควบคุมลักษณะที่ต้องการเข้าไปในข้าว ซึ่งสามารถคงลักษณะที่ดีของพันธุ์เดิมไว้ และใช้ระยะเวลาในปรับปรุงพันธุ์สั้นกว่าวิธีอื่น

Thidiazuron (TDZ) เป็นฮอร์โมนในกลุ่มของไซโตไคนินซึ่งมีรายงานการวิจัยว่ามีผลต่อการยอดทวีคูณของพืชหลายชนิด และจากการศึกษาของ Yookongkaew และคณะ (2007) พบว่า ฮอร์โมน TDZ มีผลต่อการเกิดยอดทวีคูณของข้าวไทยหลายสายพันธุ์ โดยที่ระดับความเข้มข้น เท่ากับ 4 มก./ล. สามารถชักนำให้ข้าวไทย หลายสายพันธุ์ เช่น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ข้าวจ้าวหอมคลองหลวง กข 10 ชัยนาท 1 เหนียวสันป่าตอง ปิ่นแก้ว 56 เป็นต้น เกิดยอดทวีคูณได้จำนวนมาก และนำไปประยุกต์ใช้ในการถ่ายพลาสมิด pCAMBIA 1301 เข้าสู่ยอดอ่อนของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และสามารถพัฒนาเป็นต้นข้าวดัดแปลงพันธุกรรมที่สมบูรณ์ได้ ในขณะที่ณิชมน (2551) พบว่า สามารถถ่ายยีนโปรตีนนมผึ้งเข้าสู่แคลลัสของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ได้ แต่แคลลัสที่ได้รับยีน ไม่สามารถเกิดการพัฒนาเป็นต้นได้ ดังนั้นการถ่ายยีนในยอดอ่อนของข้าวไทยอาจจะเป็นวิธีหนึ่งที่มีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จได้มากกว่าการถ่ายยีนในแคลลัส

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองหาระดับฮอร์โมน TDZ ที่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากยอดอ่อนของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 และศึกษาประสิทธิภาพในการถ่ายยีนเข้าสู่ยอดอ่อนของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6

อุปกรณ์และวิธีการ

การชักนำให้เกิดยอดทวีคูณ (multiple shoots) ของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6

นำเมล็ดแก่ของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 มาแกะเปลือกหุ้มเมล็ดออกแล้วฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ เข้มข้น ร้อยละ 10 นาน 20 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 3-4 ครั้ง แล้วเพาะเลี้ยงให้เกิดต้น บนอาหารสูตร MS ในที่มีแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 วัน จากนั้นแยกเอาเฉพาะส่วนของยอดอ่อน ขนาดประมาณ 0.5 ซม. มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ดัดแปลงซึ่งมีการเติมฮอร์โมน TDZ เข้มข้น 0, 2, 4 และ 8 มก./ล. ในที่มีแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน

อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ สังเกตการเกิดยอดทวีคูณ โดยบันทึกผลจำนวนชิ้นส่วนที่เกิดยอดทวีคูณ และจำนวนยอดต่อชิ้นส่วน

การถ่ายยีนเข้าสู่ยอดอ่อนของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6

ทำการถ่ายยีนโดยใช้เชื้ออะโกรแบคทีเรียมสายพันธุ์ AGL-1 ที่มีพลาสมิดเวกเตอร์ pCAMBIA 1305.2 ด้วยวิธีการดัดแปลงจาก Toki (1997) โดยทำการเพาะเลี้ยงเชื้ออะโกรแบคทีเรียมที่ใช้ในการถ่ายยีนบนอาหารแข็งสูตร AB ที่มีสารปฏิชีวนะไฮโกรมัยซิน และกานามัยซิน เข้มข้น 25 และ 50 มก./ล. ตามลำดับ ในที่มืด อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน แล้วละลายเชื้ออะโกรแบคทีเรียมลงในอาหารเหลวสูตร AAM ซึ่งมี acetosyringone เข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ แช่ยอดอ่อนลงในสารละลายเชื้ออะโกรแบคทีเรียม นาน 15 นาที จากนั้นทำการเพาะเลี้ยงร่วมกันระหว่างเชื้ออะโกรแบคทีเรียมและยอดอ่อนบนอาหารแข็งสูตร 2N6-AS นาน 3 วัน ในที่มืด อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส

ทำการล้างเชื้ออะโกรแบคทีเรียมออกด้วยน้ำกลั่น และอาหารเหลวสูตร MS ซึ่งมีสารละลายไทเมนทิน เข้มข้น 150 มก./ล. แล้วคัดเลือกยอดอ่อนที่ได้รับยีนบนอาหารสูตร MS ที่เติมฮอร์โมน TDZ ที่เหมาะสม เพื่อชักนำให้เกิดยอดทวีคูณซึ่งมีสารปฏิชีวนะไฮโกรมัยซินและไทเมนทิน เข้มข้น 30 และ 150 มก./ล. ตามลำดับ นาน 2 สัปดาห์ แล้วย้ายชิ้นส่วนที่เจริญได้ไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรเดิม นาน 10 วัน หลังจากนั้นจึงชักนำให้เกิดรากด้วยอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมฮอร์โมน ซึ่งมีสารปฏิชีวนะไฮโกรมัยซินและไทเมนทิน เข้มข้น 30 และ 75 มก./ล. ตามลำดับ

การตรวจสอบต้นข้าวที่ได้รับยีน

ใช้เทคนิค GUS assay (Jefferson *et al.*, 1987) โดยการตัดใบข้าวมาบ่มในสารละลาย X-gluc ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วสังเกตการเกิดสารสีฟ้า

ผลการทดลองและวิจารณ์

การชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6

การทดลองชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ได้นำเมล็ดแก่มาลอกเปลือกออกแล้วฟอกฆ่าเชื้อ จากนั้นเพาะเลี้ยงให้เกิดต้นอ่อนโดยใช้อาหารสูตร MS เป็นเวลานาน 3 วัน แล้วแยกเอาส่วนของยอดอ่อนขนาดยาวประมาณ 0.5 ซม. มาชักนำให้เกิดยอดทวีคูณ โดยการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ดัดแปลงซึ่งมีการเติมฮอร์โมน TDZ ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 8 มก./ล. เป็นเวลานาน 17 วัน พบว่า ระดับฮอร์โมน TDZ เข้มข้น 8 มก./ล. ชักนำให้ยอดอ่อนเกิดยอดทวีคูณมากที่สุด เท่ากับ 7.72 ยอดต่อชิ้นส่วน มีการเกิดยอดทวีคูณ ร้อยละ 32.5 ในขณะที่ระดับฮอร์โมน TDZ เข้มข้น 4 มก./ล. ทำให้เกิดยอดทวีคูณ 6.50 ยอดต่อชิ้นส่วน โดยมีการเกิดยอดทวีคูณ ร้อยละ 40 (ตารางที่ 1, ภาพที่ 1)

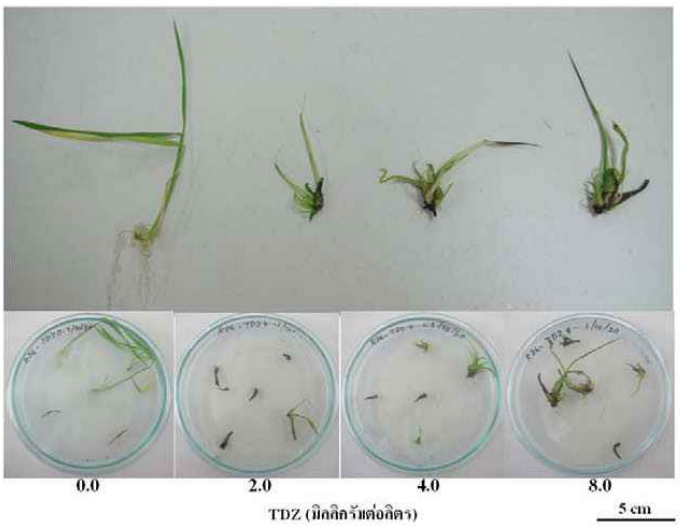
การชักนำให้เกิดยอดทวีคูณควรใช้อาหารสูตร MS ซึ่งมีฮอร์โมน TDZ เข้มข้น 8 มก./ล. ซึ่งจะได้ยอดทวีคูณจำนวนมากกว่าการใช้ฮอร์โมน TDZ เข้มข้น 4 มก./ล. โดยต้นข้าวที่ได้มีจำนวนมากกว่า และขนาดใหญ่กว่าเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า (ภาพที่ 1) ขณะที่ Yookongkaew *et al.* (2007) พบว่า การใช้TDZ เข้มข้น 8 มก./ล. ทำให้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เกิดยอดทวีคูณได้ 7 ยอดต่อชิ้นส่วน แต่ยอดมีขนาดเล็กและไม่แข็งแรง ส่วนการใช้ TDZ เข้มข้น 4 มก./ล. เหมาะสมสำหรับชักนำให้เกิดยอดทวีคูณในข้าวพันธุ์ขาว

ดอกมะลิ 105 และข้าวไทยหลายสายพันธุ์ เช่น ข้าวจ้าวหอมคลองหลวง กข 10 ตะเภาแก้ว R258 และ Chiang Pattalung โดยชักนำให้เกิดยอดทวีคูณประมาณ 4-7 ยอดต่อชิ้นส่วน เนื่องจาก TDZ เป็นฮอร์โมนในกลุ่มของไซโตไคนินซึ่งมีรายงานว่ามีการใช้เพื่อเพิ่มจำนวนต้นในพืชหลายชนิด (Gairi and Rashid 2004; Goldman *et al*. 2003; Srivatanakul *et al*. 2000).

ตารางที่ 1 ร้อยละของการเกิดยอดทวีคูณของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 โดยใช้ฮอร์โมน TDZ ที่ระดับต่างๆ

ความเข้มข้นของ TDZ (มก./ล.)	จำนวนชิ้นส่วนทั้งหมด	จำนวนยอดเฉลี่ยต่อชิ้นส่วน*	ร้อยละของการเกิดยอดทวีคูณ*
0	21	1.00^{c}	0.0^{c}
2	21	5.00^{b}	23.3^{b}
4	21	6.50^{ab}	40.0^{a}
8	21	7.72^{a}	32.5^{ab}

* ค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์ที่มีตัวอักษรเหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)



ภาพที่ 1 การเกิดยอดทวีคูณของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 โดยใช้ฮอร์โมน TDZ ที่ระดับต่างๆ

การถ่ายยีนเข้าสู่ยอดอ่อนของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 โดยใช้เชื้ออะโกรแบคทีเรียม

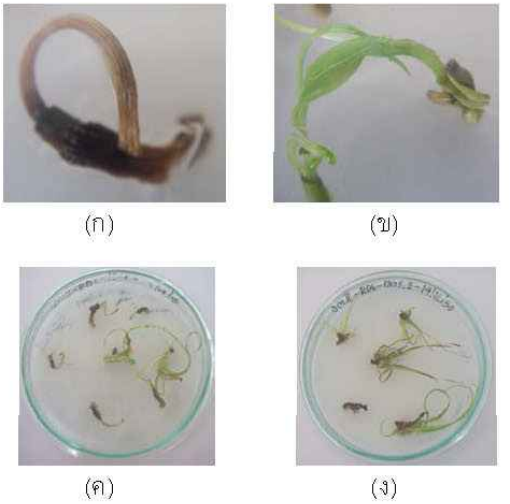
จากการทดลองถ่ายยีนเข้าสู่ยอดอ่อนของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ด้วยเชื้ออะโกรแบคทีเรียมสายพันธุ์ AGL-1 ซึ่งมีพลาสมิด pCAMBIA 1305.2 โดยมีระยะเวลาในการปลูกเชื้อ (infection) 15 นาที แล้วทำการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร 2N6-AS เป็นเวลานาน 3 วัน จากนั้นจึงทำการคัดเลือกยอดอ่อนที่ได้รับยีน โดยการเพาะเลี้ยงบนอาหารคัดเลือกสูตร MS ที่มีฮอร์โมน TDZ เข้มข้น 8 มก./ล. สารปฏิชีวนะไฮโกรมัยซินและไทเมนทิน เข้มข้น 30 และ 150 มก./ล. ตามลำดับ ในที่มีแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส พบว่า หลังการถ่ายยีนจะพบยอดอ่อนซึ่งสามารถเจริญได้มีสีเขียวคาดว่าได้รับยีนที่ถ่ายเข้าไป ในขณะที่ยอดอ่อนบางส่วนมีสีน้ำตาลซึ่งคาดว่าไม่ได้รับยีน (ภาพที่ 2)

หลังการถ่ายยีน เมื่อทำการคัดเลือกยอดอ่อนที่ได้รับยีน ครั้งที่ 1 โดยการเพาะเลี้ยงบนอาหารคัดเลือก นาน 14 วัน พบว่า มียอดอ่อนที่สามารถเจริญได้บนอาหารคัดเลือก ร้อยละ 42.86 เมื่อทำการคัดเลือกยอดอ่อนที่ได้รับยีน ครั้งที่ 2 โดยย้ายชิ้นที่ส่วนที่เจริญได้บนอาหารคัดเลือกครั้งที่ 1 มาเพาะเลี้ยงบนอาหารคัดเลือกสูตรเดิม นาน 10 วัน พบว่า มียอดอ่อนที่สามารถเจริญได้บนอาหารคัดเลือก ร้อยละ 77.78 (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2)

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการถ่ายยีนในยอดอ่อนข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 โดยใช้เชื้ออะโกรแบคทีเรียม หลังการคัดเลือกบนอาหารคัดเลือก

การคัดเลือก	จำนวนชิ้นส่วนทั้งหมด	จำนวนชิ้นส่วนที่สามารถเจริญได้	ร้อยละของชิ้นส่วนที่สามารถเจริญได้	จำนวนยอดเฉลี่ยต่อชิ้นส่วน
ครั้งที่ 1	21	9	42.86	9.53
ครั้งที่ 2	9	7	77.78	10.57

เมื่อย้ายยอดอ่อนที่เจริญได้บนอาหารคัดเลือกที่มีสารปฏิชีวนะไฮโกรมัยซินไปกระตุ้นให้เกิดราก โดยแยกยอดทวีคูณออกเป็นยอดเดี่ยวแล้วเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่มีสารปฏิชีวนะไฮโกรมัยซิน และไทเมนทิน เข้มข้น 30 และ 75 มก./ล. ตามลำดับ เป็นเวลานาน 14 วัน พบว่า มียอดอ่อนที่สามารถเจริญได้บนอาหารที่มีสารปฏิชีวนะไฮโกรมัยซิน เท่ากับร้อยละ 64.86 (ตารางที่ 3) แต่ต้นอ่อนที่ได้ยังไม่เกิดรากและยังมีลักษณะเป็นยอดทวีคูณ (ภาพที่ 3) อาจเนื่องมาจากระดับฮอร์โมน TDZ ซึ่งใช้กระตุ้นให้เกิดยอดแบบทวีคูณอยู่ในระดับสูง ซึ่งอาจยังคงมีฤทธิ์ตกค้างอยู่ภายในเซลล์ จึงย้ายยอดอ่อนไปเพาะเลี้ยงบนอาหารกระตุ้นให้เกิดรากอีกครั้ง (ครั้งที่ 2) โดยใช้อาหารสูตรเดิม พบว่า ยอดอ่อนที่ถ่ายยีนสามารถเจริญและเกิดราก ร้อยละ 97.92 (ตารางที่ 3) แล้วจึงทำการแยกปลูกและตรวจสอบการได้รับยีนด้วยเทคนิค GUS assay พบว่า ใบข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ที่ไม่ได้ถ่ายยีน ไม่เกิดสารสีฟ้า ในขณะที่ใบข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ที่ถ่ายยีนด้วยพลาสมิด pCAMBIA 1305.2 เกิดสารสีฟ้าบริเวณรอยตัด และกลางใบ จำนวน 5 ต้น จาก 47 ต้น คิดเป็นร้อยละ 10.64 (ภาพที่ 4) แสดงว่า ระบบที่ดัดแปลงขึ้นสามารถถ่ายยีนในยอดอ่อนของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 โดยใช้เชื้ออะโกรแบคทีเรียมได้ แต่ยังคงมีประสิทธิภาพที่ต่ำ Yookongkaew *et al.* (2007) พบว่า สายพันธุ์ของเชื้ออะโกรแบคทีเรียมมีผลต่อประสิทธิภาพในการถ่ายยีน โดยการใช้เชื้ออะโกรแบคทีเรียมสายพันธุ์ AGL-1 ให้ประสิทธิภาพในการถ่ายยีนต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้ออะโกรแบคทีเรียมสายพันธุ์ EHA105 ดังนั้นจะต้องทำการศึกษาสายพันธุ์ของเชื้ออะโกรแบคทีเรียมที่เหมาะสมต่อการถ่ายยีนในยอดอ่อนต่อไป อย่างไรก็ตามวิธีการถ่ายยีนเข้าสู่ยอดอ่อนทำได้รวดเร็วกว่าการถ่ายยีนเข้าสู่แคลลัส (Cho *et al.* 2003)



(ก) (ข)

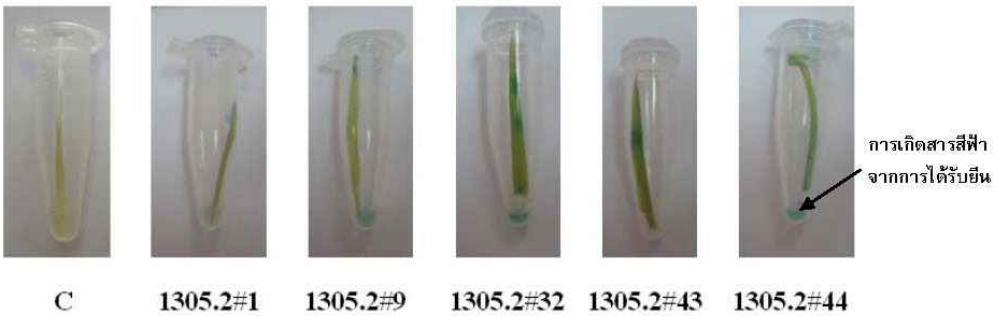
(ค) (ง)

ภาพที่ 2 ลักษณะของยอดอ่อนที่เพาะเลี้ยงบนอาหารคัดเลือกหลังการถ่ายยีน
(ก) ยอดอ่อนที่ไม่สามารถเจริญได้บนอาหารคัดเลือก
(ข) ยอดอ่อนที่สามารถเจริญได้บนอาหารคัดเลือก
(ค) ยอดอ่อนที่ถ่ายยีนและเพาะเลี้ยงบนอาหารคัดเลือกครั้งที่ 1
(ง) ยอดอ่อนที่ถ่ายยีนและเพาะเลี้ยงบนอาหารคัดเลือกครั้งที่ 2

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการถ่ายยีนในยอดอ่อนข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 โดยใช้เชื้ออะโกรแบคทีเรียม หลังการกระตุ้นให้เกิดราก

การกระตุ้นให้เกิดราก	จำนวนชิ้นส่วนทั้งหมด	จำนวนชิ้นส่วนที่สามารถเจริญได้	ร้อยละของชิ้นส่วนที่สามารถเจริญได้	จำนวนชิ้นส่วนที่เกิดราก	ร้อยละของชิ้นส่วนที่เกิดราก
ครั้งที่ 1	74	48	64.86	0	0.0
ครั้งที่ 2	48	47	97.92	47	97.92

ภาพที่ 3 ลักษณะของยอดอ่อนที่ถ่ายยีนซึ่งเพาะเลี้ยงบนอาหารกระตุ้นให้ออกราก



ภาพที่ 4 ลักษณะการเกิดจุดสีฟ้าของต้นข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ที่ได้จากการถ่ายยีนเข้าสู่ยอดอ่อน

หมายเหตุ: C คือ ใบข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ที่ไม่ได้ถ่ายยีน

1305.2 #1, 9, 32, 43 และ 44 คือ ใบข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ที่ถ่ายยีนด้วยพลาสมิด pCAMBIA 1305.2 ต้นที่ 1, 9, 32, และ 44

สรุปผลการทดลอง

อาหารสูตร MS ซึ่งมีฮอร์โมน TDZ เข้มข้น 8 มก./ล. เหมาะสมสำหรับการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ซึ่งจะได้ยอดทวีคูณจำนวนมากในระยะเวลาที่รวดเร็ว และจากการทดลองประสบความสำเร็จในการถ่ายยีนเข้าสู่ยอดอ่อนของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 โดยพบว่า ต้นข้าวมีการแสดงออกของยีนรายงานผล (*gusPlus*) และมีประสิทธิภาพในการถ่ายยีน ร้อยละ 10.64 ซึ่งในอนาคตจะต้องทำการตรวจสอบการแทรกตัวของยีนในจีโนม และศึกษาปัจจัยอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายยีนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณ Professor Dr.Thomas W. Okita (Washington State University, USA) ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้ออะโกรแบคทีเรียม และขอขอบพระคุณ ดร.เมธินี ศรีวัฒนกุล (สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร) ที่ให้คำปรึกษาสำหรับการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

ณิชมน ธรรมรักษ์. 2551. **การศึกษาการถ่ายยีนและการแสดงออกของยีนโปรตีนนมผึ้งในข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ Kitaake และข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. 153 น.

สมาคมผู้ส่งออกข้าวต่างประเทศ. 2551. **ผลผลิตข้าว**. จาก *http://www.rice exporters.or.th/production.htm* [12 พฤษภาคม 2551].

Cho, M.J., H.W. Choi, D. Okamoto, S. Zhang, P.G. Lemaux. 2003. Expression of green fluorescent protein and its inheritance in transgenic oat plants generated from shoot meristematic cultures. **Plant Cell Rep.** 21: 467-474.

Gairi, A. and A. Rashid. 2004. TDZ-induced somatic embryogenesis in non-responsive caryopses of rice using a short treatment with 2,4-D. **Plant Cell Tiss Org Cult.** 76: 29-33.

Goldman, J.J., W.W. Hanna, G. Fleming and P. Ozias-Akins. 2003. Fertile transgenic pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R.r.] plants recovered through microprojectile bombardment and phosphinothricin selection of apical meristem-, inflorescence, and immature embryoderived embryogenic tissues. **Plant Cell Rep.** 21: 999-1009.

Jefferson, R.A. 1987. Assaying chimeric genes in plants: the GUS gene fusion system. **Plant Mol Biol Rep.** 5: 387-405.

Srivatanakul M., S. Park, J. Sanders, M. Salas and R. Smith. 2000. Multiple shoot regeneration of kenaf (Hibicus cannabinus L.) from a shoot apex culture system. **Plant Cell Rep.** 19:1165-1170

Toki, S. 1997. Rapid and efficient *Agrobacterium*–mediated transformation in rice. **Plant Molecular Biology Reporter.** 15: 16-21.

Yookongkaew N., M. Srivatanakul and J. Narangajavana. 2007. Development of genotype-independent regeneration system for transformation of rice (*Oryza sativa* ssp. indica). **J Plant Res.** 120 (2): 237-245.

การสกัดสารเคอร์คูมินจากขมิ้น

Curcumin Extraction from Turmeric

สุรชัย วงชารี[1,2] ไพรัตน์ แก้วสาร[1] ทศพร ลีลา[3] และเทพอมร ซื่อสัตย์[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190

[2]ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย ศูนย์เครือข่ายมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190

E-mail:coke.wongcharee@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสกัดสารเคอร์คูมินจากขมิ้น เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมินในขมิ้น โดยเครื่อง UV/vis-spectrophotometer ศึกษาผลของอุณหภูมิ และเวลา ที่มีผลต่อการสกัดสารเคอร์คูมิน และศึกษาความสามารถของสารเคอร์คูมินที่สกัดได้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมินจากการสกัดขมิ้นชันแห้งโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล และเอทานอล ที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50°ซ ที่เวลา 30 นาที 1, 2, 5, 10 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ และส่วนที่ 2 เป็นการทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ผลของการศึกษาพบว่า การสกัดสารเคอร์คูมินจากขมิ้นชันแห้งโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล และเอทานอล ที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50°ซ และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดต่างๆ จะเห็นได้ว่าที่เวลาเดียวกัน ค่าความเข้มข้นมีค่าลดน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และในการสกัดค่าความเข้มข้นเริ่มเข้าสู่สมดุลที่เวลา 5-24 ชั่วโมง จากการสกัดสารเคอร์คูมินด้วยตัวทำละลายเมทานอลและเอทานอล 20 มิลลิลิตรที่เวลาเดียวกัน จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นของการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล

การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ตัวทำละลายเอทานอล สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ได้ดีกว่าตัวทำละลายเมทานอล

คำสำคัญ: เคอร์คูมิน *Aspergillus niger*

Abstract

This research, curcumin was extracted from turmeric in order to analyze the amount of curcumin in turmeric. Using UV/vis-spectrophotometer, a study of variable temperature and time results that had an effect on curcumin extraction was carried out. In addition, extracted curcumin's ability in the suppression of the growth of the fungi *Aspergillus niger* was studied. Two experiments were done. The first was an analysis of the amount of curcumin in dried turmeric. The curcumin was extracted using two solvents: methanol and ethanol. The conditions of extraction were temperature at 25, 40, and 50°C and the extraction time were at 30 minutes, 1, 2, 5, 10 and 24 hours, respectively. The second experiment was study of growth suppression of fungi *Aspergillus*

niger. The results found that the intensity of extractable curcumin decreased when extraction temperatures increased. Extracted curcumin's intensity began to balance at the 5 hour point and then onto 24 hours. Twenty millimeters of extracted curcumin with methanol and ethanol-extracted within the same time-range showed that ethanol extracted curcumin of higher intensity than methanol.

Ethanol was also better able to and more effectively suppress the growth of the fungi *Aspergillus niger* than methanol.

Key words: curcumin, *Aspergillus niger*

คำนำ

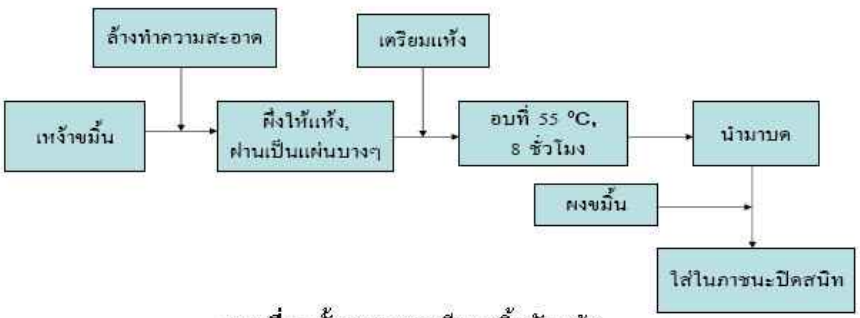
ขมิ้น พืชสมุนไพรทรงคุณค่าที่มีอยู่ตามธรรมชาติมาช้านาน เพราะด้วยคุณประโยชน์ที่สามารถนำมาใช้ทางยา จากรายงานการทดลองวิจัยและศึกษาค้นคว้าของสถาบัน รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ พบว่า "ขมิ้น" สามารถใช้บำบัดรักษาอาการของโรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับคนเราได้ไม่น้อยกว่า 50 โรค อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ปรุงแต่งสีสัน เพิ่มรสชาติของอาหารให้มีความน่ารับประทาน และมีคุณค่าทางโภชนาการมากยิ่งขึ้น เรียกได้ว่า เป็นทั้งอาหารและยาเลยทีเดียว

สารเคมีที่พบในขมิ้นชันจะพบในส่วนของน้ำมันหอมระเหยเป็นสำคัญ โดยทั่วไปแล้วขมิ้นจะมีน้ำมันหอมระเหยตั้งแต่ 2-6% น้ำมันมีสีเหลืองและเรืองแสงได้เล็กน้อย สารเคมีที่พบ คือ สารเคอร์คูมิน (curcumin) สารนี้มีสีเหลืองส้ม หรือสีเหลืองแดงซึ่งเป็นสีของขมิ้นนั่นเอง สารนี้ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ และกรดแอซิตริก

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมขมิ้นชันแห้ง

นำเหง้าขมิ้นชันมาล้างทำความสะอาดผึ่งแล้วฝานเป็นแผ่นบางๆ โดยไม่ต้องปลอกเปลือกขมิ้น หลังจากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 55 ^{o}ซ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำขมิ้นชันที่อบแห้งแล้วไปเข้าเครื่องปั่นเพื่อบดเป็นผงแล้วเก็บผงขมิ้นชันที่ได้ใส่ลงในภาชนะขวดแก้วสีชาที่แห้งแล้วปิดฝาให้สนิท ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมขมิ้นชันแห้ง

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (standard solution)

(1) Curcumin standard solution โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย เตรียมโดยละลาย Curcumin 0.01 กรัม ในเมทานอล 25 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสาร Curcumin standard solution ที่ได้มา 20, 40, 80, 100 และ 120 ไมโครลิตรใส่ลงในขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับ ปริมาตรด้วยเมทานอล จนมีปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ได้ความเข้มข้นเป็น 0.8, 1.6, 3.2, 4 และ 4.8 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง UV/vis-spectrophotometer เลือกความยาวคลื่นที่ 420 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้นำไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (แกน y) กับค่าความเข้มข้นหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร (แกน x)

(2) เตรียม Curcumin standard solution เช่นเดียวกันกับข้อ (1) แต่เปลี่ยนตัวทำละลายเป็นเอทานอลแทน

การเตรียมสารเพื่อนำไปใช้ทดสอบการยับยั้งเชื้อรา

ส่วนที่ 1 ชั่งขมิ้นชันแห้ง 5 กรัม ลงในบีกเกอร์ แล้วเติมเมทานอล ลงไป 20 มิลลิลิตร

ส่วนที่ 2 ชั่งขมิ้นชันแห้ง 5 กรัม ลงในบีกเกอร์ แล้วเติมเอทานอล ลงไป 20 มิลลิลิตร

ส่วนที่ 3 ชั่งผงเคอร์คูมินมาตฐาน 1 กรัม ลงในบีกเกอร์ แล้วเติมเมทานอล ลงไป 20 มิลลิลิตร

ส่วนที่ 4 ชั่งผงเคอร์คูมินมาตฐาน 1 กรัม ลงในบีกเกอร์ แล้วเติมเอทานอล ลงไป 20 มิลลิลิตร ใช้กระดาษฟรอยปิดบีกเกอร์ทั้ง 4 อัน ให้แน่นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25°ซ) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้ทั้ง 4 บีกเกอร์ มากรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ เพื่อกำจัดกากขมิ้นชันแห้งหรือตะกอน

ส่วนที่ 5 เตรียมเมทานอล ความเข้มข้น 95% 20 มิลลิลิตร

ส่วนที่ 6 เตรียมเอทานอล ความเข้มข้น 95% 20 มิลลิลิตร

ส่วนที่ 7 เตรียมผงเคอร์คูมินมาตรฐาน 1 กรัม

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นบริสุทธิ์ 250 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแล้วนำไปละลายด้วยเครื่องไมโครเวฟจากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave) 121°ซ เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ในตู้สำหรับการถ่ายเชื้อรา (Laminar flow) เพื่อให้ลดความร้อนแล้วนำไปเทลงในเพลท

การวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมินจากการสกัดขมิ้นชันแห้งที่อุณหภูมิห้อง

ชั่งขมิ้นชันแห้ง 20 กรัม ลงในบีกเกอร์ 6 อัน และตวงตัวทำละลายเมทานอลปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงทั้ง 6 บีกเกอร์ ตั้งบีกเกอร์ที่ละลายขมิ้นชันแห้งทั้ง 6 อัน ที่อุณหภูมิห้อง โดยบีกเกอร์ที่ 1 ที่เวลา 30 นาที บีกเกอร์ที่ 2 ที่ 1 ชั่วโมง บีกเกอร์ที่ 3 ที่เวลา 2 ชั่วโมง บีกเกอร์ที่ 4 ที่เวลา 5 ชั่วโมง บีกเกอร์ที่ 5 ที่เวลา 10 ชั่วโมง และบีกเกอร์ที่ 6 ที่เวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำสารละลายที่ได้แต่ละชุดการทดลองมากรองด้วยวิธีการกรองหยาบและกรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ จะได้สารละลายที่กำจัดกากหมดสิ้น นำสารเคอร์คูมินที่ได้แต่ละชุดการทดลอง ไปวัดค่าดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง UV-spectrophotometer เพื่อหาความเข้มข้นของสารออกมา โดยเทียบจากกราฟมาตรฐาน ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนตัวทำละลายจาก เมทานอลเป็นเอทานอล

การวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมินจากการสกัดขมิ้นชันแห้งที่อุณหภูมิ 40°ซ

ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับอุณหภูมิห้องโดยเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองจากอุณหภูมิห้องเป็นที่อุณหภูมิ 40°ซ

การวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมินจากการสกัดขมิ้นชันแห้งที่อุณหภูมิ 50°ซ

ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับอุณหภูมิห้องโดยเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองจากอุณหภูมิห้องเป็นที่อุณหภูมิ 50°ซ

การทดลองในส่วนของการทดสอบการยับยั้งเชื้อรา

(1) นำเมทานอล หยดลงจานอาหารเลี้ยงเชื้อโดยทำการ spread plate เพียงครึ่งเดียวของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นเติมสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus niger* ลงกลางวุ้นของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

(2) นำเอทานอล หยดลงจานอาหารเลี้ยงเชื้อโดยทำการ spread plate เพียงครึ่งเดียวของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นเติมสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus niger* ลงกลางวุ้นของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

(3) นำสารละลายที่ได้จากการสกัดขมิ้นชันแห้งด้วยตัวทำละลายเมทานอล หยดลงจานอาหารเลี้ยงเชื้อโดยทำการ spread plate เพียงครึ่งเดียวของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นเติมสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus niger* ลงกลางวุ้นของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

(4) นำสารละลายที่ได้จากการสกัดขมิ้นชันแห้งด้วยตัวทำละลายเอทานอล หยดลงจานอาหารเลี้ยงเชื้อโดยทำการ spread plate เพียงครึ่งเดียวของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นเติมสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus niger* ลงกลางวุ้นของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

(5) นำสารละลายที่ได้จากการสกัดผงเคอร์คูมินมาตรฐานด้วยตัวทำละลายเมทานอล หยดลงจานอาหารเลี้ยงเชื้อโดยทำการ spread plate เพียงครึ่งเดียวของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นเติมสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus niger* ลงกลางวุ้นของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

(6) นำสารละลายที่ได้จากการสกัดผงเคอร์คูมินมาตรฐานด้วยตัวทำละลายเอทานอล หยดลงจานอาหารเลี้ยงเชื้อโดยทำการ spread plate เพียงครึ่งเดียวของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นเติมสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus niger* ลงกลางวุ้นของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

(7) นำผงเคอร์คูมินมาตรฐานใส่ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำการเกลี่ยผงให้ทั่วโดยเกลี่ยแค่เพียงครึ่งเดียวของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

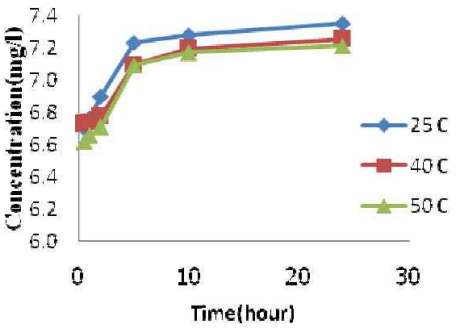
ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณของสารเคอร์คูมินที่สกัดได้โดยใช้เครื่องมือ UV/vis-pectrophotometer

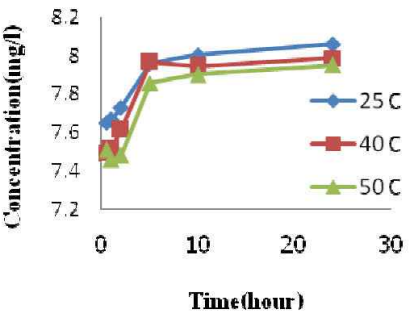
จากภาพที่ 2 พบว่าความเข้มข้นของสารเคอร์คูมินที่สกัดที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50°ซ เริ่มต้นเส้นกราฟจะมีค่าสูงขึ้นตั้งแต่เวลา 30 นาที ไปจนถึง 5 ชั่วโมง จากนั้นความเข้มข้นของสารเคอร์คูมินจะเข้าสู่สมดุล เส้นกราฟจะค่อนข้างเป็นเส้นตรงขนานกับแกน X จากกราฟภาพที่ 2 สรุปได้ว่า เวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารเคอร์คูมินจากขมิ้นด้วยตัวทำละลายเมทานอล คือ ที่เวลา 5 ชั่วโมง และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสารเคอร์คูมินจากขมิ้นด้วยตัวทำละลายเมทานอล คือ ที่อุณหภูมิ 25°ซ (อุณหภูมิห้อง)

จากภาพที่ 3 พบว่า ความเข้มข้นของสารเคอร์คูมินที่สกัดที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50°ซ เริ่มต้นเส้นกราฟจะมีค่าสูงขึ้นตั้งแต่เวลา 30 นาที ไปถึง 5 ชั่วโมง จากนั้นความเข้มข้นของสารเคอร์คูมินจะเข้าสู่สมดุลเส้นกราฟจะค่อนข้างเป็นเส้นตรงขนานกับแกน X จากกราฟภาพที่ 3 สรุปได้ว่า เวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารเคอร์คูมินจากขมิ้นด้วยตัวทำละลายเมทานอล คือ ที่เวลา 5 ชั่วโมง และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสารเคอร์คูมินจากขมิ้นด้วยตัวทำละลายเอทานอล คือ ที่อุณหภูมิ 25°ซ (อุณหภูมิห้อง)

จากภาพที่ 2 และ 3 แสดงค่าความเข้มข้นของสารเคอร์คูมินจากขมิ้นด้วยตัวทำละลายเมทานอลและเอทานอล จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิเดียวกัน ตัวทำละลายเอทานอลจะสามารถสกัดสารเคอร์คูมินได้ความเข้มข้นสูงกว่าตัวทำละลายเมทานอล



ภาพที่ 2 ค่าความเข้มข้นกับเวลาที่ใช้ในการสกัดขมิ้นชันแห้งที่ตัวทำละลายเมทานอล



ภาพที่ 3 ค่าความเข้มข้นกับเวลาที่ใช้ในการสกัดขมิ้นชันแห้งที่ตัวทำละลายเอทานอล

ผลการทดลองการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger*

จากภาพที่ 4 สรุปชุดการทดลองได้ดังนี้

การทดลองชุดที่ 1 หลังจากระยะเวลา 3 วัน การเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* เจริญได้ดีในพื้นที่ของจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ทำการหยดเมทานอล แต่ในพื้นที่ของจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการหยดเมทานอลจะเจริญเติบโตได้ไม่ดีเท่าที่ควรเพราะ เมทานอลสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ด้วยตัวเองอยู่แล้ว

การทดลองชุดที่ 2 หลังจากระยะเวลา 3 วัน การเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* เจริญได้เล็กน้อยในพื้นที่ของจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ทำการหยดเอทานอล แต่ในพื้นที่ของจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการหยดเอทานอลจะเจริญเติบโตได้ไม่ดีหรือแทบจะไม่เจริญเติบโต เพราะเอทานอลสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ด้วยตัวเองอยู่แล้ว

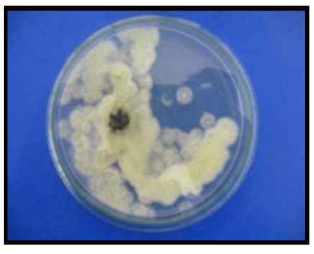
การทดลองชุดที่ 3 หลังจากระยะเวลา 3 วัน มีการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ได้ไม่เต็มที่โดยเฉพาะบริเวณที่มีการเติมสารสกัดเคอร์คูมินที่ได้จากขมิ้น (พื้นที่สีเหลือง) โดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล

การทดลองชุดที่ 4 หลังจากระยะเวลา 3 วัน มีการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ได้ไม่เต็มที่หรือแทบจะไม่มีเชื้อราเจริญเติบโตเลยโดยเฉพาะบริเวณที่มีการเติมสารสกัดเคอร์คูมินที่ได้จากขมิ้น (พื้นที่สีเหลือง) โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล

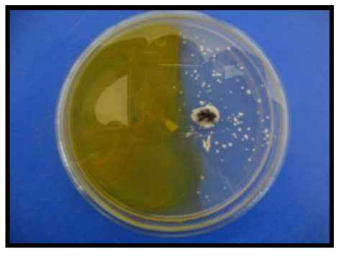
การทดลองชุดที่ 5 หลังจากระยะเวลา 3 วัน มีการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ได้ไม่เต็มที่โดยเฉพาะบริเวณที่มีการเติมสารเคอร์คูมินมาตรฐาน (พื้นที่สีเหลือง) โดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล

การทดลองชุดที่ 6 หลังจากระยะเวลา 3 วัน มีการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ได้ไม่เต็มที่หรือแทบจะไม่มีเชื้อราเจริญเติบโตเลยโดยเฉพาะบริเวณที่มีการเติมสารเคอร์คูมินมาตรฐาน (พื้นที่สีเหลือง) โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล

การทดลองชุดที่ 7 หลังจากระยะเวลา 3 วัน มีการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ได้ดีบริเวณรอบ ๆขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ส่วนบริเวณที่มีการเติมสารเคอร์คูมินมาตรฐาน (พื้นที่สีเหลือง) การเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* เจริญได้ไม่เต็ม

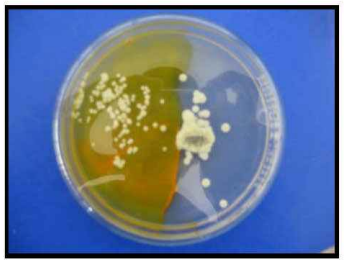


การทดลองที่ 1



การทดลองที่ 4

การทดลองที่ 2



การทดลองที่ 5

การทดลองที่ 3

การทดลองที่ 6

การทดลองที่ 7

ภาพที่ 4 การเจริญเติบโตของเชื้อรา ***Aspergillus niger*** ที่การทดลองต่าง ๆ

สรุปผลการทดลอง

จากการสกัดสารเคอร์คูมินด้วยตัวทำละลายเมทานอลและเอทานอล 20 มิลลิลิตร ที่เวลาเดียวกัน จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นของการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล มีค่าความเข้มข้นสูงกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล

การสกัดสารเคอร์คูมิน จากขมิ้นชันแห้งโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล และเอทานอล ที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50°ซ และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดต่างๆ จะเห็นได้ว่าที่เวลาเดียวกัน ค่าความเข้มข้นมีค่าลดน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และในการสกัดค่าความเข้มข้นเริ่มเข้าสู่สมดุลที่เวลา 5 ชั่วโมง จนถึง 24 ชั่วโมง

ตัวทำละลายเอทานอล สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ได้ดีกว่าตัวทำละลายเมทานอล และจากการทดลองชุดที่ 7 สารเคอร์คูมินมาตรฐานมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

เอกสารอ้างอิง

กนิษฐา พรสวัสดิ์ชัย และกัญญา งามโกศล. 1998. **การพัฒนาตำรับยาสีฟันสมุนไพร**. โครงการพิเศษ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล: กรุงเทพฯ.

โครงการสมุนไพรกับการสาธารณสุขมูลฐาน. 2529. กระทรวงสาธารณสุข: กรุงเทพฯ. 7 น.

นิตยา กิจสุภา. 2002. **ฤทธิ์ป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหารของน้ำมันขมิ้นชัน**. รายงานการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ: กรุงเทพฯ.

พัชรีวัลย์ ปั้นเหน่งเพ็ชร จินตนาภรณ์ วัฒนธร อรพิน ผาสุริย์วงษ์ วิจิตรา ทัศนียกุล และบุญเกิด คงยิ่งยศ. 2000. ฤทธิ์ของผงขมิ้นในการรักษาแผลในกระเพาะอาหารของหนูขาว. **ศรีนครินทร์เวชสาร**. 15(4): 25-40.

โสภิต ธรรมอารี จันทิมา ปโชติการ มณฑิรา ตัณฑ์เกยูร และจันทนี อิทธิพานิชพงศ์. 1985. ฤทธิ์ของยาสมุนไพร 30 ชนิดที่มีสรรพคุณในการรักษาโรคท้องร่วงและบิดต่อการบีบตัวของลำไส้เล็กหนูตะเภา. **จุฬาลงกรณ์เวชสาร**. 29(1): 39-51.

สภาวะที่เหมาะสมในการพรีทรีทเมนต์ตอซังข้าวเพื่อการผลิตเอทานอล

Optimization of Pretreatment Condition of Rice Straw for Ethanol Production

สมคิด ดีจริง และธารทิพย์ ศรีสวัสดิ์

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

E-mail: somkid_d@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การพรีทรีทเมนต์ตอซังข้าว ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ พรีทรีทเมนต์ตอซังข้าวด้วยสารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 0.25, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และน้ำกลั่น โดยแต่ละความเข้มข้นของกรดทำในสภาวะต่างๆ 4 สภาวะคือ แช่ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100, 110 และ 121 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ ระยะเวลา 30 นาที จากนั้นล้างแล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และทำการไฮโดรไลซิส พบว่า การทำพรีทรีทเมนต์ตอซังข้าวด้วยกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยแช่ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ได้ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด เท่ากับ 21.67 กรัมต่อลิตร

เตรียมตอซังข้าวที่ผ่านการพรีทรีทเมนต์ตามสภาวะที่เหมาะสม โดยเตรียม 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ล้างตอซังข้าวที่ผ่านการพรีทรีทเมนต์แล้วและอบให้แห้งที่ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ระยะ 24 ชั่วโมง ก่อนการไฮโดรไลซิส และแบบที่ 2 ทำการไฮโดรไลซิสต่อเนื่อง (ไม่ล้างและไม่อบแห้ง) พบว่า ได้ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 20.21 และ 10.19 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อหมักเอทานอลจากสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการไฮโดรไลซิสตอซังข้าว ที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายน้ำตาลก่อนการหมักเท่ากับ 4.5 โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถหมักได้เอทานอลสูงสุดเท่ากับ 0.978 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่เวลา 72 ชั่วโมง

Abstract

The pretreatment of rice straw was seperated two experiments. The rice straw was pretreated with 0.25, 0.5 and 1.0 %(v/v) sulfuric acid and distilled water. Each experiment was done four conditions (at ambient temperature for 24 hours, 100, 111 and 121°C, respectively) under autoclaving for 30 min. The pretreated rice straw was dried heat at 55°C for 24 hours. The pretreated rice straw with 1.0% (v/v) sulfuric acid at ambient temperature for 24 hours showed highest reducing sugar concentration 21.67 g/l.

The rice straw which pretreated under optimal condition was two treatments. Treatment I, dried at 55°C for 24 hours and Treatment II, continued for hydrolysis process (not wash and not dry heat treatment). The reducing sugar content from the pretreated rice straw which dry heat treatment at 55°C for 24 hours and continued for hydrolysis were 20.21 and 10.19 g/l, respectively.

The rice straw hydrolysate was adjusted to pH 4.5 and inoculated with yeast *Saccharomyces cerevisiae* and incubated at 35°C. The result showed maximum ethanol concentration 0.978% (v/v) at 72 hours.

Key words: pretreatment, hydrolysis, rice straw, ethanol, *Saccharomyces cerevisiae*

คำนำ

เนื่องจากพลังงานที่ได้จากแหล่งธรรมชาติกำลังจะหมดสิ้นไป ส่งผลให้เกิดวิกฤตการณ์ราคาน้ำมันในตลาดโลกสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เอทานอลจึงเป็นพลังงานที่น่าสนใจ เนื่องจากการผสมเอทานอล หรือเอทิลแอลกอฮอล์ ลงในน้ำมันเบนซินเพื่อทดแทนสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ที่เป็นสารเพิ่มค่าออกเทน และเป็นสารตะกั่วในน้ำมัน ได้เป็น "แก๊สโซฮอล์" เป็นการช่วยลดปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินและช่วยลดการสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศ เพราะสาร MTBE ต้องนำเข้าจากต่างประเทศมูลค่าหลายพันล้านบาทต่อปี นอกจากนี้ "แก๊สโซฮอล์" ยังมีข้อดีคือ ราคาถูกกว่าน้ำมันเบนซิน และเป็นพลังงานสะอาดเนื่องจากเผาไหม้ได้หมดไม่มีสารตกค้างจึงส่งผลดีสภาพแวดล้อม และยังมีส่วนช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย

ในอดีตและปัจจุบัน วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอล จำกัดอยู่เพียงพืชที่มีน้ำตาลและแป้ง แต่วัตถุดิบดังกล่าวมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล เนื่องจากนำมาใช้ผลิตเป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ แต่วัสดุเหลือทิ้งที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ฟางข้าว ชานอ้อย แกลบ เปลือกและซังข้าวโพด ขี้เลื่อย และอื่นๆ เมื่อย่อยสลายวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวแล้วจะได้น้ำตาลที่จุลินทรีย์สามารถหมักให้ได้สารที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ รวมทั้ง เอทานอลด้วย ประเทศไทยมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีเซลลูโลสอยู่ปริมาณมาก โดยเฉพาะตอซังข้าว ที่เกษตรกรมักเผาตอซังข้าวทิ้ง ซึ่งก่อให้เกิดผลเสีย ได้แก่ ทำให้โครงสร้างของดินเปลี่ยนแปลงไป ทำลายสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ในดิน ทำลายสภาพแวดล้อมและยังส่งผลกระทบอื่นๆ ต่อเนื่องตามมาอีกมากมาย

เนื่องจากเซลลูโลสมีโครงสร้างที่ซับซ้อนทำให้ยากต่อการย่อยสลายให้ได้น้ำตาล ในขั้นตอนของการพรีทรีทเมนต์และการไฮโดรไลซิสเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ที่มีผลทำให้ได้ความเข้มข้นของน้ำตาลมากตามต้องการหรือไม่ งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการพรีทรีทเมนต์ก่อนการไฮโดรไลซิสตอซังข้าว และทดลองผลิตเอทานอลจากสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการไฮโดรไลซิสตอซังข้าว เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้งทางการเกษตร และเป็นการสนับสนุนให้เกษตรกรเห็นประโยชน์และคุณค่าของตอซังข้าวได้เด่นชัดขึ้นแทนที่จะเผาตอซังจนเกิดมลภาวะ นอกจากนี้ วัตถุดิบเหล่านี้ยังเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วเกิดขึ้นได้ใหม่ จึงถือว่าเชื้อเพลิงจากมวลชีวภาพที่ใช้ได้ไม่หมด และยังเป็นแนวทางให้ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่มีรากฐานทางกสิกรรมสามารถผลิตพลังงานทดแทนได้เองภายในประเทศอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการพรีทรีทเมนต์ตอซังข้าว

นำตอซังข้าวมาทำการพรีทรีทเมนต์ ด้วยสารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้นต่างๆ คือ 0.25, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (v/v) และน้ำกลั่น โดยใช้อัตราส่วนตอซังข้าว:สารละลายกรดซัลฟุริก เท่ากับ 1:20 ซึ่งแต่ละความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟุริก ทำในสภาวะต่างๆ กัน คือ แช่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100, 110 และ 121°ซ ซึ่งแต่ละอุณหภูมิใช้ระยะเวลา 30 นาที โดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) จากนั้นนำตอซังข้าวที่ผ่านการพรีทรีทเมนต์ที่เหมาะสมในการทดลองที่ 1 ดำเนินการต่อในการทดลองที่ 2 คือ ล้างด้วยน้ำแล้วนำไปอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 55°ซ ระยะ 24 ชั่วโมง ก่อนการไฮโดรไลซิส จากนั้นนำตอซังข้าวที่ผ่านการพรีทรีทเมนต์แล้วไปไฮโดรไลซิสโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110°ซ ระยะเวลา 30 นาที โดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ ทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธีของ Somogyi (1952) เลือกสภาวะที่ได้ความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดไว้ศึกษาต่อไป

วิธีการเตรียมตอซังข้าวที่ผ่านการพรีทรีทเมนต์ก่อนนำไปไฮโดรไลซิส

นำตอซังข้าวที่ทำการพรีทรีทเมนต์ตามสภาวะที่เหมาะสมที่ได้ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดมาเตรียมตอซังต่อโดยแบ่งการทดลองเป็น 2 แบบคือแบบที่ 1 นำตอซังข้าวที่ผ่านการพรีทรีทเมนต์แล้วนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกับ 7.0 และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ ระยะ 24 ชั่วโมง ก่อนการไฮโดรไลซิส และแบบที่ 2 ทำการไฮโดรไลซิสต่อเนื่อง (ไม่ล้างและไม่อบแห้ง) ซึ่งใช้อัตราส่วนตอซังข้าว:สารละลายกรดซัลฟุริก เท่ากับ 1:20 ซึ่งสภาวะในการไฮโดรไลซิส คือใช้สารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 110°ซ ระยะเวลา 30 นาที โดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ และทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธีของ Somogyi (1952)

การหมักเอทานอล

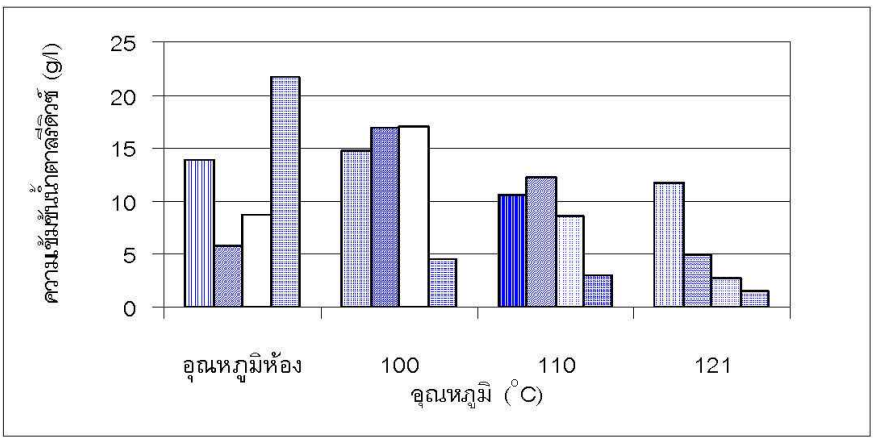
นำตอซังข้าวมาทำพรีทรีทเมนต์ตามสภาวะที่เหมาะสม คือแช่ในสารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเตรียมตอซังข้าวโดยนำไปล้างด้วยน้ำแล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปไฮโดรไลซิสด้วยสารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 121°ซ ระยะเวลา 20 นาที (ความเข้มข้นของกรดซัลฟุริก อุณหภูมิและระยะเวลา ที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้ศึกษาแล้วว่าเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่ได้ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด แต่ไม่ได้นำผลการทดลองมาแสดงในงานวิจัยนี้) นำสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการไฮโดรไลซิสตอซังข้าว 300 มิลลิลิตร มาบรรจุในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร และปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายน้ำตาลก่อนการหมักเท่ากับ 4.5 และเติมยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* อายุ 24 ชั่วโมง ที่มีค่าความขุ่นของเซลล์ยีสต์เท่ากับ 0.5 ลงในสารละลายน้ำตาล ปริมาตร 1 มิลลิลตร ลงในสารละลายน้ำตาลสำหรับการหมัก บ่มเชื้อบนเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็วรอบ 80 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 35°ซ เก็บตัวอย่าง ครั้งละ 15 มิลลิลิตร ทุก 24 ชั่วโมง ระยะเวลา 96 ชั่วโมง วัดการเจริญของเซลล์ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงของสาร (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น

660 นาโนเมตร ทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธีของ Somogyi (1952) และสกัดเอทานอลโดยวิธี Solid phase microextraction (SPME) โดยใช้ Carbowax™/DVB stable Flex™ fiber for manual holder 70 µm และวิเคราะห์ความเข้มข้นของเอทานอลด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรเมตรี(gas chromatography mass spectrometry, GC-MS) เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานเอทานอล และวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมัก โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

ผลการทดลอง

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการพรีทรีทเมนต์ตอซังข้าว

จากการนำตอซังข้าวมาทำพรีทรีทเมนต์ ด้วยสารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้นต่างๆ คือ 0.25, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (v/v) และน้ำกลั่น โดยแต่ละความเข้มข้น ทำในสภาวะต่างๆ กัน คือ แช่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100, 110 และ 121°ซ ซึ่งแต่ละอุณหภูมิใช้ระยะเวลา 30 นาที โดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ จากนั้นนำตอซังข้าวที่ผ่านการทำพรีทรีทเมนต์แล้วไปล้างและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ ระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการไฮโดรไลซิส ด้วยสารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110°ซ ระยะเวลา 30 นาที ด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ พบว่า การพรีทรีทเมนต์โดยแช่ตอซังข้าวในสารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ได้ความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด เท่ากับ 21.67 กรัมต่อลิตร (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการทำพรีทรีทเมนต์ตอซังข้าวโดยน้ำกลั่น สารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 0.25, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยแช่ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100, 110 และ 121°ซ ระยะเวลา 30 นาที และไฮโดรไลซิสโดยใช้สารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 110°ซ ระยะเวลา 30 นาที

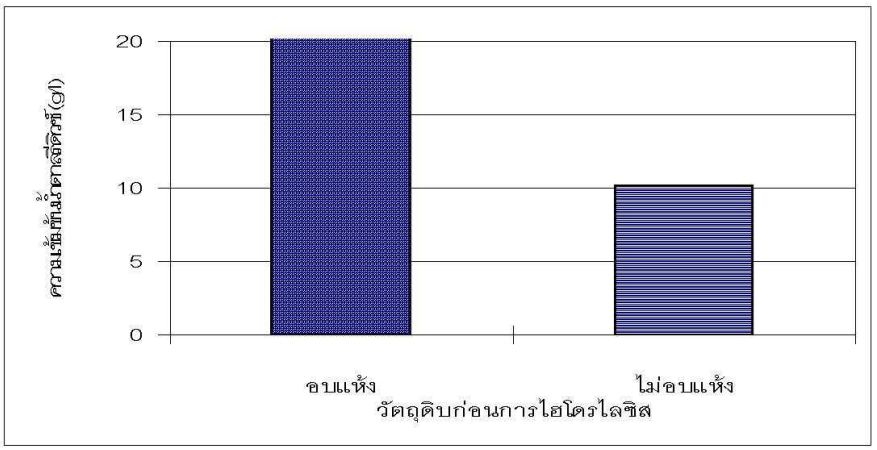
(▥) น้ำกลั่น (▨) กรดซัลฟุริกเข้มข้น 0.25 % (v/v)
(∴) กรดซัลฟุริกเข้มข้น 0.5 % (v/v) (◆) กรดซัลฟุริกเข้มข้น 1.0 % (v/v)

การเตรียมตอซังข้าวที่ผ่านการพรีทรีทเมนต์ก่อนนำไปไฮโดรไลซิส

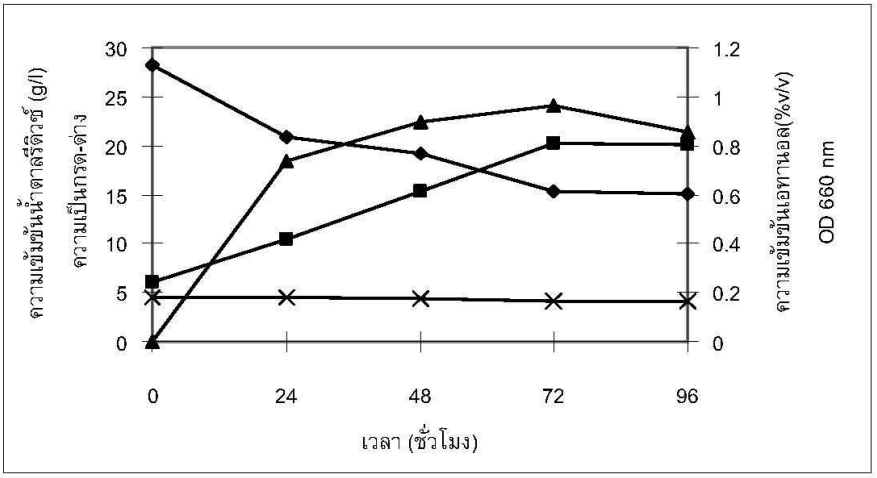
จากการนำตอซังข้าวมาทำพรีทรีทเมนต์ โดยแช่ในสารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือการทดลองที่ 1 นำตอซังข้าวที่ผ่านการพรีทรีทเมนต์แล้วไปล้างด้วยน้ำและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ ระยะ 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปไฮโดรไลซิส และการทดลองที่ 2 ทำการไฮโดรไลซิสต่อเนื่อง (ไม่ล้างและไม่อบแห้ง) สภาวะในการไฮโดรไลซิส คือใช้สารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 110°ซ ระยะเวลา 30 นาที พบว่า ตอซังข้าวที่ผ่านการพรีทรีทเมนต์แล้วอบให้แห้งก่อนการไฮโดรไลซิส และการไฮโดรไลซิสต่อซังข้าวอย่างต่อเนื่อง ได้ความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 20.21 และ 10.19 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 2)

การหมักเอทานอล

จากการนำสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการไฮโดรไลซิสตอซังข้าว มาหมักเอทานอลด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* โดยปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายน้ำตาลก่อนการหมักเท่ากับ 4.5 ที่อุณหภูมิ 35°ซ ระยะเวลา 96 ชั่วโมง พบว่า ยีสต์ *S. cerevisiae* มีการเจริญสูงสุดที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง และสามารถหมักได้เอทานอลสูงสุดเท่ากับ 0.978 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง เช่นกัน และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ในสารละลายก่อนการหมักเท่ากับ 28.43 กรัมต่อลิตร ซึ่งลดลงเป็น 15.27 กรัมต่อลิตร เมื่อหมักครบ 72 ชั่วโมง นอกจากนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายน้ำหมักลดลงจาก 4.51 เป็น 4.11 และเมื่อสิ้นสุดการหมัก (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 2 ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซิสตอซังข้าวที่ผ่านการพรีทรีทเมนต์ด้วยสารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และล้างด้วยน้ำแล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนการไฮโดรไลซิส และการไฮโดรไลซิสต่อเนื่อง (ไม่ล้างและไม่อบแห้ง) สภาวะในการไฮโดรไลซิส คือ ใช้สารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 110°ซ ระยะเวลา 30 นาที (▨) อบแห้ง (▤) ไม่อบแห้ง



ภาพที่ 3 การเจริญและการหมักเอทานอลในสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการไฮโดรไลซิสตอซังข้าว โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ที่อุณหภูมิ 35°ซ ระยะเวลา 96 ชั่วโมง
(—■—) การเจริญของเซลล์ (OD 660 nm) (—◆—) ความเข้มข้นน้ำตาลของรีดิวซ์ (g/l)
(—▲—) ความเข้มข้นของเอทานอล (%v/v) (—×—) ความเป็นกรด-ด่าง

วิจารณ์ผลการทดลอง

การพรีทรีทเมนต์ตอซังข้าว โดยแช่ในสารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปล้างด้วยน้ำแล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ และทำการไฮโดรไลซิสโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110°ซ ระยะเวลา 30 นาที โดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ ได้ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดคือ 21.67 กรัมต่อลิตร ซึ่งสารละลายกรดซัลฟุริกเจือจาง มีผลทำให้โมเลกุลของเซลลูโลสเกิดการขยายขนาดของบริเวณสัมผัสกับกรด ในขั้นตอนของการไฮโดรไลซิสได้มากยิ่งขึ้น (William *et al.*, 1986)

การเตรียมตอซังข้าวที่ได้จากการพรีทรีทเมนต์ด้วยสารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และล้างออกด้วยน้ำแล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนการไฮโดรไลซิสเปรียบเทียบกับ และการไฮโดรไลซิสต่อเนื่อง (ไม่ล้างและไม่อบแห้ง) สภาวะในการไฮโดรไลซิส คือใช้สารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 110°ซ ระยะเวลา 30 นาที พบว่า ตอซังข้าวที่อบแห้งก่อนนำไปไฮโดรไลซิสได้ความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าตอซังข้าวที่ไฮโดรไลซิสต่อเนื่อง (ไม่ล้างและไม่อบแห้ง) ถึงประมาณร้อยละ 50 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความร้อนในการอบตอซังข้าวให้แห้งก่อนการไฮโดรไลซิสมีผลทำให้โครงสร้างของเซลลูโลสมีลักษณะเปราะและไม่เกาะกันแน่นมาก แล้วส่งผลทำให้เมื่อนำไปไฮโดรไลซิสซ้ำด้วยกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซนต์โดยปริมาตร อีกครั้ง อาจมีผลทำให้การย่อยสลายน้ำตาลจากโมเลกุลของเซลลูโลสเกิดได้ง่ายขึ้น ซึ่ง Shimazu and Sterling (2006) รายงานว่า ความร้อนแห้งมีผลต่อการ

เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซลลูโลส คือมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะบริเวณที่ไม่เป็นรูปร่าง (amorphous region) ของเซลลูโลสมากกว่าบริเวณที่เป็นผลึก (crystalline regions) ซึ่งเป็นบริเวณที่ถูกย่อยสลายได้ยาก ในการทดลองนี้มีการทำพรีทรีทเมนต์และไฮโดรไลซิส คล้ายกับการทดลองของ Nguyen *et al.* (2000) ที่ พบว่า การพรีทรีทเมนต์ไม้เนื้ออ่อน ด้วยกรดซัลฟุริกเจือจาง 2 ครั้ง มีผลทำให้ได้ผลผลิตของน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าการทำพรีทรีทเมนต์เพียงครั้งเดียว ถึงร้อยละ 10 นอกจากนี้ Nagle *et al.* (2002) พบว่า การล้างวัตถุดิบด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 130-150°ซ ก่อนการนำไปไฮโดรไลซิสมีผลทำให้ได้ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าการไม่ได้ล้างเช่นกัน และยังทำให้ผลผลิตเอทานอลสูงขึ้นจากเดิมถึงร้อยละ 50 และเป็นการช่วยย่นระยะเวลาในการหมักเอทานอลได้ถึงร้อยละ 43 ซึ่ง Soderstrom *et al.* (2004) อธิบายว่า การล้างวัตถุดิบด้วยน้ำเป็นการแยกส่วนที่เป็นพิษและส่วนที่เป็นลิกนินและเฮมิเซลลูโลสออกไป

จากการหมักเอทานอลของ ยีสต์ *S. cerevisiae* ในสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการไฮโดรไลซิสตอซังข้าว ที่อุณหภูมิ 35°ซ จะเห็นว่า ยีสต์ *S. cerevisiae* มีการผลิตเอทานอลสัมพันธ์กับการเจริญของเซลล์ ซึ่ง Deshpande (1992) ผลิตเอทานอลจากฟางข้าวโดยใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* เช่นกัน พบว่า ได้เอทานอล 2.3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่เวลา 96 ชั่วโมง ซึ่งในการทดลองนี้ได้ความเข้มข้นของเอทานอลไม่สูงมากนัก อาจเป็นผลมาจากสภาวะที่ใช้ในการหมักเอทานอลในการทดลองนี้ยังไม่ใช่สภาวะที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ และในการทดลองนี้ไม่ได้เติมแหล่งไนโตรเจนลงในน้ำหมัก และยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหมักเอทานอล ที่ต้องศึกษาต่อไป ในการทดลองนี้ ยีสต์มีการใช้น้ำตาลทำให้ความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงอย่างต่อเนื่องซึ่งความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์หลังการหมักลดลงจากเริ่มต้นร้อยละ 53.71 ซึ่งแสดงว่า ยีสต์มีการใช้น้ำตาลไปในการสร้างเซลล์และเอทานอล และสารละลายน้ำหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงจากค่าเริ่มต้นก่อนการหมักมีค่าเท่ากับ 4.51 และเมื่อสิ้นสุดการหมักมีค่าเท่ากับ 4.11 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากมีผลผลิตอื่นๆ ที่ได้จากการหมัก นอกเหนือจากเอทานอลเกิดขึ้น เช่น กรดอินทรีย์ต่างๆ จึงมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายน้ำหมักมีค่าลดลงเล็กน้อย ซึ่ง Paturau (1969) รายงานว่า การหมักเอทานอลของยีสต์นั้น ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอลและสารอื่นๆ ได้แก่ ethanol, carbondioxide, acetaldehyde, acetic acid, glycerol, lactic acid, succinic acid และ fusel oil ในปริมาณ 48.4, 46.5, 0.003,0.05-0.25, 2.5-3, 0-0.2, 0.5-0.77, 0.25-0.5% ตามลำดับ รวมทั้ง furfural ด้วย

สรุปผลการทดลอง

จากการพรีทรีทเมนต์ตอซังข้าว โดยแช่ในสารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการไฮโดรไลซิสด้วยสารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 110°ซ ระยะเวลา 30 นาที โดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ ได้ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดเท่ากับ 21.67 กรัมต่อลิตร

การพรีทรีทเมนต์ตอซังข้าว ด้วยสารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยแช่ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และเตรียมตอซังข้าวหลังการทำพรีทรีทเมนต์ โดยการล้างและอบแห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปไฮโดรไลซิส โดยใช้สารละลายกรดซัลฟุริกความ

เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 110°ซ ระยะเวลา 30 นาที ได้ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าการไฮโดรไลซิสต่อเนื่อง (ไม่ล้างและไม่อบ) ประมาณร้อยละ 50

เมื่อทำการหมักเอทานอลจากสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการไฮโดรไลซิสตอซังข้าว คือไฮโดรไลซิสโดยใช้สารละลายกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 121°ซ ระยะเวลา 20 นาที และหมักเอทานอลด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* ที่อุณหภูมิ 35°ซ ระยะเวลา 96 ชั่วโมง ในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายน้ำตาลก่อนการหมัก เท่ากับ 4.5 พบว่า ยีสต์ *S. cerevisiae* มีการเจริญและผลิตได้เอทานอลได้สูงสุดที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง และผลิตเอทานอลสูงสุด เท่ากับ 0.978 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และสารละลายน้ำหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงจาก 4.51 เป็น 4.11 เมื่อสิ้นสุดการหมัก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนในการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Deshpande M.V. 1992. Ethanol production from cellulose by coupled saccharification/fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* and cellulase complex from *Sclerotium rolfsii* UV-8 mutant. **Appl. Biochem. Biotechnol.** 36(3): 227-234.

Nagle N.J., R.T. Elander, M.M. Newman, B.T. Rohrback, R.O. Ruiz and R.W. Torget. 2002. Efficiency of a hot washing process for pretreated yellow poplar to enhance bioethanol production. **Biotechnol. Prog.** 18(4): 734-738.

Nguyen Q.A., M.P. Tucker, F.A. Keller and F.P. Eddy. 2000. Two stage dilute-acid pretreatment of softwoods. **Appl. Biochem. Biotechnol.** 84-86: 561-576.

Paturau, J.M. 1969. **By-product of cane sugar industry.** Elsevies: Amsterdams. 365 p.

Shimazu F. and C. Sterling. 2006. Effect of wet and dry heat on structure of cellulose. **J. Food Sci.** 31(4): 548-551.

Soderstrom J., M. Galbe and G. Zacchi. 2004. Effect of washing on yield in one-and two-step steam pretreatment of softwood for production of ethanol. **Biotechnol. Prog**. 20(3): 744-749.

Somogyi, N. 1952. Note on sugar determinations. **J. Biol. Chem.** 195: 19-23.

William R.G., O.C. Alvin and H.E. Grethlein. 1986. Effect of steam explosion pretreatment on pore size and enzymatic hydrolysis of poplar. **Enz. Microb. Technol.** 8(5): 274-280.

การหาปริมาณโพแทสเซียมและคลอรีนในข้าวด้วยเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน

Determination of Potassium and Chlorine in Rice by Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF)

เพชรพงศ์ สุทธิพงศ์ และธวัฒน์ชัย เทพนวล

Phatphong Soothiphong and Thawatchai Tepnua

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Phathalung, Thailand 93110

E-mail: thawatchai@tsu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาและเปรียบเทียบปริมาณธาตุโปแตสเซียม และคลอรีนในข้าวกล้องและข้าวขาว 14 สายพันธุ์ ที่ได้จากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงานรุ่น Oxford ED 2000 หลอดผลิตรังสีเอกซ์ผลิตจากไฟฟ้าแรงสูง ตั้งแต่ 0-50 kV และหัววัดเป็นแบบ Si (Li) ที่สามารถแยกแยะพลังงานได้ละเอียดสุดที่ 160 eV. การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโพแทสเซียมมีเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ Solid (Vac) กระแสของหลอดรังสีเอกซ์ 338 μA ใช้เวลาในการวิเคราะห์ 120 วินาที พบว่า ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในข้าวกล้องมีปริมาณมากกว่าข้าวขาวในแต่ละสายพันธุ์ประมาณ 2 เท่า และพบปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุดในข้าวกล้องพันธุ์ข้าวสังข์หยด 1.40±0.05 Wt% ขณะที่ข้าวขาวพบปริมาณโพแทสเซียมสูงสุด คือพันธุ์ข้าวเข็มทองพัทลุง 0.95±0.06 Wt% สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุคลอรีนมีเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ Geology Major (Vac) กระแสของหลอดรังสีเอกซ์ 222 μA ใช้เวลาในการวิเคราะห์ 120 วินาที พบว่า ปริมาณธาตุคลอรีนในข้าวกล้องมีปริมาณมากกว่าในข้าวขาวในแต่ละสายพันธุ์เพียงเล็กน้อย ยกเว้นพันธุ์ข้าวนางพญา 132 มีปริมาณธาตุคลอรีนในข้าวกล้องน้อยกว่าข้าวขาว และพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณธาตุคลอรีนในข้าวกล้องและข้าวขาวมากที่สุด คือ พันธุ์ข้าวเข็มทองพัทลุง มีค่าเท่ากับ 5757.790±136.625 ppm และ 5494.120±287.333 ppm ตามลำดับ

คำสำคัญ: เอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง การวิเคราะห์ธาตุ

Abstract

The objectives of this research were to study and compare the quantity of K and Cl element containing in 14 lineages of brown rice and white rice from the Rice Research Center of Phatthalung. The analysis was done by a device called Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRF), model Oxford ED 2,000, whereby X-ray tube is produced from high voltage from 0-50 kV and detector is Si(Li) with energy resolution 160 eV.

In this research, the best condition to analyze K element in each rice lineage was at solid (Vac), X-ray tube current 338 μA, during time 120 seconds. The major results showed that in each rice lineage, the quantity of K element in brown rice was double more than in white rice. The maximum quantity of K element in brown rice was found in Sangyod Lineage 1.40±0.05 Wt%, while in white rice, the maximum quantity of K element was found in Khemthong Phatthalung lineage 0.95±0.06 Wt%.

To examine Cl element was done in the condition of Geology Major (Vac), X-ray tube current 222 μA, during time 120 seconds. In each rice lineage, the quantity of Cl element in brown rice was found a little more than in white rice, except in Nang Paya 132 lineage that the quantity of Cl element in brown rice was little than in white rice. The maximum quantity of Cl element in brown rice and white rice were found in Khemthong Phattalung lineage as 5,757.790±136.625 ppm and 5,494.120±287.333 ppm respectively.

Key words: X-ray fluorescence, Rice Research Center of Phatthalung; elemental analysis

คำนำ

ข้าวเป็นแหล่งอาหารที่มีความสำคัญของประเทศไทยและทวีปเอเชียเนื่องจากประชากรส่วนใหญ่มีการบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก นอกจากนี้ข้าวยังสามารถแปรรูปไปเป็นอาหารชนิดอื่นๆ ได้อีกมากมาย อาทิ เช่น แป้งข้าวเจ้า เส้นหมี่หรือเส้นก๋วยเตี๋ยว และขนมปังกรอบ เป็นต้น ประเทศไทยได้ส่งออกข้าวเป็นอันดับหนึ่งของโลกจากข้อมูลตั้งแต่ปี 2545/2546 ถึง 2549/2550 (ที่มา: สมาคมการส่งออกข้าว 2550) และที่สร้างชื่อเสียงให้กับประเทศไทยเป็นอย่างมากก็คือข้าวสายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ข้าวหอมมะลิ) แต่ในความเป็นจริงแล้วประเทศไทยมีข้าวสายพันธุ์ต่างๆ มากมายที่ได้รับการวิจัยและพัฒนาจากกรมการข้าว ผ่านศูนย์วิจัยข้าวในแต่ละภูมิภาค โดยได้ทำข้อมูลข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่สนับสนุนให้เพาะปลูกให้เหมาะกับพื้นที่และภูมิอากาศของแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย ในส่วนของภาคใต้มีศูนย์วิจัยข้าว 4 แห่ง ได้แก่ ศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ศูนย์วิจัยข้าวกระบี่ และศูนย์วิจัยข้าวนครศรีธรรมราช นอกจากการพัฒนาด้านสายพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ การต้านทานโรค และความเหมาะสมด้านอื่นๆ สิ่งที่เรายังต้องคำนึงถึงมาก คือ คุณค่าทางโภชนาการของข้าวในแต่ละสายพันธุ์ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมี และปริมาณวิตามินและเกลือแร่ ในการวิจัยนี้พิจารณาธาตุโพแทสเซียมและคลอรีน เป็นเบื้องต้น เนื่องจากธาตุ

โพแทสเซียม (K) มีบทบาทในการรักษาประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อให้ทำงานปกติ หากขาดจะทำให้ระบบประสาทสั่งงานผิดปกติได้ และธาตุคลอรีน (Cl) มีบทบาทในการควบคุมโลหิตช่วยในระบบการย่อย ทำให้ระบบหัวใจทำงานเป็นปกติ โดยการวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกพันธุ์ข้าวชนิดต่างๆ จำนวน 14 สายพันธุ์ จากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง เพื่อหาปริมาณธาตุโพแทสเซียม (K) และคลอรีน (Cl) ในข้าวแต่ละสายพันธุ์ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน (EDXRF) (สัมพันธ์, 2547; Burkhard *et al*., 2005) เทคนิคนี้ได้เข้ามามีบทบาทมากในปัจจุบันเนื่องจากรวดเร็วในการวิเคราะห์และให้ผลที่แม่นยำ เช่น การศึกษาหาธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และคลอรีน ที่มีอยู่ในผักขม 2 สายพันธุ์ (Dogan *et al.,* 2006) การหาความเข้มข้นของนมผง (Neslihan *et al*., 2005) และการวิเคราะห์ธาตุในพืชบางชนิดที่เมือง Trabzon (Tirasoglu *et al*., 2006) โดยจำแนกเป็นข้าวกล้องและข้าวขาวเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเพิ่มเติมในการพัฒนาและสนับสนุนสายพันธุ์และเป็นข้อมูลเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของสายพันธุ์ข้าวต่างๆ ให้กับผู้บริโภค

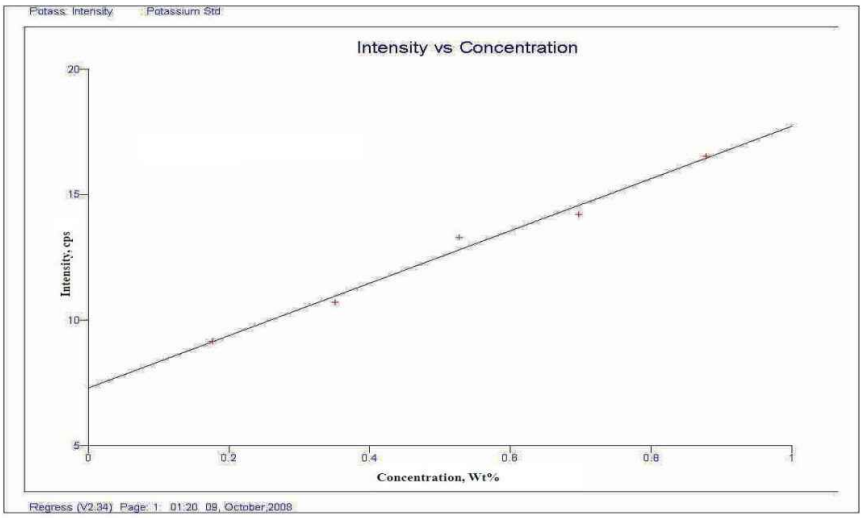
อุปกรณ์และวิธีการ

เลือกเก็บตัวอย่างพันธุ์ข้าวจำนวน 14 สายพันธุ์ จากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง จังหวัดพัทลุง ทำการบดข้าวแต่ละสายพันธุ์แบ่งเป็นข้าวกล้องและข้าวขาว นำเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ได้จัดเตรียมเพื่อทำการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ เลือกพันธุ์ข้าวบางส่วนไปบดด้วยเครื่องบด (รุ่น Inspec 8000M) นำไปวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน รุ่น Oxford ED2000 เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุโพแทสเซียม และคลอรีน และประมาณการเพื่อทำการเตรียมสารมาตรฐานให้คลอบคลุมกับตัวอย่างที่จะนำมาเพื่อวิเคราะห์หาเชิงปริมาณต่อไป

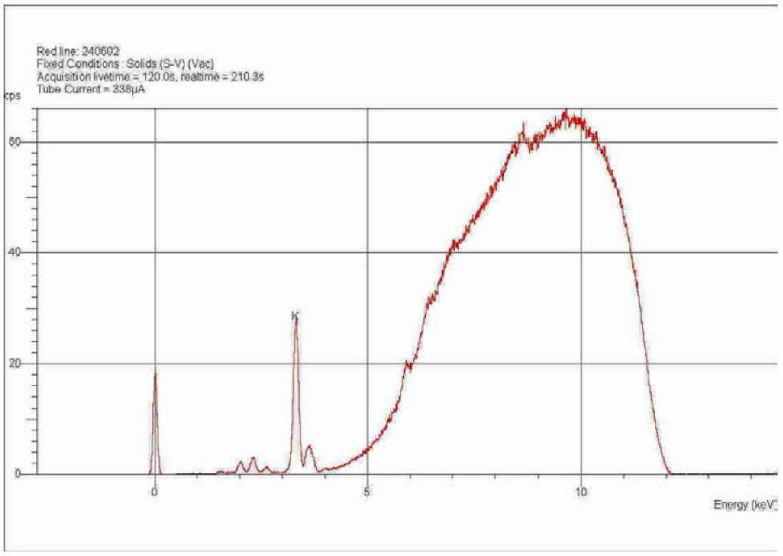
เตรียมตัวอย่างสารมาตรฐานโดยใช้สารโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ความเข้มข้น 99.5% ของบริษัท Meark เกรดวิเคราะห์ เป็นสารมาตรฐานสำหรับการหาปริมาณโพแทสเซียมและคลอรีน โดยสุ่มชั่งสารโพแทสเซียมคลอไรด์ที่น้ำหนักค่าหนึ่งผสมกับแป้งมันซึ่งเป็นตัวผสานแล้วนำไปบดโดยเครื่องบดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปอัดเป็นเม็ดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 31 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์หาโพแทสเซียมโดยการสังเกตจำนวนพื้นที่ใต้พีคเทียบกับที่ได้ทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของสารตัวอย่างก่อนหน้านี้เพื่อนำผลที่ได้ไปทำการเตรียมสารมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง เมื่อได้ความเข้มข้นที่ผ่านการบด และนำมาอัดให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วก็นำไปเข้าเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์เชิงคุณภาพเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการวิเคราะห์หาธาตุโพแทสเซียมและคลอรีน ต่อจากนั้นก็ไปเข้าสู่ฟังก์ชั่นของการทำกราฟมาตรฐานตามกระบวนการของซอฟแวร์ในเครื่อง

เตรียมสารตัวอย่างข้าวกล้องและข้าวขาวจำนวน 14 สายพันธุ์ โดยการบดข้าวแต่ละชนิดและสายพันธุ์ตามเงื่อนไขที่ใช้ในการเตรียมสารมาตรฐาน ชั่งข้าวแต่ละชนิดและสายพันธุ์จำนวน 2 กรัม เพื่อนำไปอัดเป็นเม็ดที่ความดัน 15,000 ปอนด์ ใช้เวลาในการอัด 10 วินาที โดยการเตรียมตัวอย่าง 10 ตัวอย่างในแต่ละสายพันธุ์แต่ละชนิด นำไปเข้าเครื่องเพื่อวิเคราะห์หาธาตุโพแทสเซียมและคลอรีนตามมาตรฐานที่ได้เตรียมไว้ในระบบ

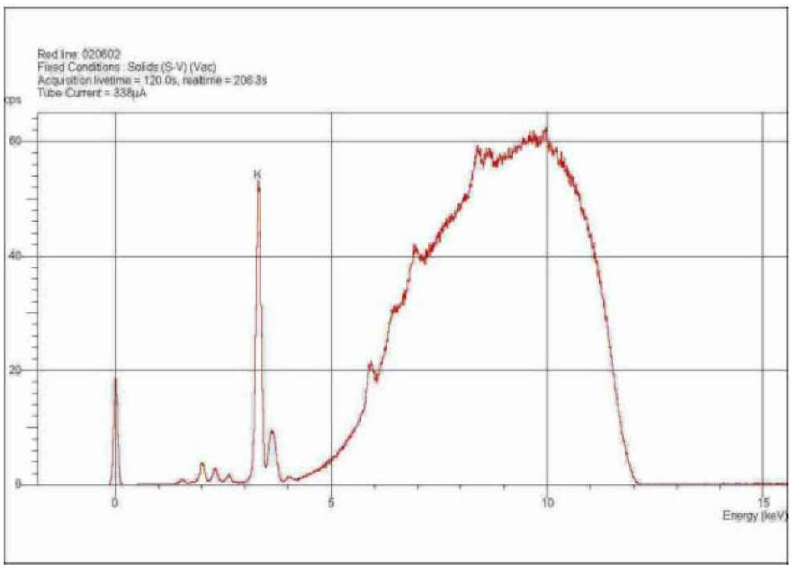
ผลการทดลองและวิจารณ์



ภาพที่ 1 การปรับเทียบสารมาตรฐานของธาตุโพแทสเซียมเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน รุ่น Oxford ED2000 โดยที่แกนนอนเป็นความเข้มข้นของโพแทสเซียม (Wt%) และแกนตั้งเป็นจำนวนความเข้มข้นของรังสีเอกซ์ (cps)

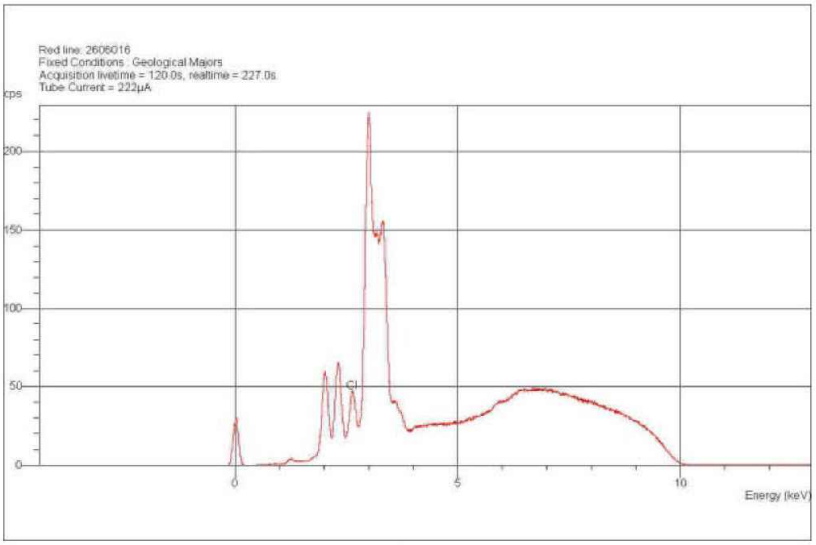


(ก)

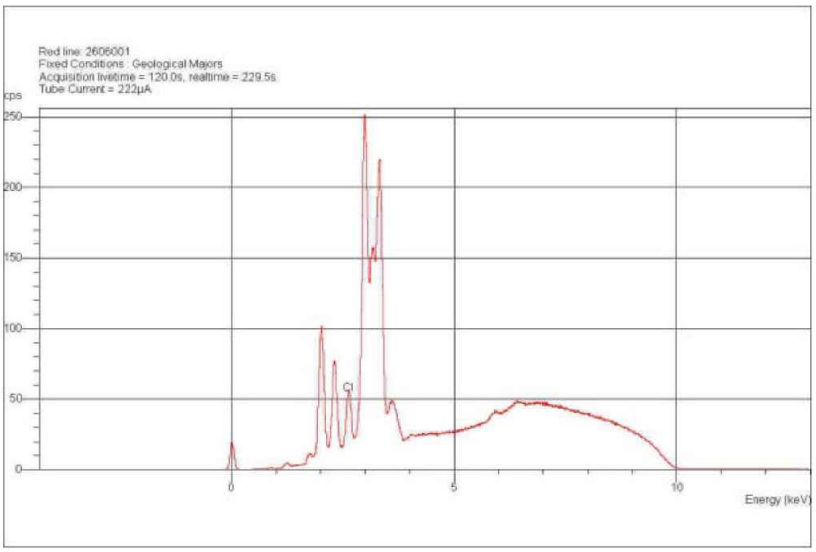


(ข)

ภาพที่ 2 สเปกตรัมของรังสีเอกซ์ที่เกิดจากการวิเคราะห์ธาตุโพแทสเซียมที่เงื่อนไข Solid (Vac) ภายใต้ความดันสุญญากาศ กระแสไฟฟ้าของหลอด 338 µA ศักย์ไฟฟ้า 12 kV เมื่อ (ก) และ (ข) เป็นสเปกตรัมของข้าวขาวและข้าวกล้องพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3 สเปกตรัมของรังสีเอกซ์ที่เกิดจากการวิเคราะห์ธาตุคลอรีนที่เงื่อนไข Geology Major ภายใต้ความดันสุญญากาศ กระแสไฟฟ้าของหลอด 222 µA ศักย์ไฟฟ้า 10 kV เมื่อ (ก) และ (ข) เป็นสเปกตรัมของข้าวขาวและข้าวกล้องพันธุ์ข้าวเข็มทองพัทลุง

ตารางที่ 1 ผลการหาปริมาณโพแทสเซียม และคลอรีน ในข้าวกล้องและข้าวขาว จำนวน 14 สายพันธุ์ จากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง จังหวัดพัทลุง

สายพันธุ์	โพแทสเซียม (Wt %)		คลอรีน (ppm.)	
	ข้าวกล้อง	ข้าวขาว	ข้าวกล้อง	ข้าวขาว
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	1.39±0.03	0.70±0.09	5,608.260±264.076	2,304.040±59.330
ข้าวสังข์หยดพัทลุง	1.40±0.05	0.58±0.02	3,475.180±282.664	2,335.380±73.701
ข้าวเข็มทองพัทลุง	1.34±0.03	0.95±0.06	5,754.790±136.625	5,494.120±287.333
ข้าวเฉี้ยงพัทลุง	1.14±0.06	0.46±0.02	2,316.530±117.127	2,625.050±202.347
ข้าวนางพญา 132	0.97±0.04	0.46±0.02	1,790.370±74.672	1,947.580±73.119
ข้าวหอมจันทร์	1.16±0.04	0.46±0.03	1,871.310±65.992	1,372.560±98.938
ข้าวเล็บนกปัตตานี	1.09±0.03	0.68±0.03	3,793.120±60.745	3,824.460±93.453
ข้าวแก่นจันทร์	1.15±0.03	0.65±0.02	3,935.560±69.322	3,164.800±69.067
ข้าวไข่มดริ้น	1.15±0.03	0.60±0.03	3,040.550±59.330	2,131.240±89.024
ข้าวตำเมไทร	1.13±0.04	0.59±0.06	941.215±110.851	615.475±92.223
ข้าวช้างอุ้ม	1.10±0.04	0.49±0.06	3,804.720±65.752	2,966.400±77.811
ข้าวทรายขาว	1.23±0.05	0.59±0.02	3,957.930±47.896	3,558.300±89.498
ข้าวหัวนา	0.97±0.05	0.43±0.04	1,557.880±88.712	1,259.260±66.128
ข้าวลูกแดงปัตตานี	1.01±0.04	0.50±0.06	1,906.780±78.605	1,662.080±49.770

จากการทดลองเพื่อเตรียมสารมาตรฐานจากโพแทสเซียมและคลอรีน ซึ่งเตรียมจากสาร KCl ความเข้มข้น 99.5% โดยการชั่งสารที่น้ำหนักต่างๆ ผสมกับแป้งมันซึ่งมีคุณสมบัติช่วยในการยึดเกาะและไม่มีสารที่ต้องการวิเคราะห์ (K และ Cl) เป็นองค์ประกอบอยู่ในแป้งมัน เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการทำสารมาตรฐานด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงานได้ผลการปรับเทียบสารมาตรฐานดังภาพที่ 1

ภาพที่ 2 และ 3 แสดงลักษณะของกราฟสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโพแทสเซียมและคลอรีนของข้าวบางสายพันธุ์ โดยที่พลังงานของธาตุรังสีเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์อยู่ในแนวแกน x และจำนวน cps จะอยู่ในแนวแกน y สำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงานจำนวนสัญญานต่อวินาที (cps) ของพื้นที่ใต้พีคที่สนใจ ภาพที่ 2 สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโพแทสเซียมนั้นจะมีค่าพลังงานอยู่ในช่วง 3.130-3.490 keV. ซึ่งเป็นชั้นพลังงานของธาตุ K_α จะสังเกตได้อย่างชัดเจนว่าพีคที่ช่วงพลังงานเดียวกันของการวิเคราะห์หาธาตุโพแทสเซียมเปรียบเทียบกันระหว่างข้าวกล้องและข้าวขาวจะเด่นชัดมาก เนื่องจากจำนวน cps ของข้าวกล้องมีค่ามากกว่าข้าวขาวประมาณ 2 เท่า ในทางทฤษฎีแล้วค่าที่ได้จากพื้นที่ใต้พีคก็จะนำไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานแล้วได้ค่าออกมาเป็นปริมาณของธาตุโพแทสเซียมดังแสดงในตารางที่ 1

จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโพแทสเซียมและคลอรีนในข้าวกล้องและข้าวขาวเปรียบเทียบกัน จำนวน 14 สายพันธุ์ นั้นแสดงผลดังตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณธาตุโพแทสเซียมและคลอรีนในข้าวกล้องมีมากกว่าในข้าวขาวเกือบทุกชนิด ยกเว้น ข้าวสายพันธุ์นางพญา 132 ข้าวเฉี้ยงพัทลุง และข้าวเล็บนกปัตตานี มีปริมาณธาตุคลอรีนในข้าวกล้องน้อยกว่าในข้าวขาว สำหรับปริมาณธาตุที่พบในข้าวกล้องมากกว่าในข้าวขาวเนื่องจากว่าสารอาหารที่เป็นวิตามินและแร่ธาตุจะพบอยู่ในส่วนที่เราเรียกว่าห่อหุ้มเนื้อข้าวซึ่งจะถูกขัดสีออกไป (อรอนงค์, 2550) แต่ถ้าเราพิจารณาในรายละเอียดจะพบข้อสังเกตอย่างหนึ่งว่าปริมาณธาตุโพแทสเซียมในข้าวกล้องมีมากกว่าในข้าวขาวทุกสายพันธุ์ประมาณ 2 เท่า แสดงว่าธาตุโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในส่วนที่ห่อหุ้มเนื้อข้าวซึ่งถูกขัดสีออกไปเป็นรำข้าวนั่นเอง ส่วนปริมาณคลอรีน พบว่า ในข้าวกล้องมีมากกว่าในข้าวขาวเพียงเล็กน้อยนั่น น่าจะกล่าวได้ว่าธาตุชนิดนี้เป็นองค์ประกอบอยู่ในเนื้อข้าวนั่นเอง อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษานี้ทำให้เราสามารถที่จะตัดสินใจได้ว่าควรจะเลือกรับประทานข้าวกล้องหรือข้าวขาว และถ้าจำเป็นต้องทานเพื่อให้เหมาะกับสุขภาพแล้วเราควรจะเลือกทานข้าวสายพันธุ์ไหนบ้าง นอกจากนี้แล้วยังเป็นข้อมูลที่สำคัญให้กับกรมการค้าข้าวในการโฆษณาให้กับผู้บริโภคถึงคุณค่าและคุณประโยชน์ที่มีอยู่ในข้าวด้วยปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ตามแหล่งที่ปลูกได้อีกด้วย

สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโพแทสเซียมและคลอรีนในข้าวกล้องและข้าวขาวจำนวน 14 สายพันธุ์จากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง พบว่า ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในข้าวกล้องมากกว่าในข้าวขาวประมาณ 2 เท่า และข้าวสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุงมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมมากที่สุด เท่ากับ 1.40$\pm$0.05 Wt% และปริมาณธาตุโพแทสเซียมมากที่สุดในข้าวขาวสายพันธุ์เข็มทองพัทลุง เท่ากับ 0.95$\pm$0.06 Wt% ขณะที่ปริมาณธาตุคลอรีนในข้าวกล้องมากกว่าในข้าวขาวเช่นกันแต่ในสัดส่วนที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยสายพันธุ์ที่มีปริมาณธาตุคลอรีนในข้าวกล้องและข้าวขาวมากที่สุดเป็นสายพันธุ์เดียวกัน คือ ข้าวพันธุ์เข็มทองพัทลุง เท่ากับ 5,757.790±136.625 ppm และ 5,494.120±287.333 ppm ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ และ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยทักษิณ สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงที่ให้ความอนุเคราะห์พันธุ์ข้าวเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สมาคมส่งออกข้าว. 2550. *http:www.oac.go.th/imp-exp.htm*. [มกราคม, 2551]

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 366 น.

สัมพันธ์ วงศ์นาวา. 2547. **เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโทรเมทรีแบบกระจายพลังงาน.** สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ. 278 น.

Burkhard B., B.K. Habil, L. Norbert, W. Reiner and Helmut. 2005. **Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis.** Springer-Verlag Berlin W.Heidelberg: Germany. 863 p.

Tirasoglu E., O. Sogut, G. Apaydin, V. Aylikci and N. Damla. 2006. Elemental concentration analysis in some plant sample by EDXRF at Trabson. **J. of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer.** 102: 396-401.

Neslihan, E., Raci, E., R. Polat., and G. Budak. 2005. The determination of calcium concentrations in human milk with energy dispersive X-ray fluorescence. **J. of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer.** 91: 155-160.

O. Dogan. and E. Tirasoglu. 2006. Determination of potassium, calcium and chlorine in some vegetables by EDXRF. **J. of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer.** 101: 141-145.

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องเคลือบด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียว

Optimal Process Condition for Coating Brown Rice with Curcumin and Green Tea Extract

ชญากาณฑ์ ชัยสุกัญญาสันต์[1] สุธยา พิมพ์พิไล[1] ไชยวัฒน์ ไชยสุต[2] และสมเดช อิ่มมาก[3]

Chayakarn Chaisukunyasun[1], Suthaya Phimphilai[1], Chiyawat Chiyasut[2] and Somdej Immark[3]

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50290

[3]บริษัท ข้าวธรรมชาติ จำกัด สุโขทัย 64110

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

[2]Deparment of Pharmaceutical Science, Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50290

[3]Natural Rice Co., Ltd., Sukhothai, Thailand 64110

E-mail: chayakarn_oil@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิ 105 เคลือบด้วยสารสกัดจากสมุนไพร ประกอบด้วยการลดความชื้นข้าวกล้อง การสกัดน้ำสมุนไพรซึ่งได้แก่ ขมิ้นชันและชาเขียว การแช่ข้าวกล้องในน้ำสมุนไพรที่สกัดได้ และการอบแห้งข้าวกล้องที่แช่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวให้มีความหลากหลายขึ้นซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มช่องทางการตลาด จากการศึกษาพบว่าในการลดความชื้นเริ่มต้นของข้าวกล้องให้มีค่าประมาณ 6-7% จะอาศัยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ เป็นเวลา 270 นาที ซึ่งเมล็ดข้าวกล้องที่ได้ในปริมาณ 1 กรัม จะมีสมบัติการต้านออกซิเดชันเทียบเท่ากับสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ 0.33 มก. ตามลำดับ และมีปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดเทียบเท่ากับกรดแกลลิค 31.25 มก. ในการศึกษาการสกัดน้ำขมิ้นชันและน้ำชาเขียวพบว่าสภาวะการสกัดที่เหมาะสมที่สุดที่มีสมบัติการต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลสูงที่สุดและมีของแข็งที่ต้องกำจัดในปริมาณน้อยที่สุด คือที่อัตราส่วนขมิ้นชันหรือชาเขียวต่อน้ำที่ 1 ต่อ 20 ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 157 นาที หรือที่อุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 180 นาที ตามลำดับ ส่วนการแช่ข้าวกล้องในน้ำสกัดนั้นจะใช้เวลาแช่ทั้งสิ้น 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง และนำมาทำแห้งอีกครั้งที่อุณหภูมิ 55°ซ เป็นเวลา 270 นาที ข้าวกล้องเคลือบด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียวที่ได้ จะมีสมบัติการต้านออกซิเดชันเทียบเท่ากับสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ 8.88 มก. และ 8.87 มก. ตามลำดับ และมีปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดเทียบเท่ากับกรดแกลลิค 14.49 มก. และ 75.97 มก. ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวกล้อง สมุนไพร การต้านออกซิเดชัน โพลิฟีนอล กระบวนการผลิต

Abstract

A study of optimal process conditions for herbal-coated brown rice as a new product development was conducted into four parts; moisture reduction of Hom-mali 105 brown rice, herbal (curcumin and greentea) extraction, optimal soaking time, and drying process. In order to reduce moisture content of the raw material to ~6-7%, drying under 55°C for 270 min in a hot air oven was performed. As a result, one gram of the rice had antioxidant properties 0.33 mg comparing to Trolox and total polyphenol content 31.25 mg comparing to gallic acid. Optimal extracting condition for curcumin extract was 25°C for 157 min. at a ratio of 1:20 whereas 25°C for 180 min was suitable for greentea extract under the same concentration. The herbal extracts had the highest antioxidant properties and polyphenol contents with minimum waste. Soaking the rice in both herbal extracts were done under room temperature for 10 hr. to have intense colors. In order to have a stable shelf-life at room temperature, the soaked rice again was dried under 55°C for 270 min. One gram of each curcumin and green tea-coated brown rice has antioxidant properties 8.88 mg and 8.87 mg comparing to Trolox with 14.49 mg and 75.97 mg total polyphenol content comparing to standard solution of gallic acid, respectively.

Key words: brown rice herb, antioxidant, polyphenol process

คำนำ

สารต้านออกซิเดชัน เป็นสารประกอบที่ช่วยยืดระยะเวลา หรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบอื่นที่มีอนุมูลอิสระ (Shahidi and Naczk, 2004) หรือเป็นสารประกอบที่ช่วยทำให้ไขมันหรือน้ำมันเกิดการหืนได้ช้าลง จึงเป็นสารที่มักใช้เติมลงในไขมัน น้ำมัน และผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันหรือน้ำมัน เพื่อยังยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารดังกล่าว มีความคงตัว ตลอดจนช่วยรักษาคุณลักษณะโดยเฉพาะในด้านกลิ่นและรสชาติไว้ได้นานขึ้น (นิธิยา, 2544) นอกจากนี้ สารต้านออกซิเดชันจะช่วยป้องกันการเกิดโรคต่างๆ ได้ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคต้อกระจกและความชรา เป็นต้น (Macrae *et al.*, 1993) สารสกัดจากสมุนไพรเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติ (natural antioxidants) ในผลิตภัณฑ์อาหาร ช่วยป้องกัน และยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันขององค์ประกอบประเภทไขมัน รวมทั้งสารอาหารต่างๆ ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียคุณภาพ ทั้งในแง่ประสาทสัมผัส และโภชนาการ (Jamilah *et al.*, 1998; Yu *et al.*, 2002; Armitage *et al.*, 2002)

สารต้านออกซิเดชันที่พบได้ในธรรมชาติอาจอยู่ในรูปของสารประกอบต่างๆ ในพืช (โอภา, 2549) ซึ่งรวมถึงพืชที่มีสี และสมุนไพรต่างๆ เช่น ดอกอัญชัน ขมิ้นชัน ชาเขียว กระเจี๊ยบแดง ฯลฯ เป็นต้น ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้มีรูปลักษณ์แปลกใหม่ ให้มีสมบัติการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทางการเกษตรของไทยได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในข้าวที่เป็นอาหารหลักของคนไทย ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ข้าวเคลือบสมุนไพรวางจำหน่ายแล้วในท้องตลาด อย่างไรก็ตามการเคลือบสมุนไพร

ดังกล่าวบนผิวของข้าวกล้อง ซึ่งเป็นข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกเพียงอย่างเดียวและยังไม่มีการขัดสีนั้นยังไม่แพร่หลาย และเป็นสิ่งที่น่าสนใจสำหรับตลาดของผู้รักสุขภาพ เพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

ขมิ้นชัน เป็นพืชอยู่ในวงศ์ของ *Zingiberaceae* มีชื่อเรียกทางพฤษศาสตร์ว่า *Curcuma longa* Linn. (ภาณุทรรศ์, 2544) ขมิ้นจัดเป็นพืชสมุนไพรซึ่งปัจจุบันส่วนใหญ่มักนำขมิ้นไปใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร และยังแปรรูปในรูปต่างๆ เช่น ขมิ้นชันแคปซูล ขมิ้นชันผง เป็นต้น จากการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชกรรมของขมิ้นชันพบว่ามีสารต้านการอักเสบ ต่อต้านไวรัสและแบคทีเรีย องค์ประกอบทางเคมีของขมิ้นมีสารประกอบ Curcumin ซึ่งรวมแล้วเรียก Curcuminiods ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันอีกด้วย (นิภาภรณ์, 2550)

ชาเขียวมีชื่อเรียกทางพฤกษศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* ชาเขียวให้ประโยชน์แก่ร่างกายมากมายหลายประการ โดยจะมีสารประกอบทางเคมีในกลุ่มของโพลีฟีนอล (polyphenol) สารดังกล่าวเป็นสารต้านออกซิเดชัน (ฝ่ายบริการข้อมูลและสารสนเทศ สถาบันอาหาร, 2551) ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย สามารถดูดซึมได้เร็ว และกระจายตัวได้ดีในร่างกาย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม ในการเตรียมข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และการสกัดน้ำสมุนไพรที่มีสมบัติการต้านออกซิเดชันจากขมิ้นชันและใบชาเขียว ตลอดจนการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเคลือบข้าวกล้องด้วยสารสกัดจากสมุนไพรดังกล่าว

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการลดความชื้นที่มีต่อคุณภาพข้าวกล้อง

ในการเตรียมข้าวกล้องสำหรับการผลิตข้าวกล้องเคลือบสารสกัดจากสมุนไพร ได้ใช้ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 จากบริษัท ข้าวธรรมชาติจำกัด เป็นวัตถุดิบ ขั้นตอนแรกเป็นการลดความชื้นของข้าวกล้องหลังจากขั้นตอนการล้างทำความสะอาด ซึ่งในการวิจัยนี้อาศัยตู้อบลมร้อน และผันแปรอุณหภูมิที่ 45, 55, 65, 75, 85 และ 95°ซ มีการสุ่มตัวอย่างทุก 15 หรือ 30 นาที เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวกล้อง และวิเคราะห์สมบัติการต้านออกซิเดชันของข้าวกล้องโดยอาศัยวิธี ABTS radical cation decolorization assay ($ABTS^{+}$) (Re *et al.*, 1999) เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์และวิตามินซี และวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (ประพันธ์ และวันทนีย์, 2545) เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานของกรดแกลลิค

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomize Design: CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS v.10)

ผลของอุณหภูมิและเวลาการสกัดที่มีต่อคุณภาพของสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียว

สมุนไพรที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ ขมิ้นชัน (ตลาดเมืองใหม่ จ.เชียงใหม่) และชาเขียว (บริษัทชาระมิงค์ จ.เชียงใหม่) ซึ่งอยู่ในรูปผงละเอียด โดยในการสกัดจะใช้สัดส่วนสมุนไพรต่อน้ำที่ 1:10, 1:15 และ 1:20 และในแต่ละระดับความเข้มข้นจะผันแปรอุณหภูมิ (25-60°ซ) และเวลาการสกัด (40-180 นาที) โดยอาศัยการจัดการสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล และการวางแผนการทดลองแบบ Rotatable central

composite design ตัวอย่างน้ำสกัดที่ได้จะนำมาวิเคราะห์สมบัติการต้านออกซิเดชันโดยอาศัยวิธี $ABTS^{+}$ ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด ค่าสี (CIE) ปริมาณของแข็งที่เหลือและปริมาณน้ำสกัดที่ได้ มีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และหาความสัมพันธ์ของตัวแปรตลอดจนสภาวะการสกัดที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab v.15

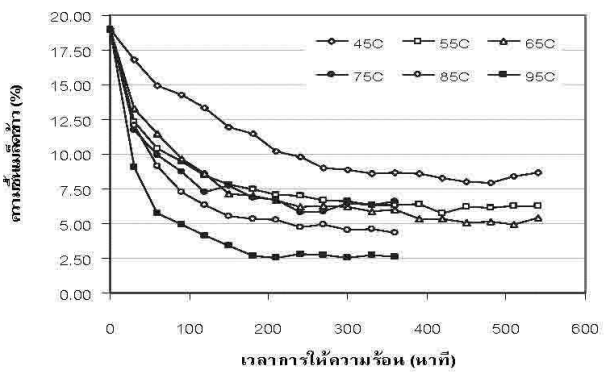
ผลของเวลาการแช่ในสารสกัดที่มีต่อสีของข้าวกล้องเคลือบขมิ้นชันและชาเขียว

จากสภาวะการสกัดสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียวที่ดีที่สุดที่ได้จากการศึกษาข้างต้น ได้นำสภาวะดังกล่าวที่อัตราส่วน 1:20 มาสกัดอีกครั้งและนำข้าวกล้องที่เตรียมไว้ในตอนต้น (ลดความชื้นแล้ว) ลงแช่ในสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียวเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง มีการสุ่มตัวอย่างทุก 2 ชั่วโมง และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ เป็นเวลา 270 นาที ก่อนนำมาวัดสี (CIE) วิเคราะห์สมบัติการต้านออกซิเดชันโดยอาศัยวิธี $ABTS^{\cdot+}$ และปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด

ผลการทดลอง

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการลดความชื้นที่มีต่อคุณภาพข้าวกล้อง

ในการศึกษาการลดความชื้นในข้าวกล้องหอมมะลิ 105 มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เมล็ดข้าวสามารถดูดซับความชื้นจากสารสกัดจากขมิ้นและชาเขียวได้ โดยทั่วไปความชื้นเริ่มต้นของข้าวกล้องจะมีค่าประมาณ 14% แต่ในขั้นตอนการผลิตข้าวเคลือบสมุนไพรนี้จะมีการล้างข้าวเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนก่อน ทั้งนี้ความชื้นของข้าวกล้องหลังจากการล้างทำความสะอาดแล้วจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 19% ในการลดความชื้นโดยใช้อุณหภูมิต่ำจะอาศัยเวลามากกว่าการใช้อุณหภูมิสูง แต่อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้เมล็ดข้าวมีลักษณะร้าว เปราะ และหักง่าย (จิตธนา และคณะ, 2543) สำหรับการใช้อุณหภูมิ 55-75°ซ พบว่าการลดลงของความชื้นไม่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในช่วงที่ข้าวมีความชื้นประมาณ 6-7% ($p>0.05$) ส่วนการใช้อุณหภูมิที่ 45°ซ จะไม่สามารถลดความชื้นของเมล็ดข้าวให้มีค่าต่ำกว่า 7.5% ได้ (ภาพที่ 1) การศึกษาในส่วนนี้จึงได้คัดเลือกสภาวะการลดความชื้นที่ 55°ซ เป็นเวลา 270 นาที ในการลดความชื้นข้าวกล้องหอมมะลิ 105 เพื่อใช้ในการผลิตข้าวเคลือบสมุนไพรต่อไป



ภาพที่ 1 ปริมาณความชื้นของข้าวกล้องที่ผ่านการลดความชื้นที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

เมล็ดข้าวกล้องที่ได้จากการลดความชื้นที่สภาวะดังกล่าวในปริมาณ 1 กรัม จะมีสมบัติการต้านออกซิเดชันเทียบเท่ากับวิตามินซีและสารมาตรฐานโทลอกซ์ 1.52 มก. และ 0.33 มก. ตามลำดับ และพบว่าในข้าวกล้องปริมาณ 1 กรัม มีปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดเทียบเท่ากับกรดแกลลิค 31.25 มก.

ผลของอุณหภูมิและเวลาการสกัดที่มีต่อคุณภาพของสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียว

ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียว ตลอดจนการหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพล ได้ให้ความสำคัญในระดับสูงกับสมบัติการต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดในสารที่สกัดได้ และได้พิจารณาค่าสี (L* *h** *C**) ตลอดจนปริมาณตะกอนหรือของแข็งที่ต้องกำจัดออกและปริมาณสารสกัดที่สกัดได้ร่วมด้วย ซึ่งพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดสารสกัดจากขมิ้นชันในอัตราส่วน 1:10 และ 1:20 คือที่อุณหภูมิการสกัด 25°ซ เป็นเวลา 142 และ 157 นาที ตามลำดับ ส่วนที่อัตราส่วน 1:15 นั้นจะมีสภาวะการสกัดที่เหมาะสมที่อุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อยคือที่ 27°ซ เป็นเวลา 93 นาที สารสกัดที่ได้จากสภาวะดังกล่าวจะมีสมบัติการต้านออกซิเดชัน สารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด ค่าสี และปริมาณน้ำที่สกัดได้ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 1) แต่จะมีของแข็งที่ต้องกรองหรือกำจัดออกในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนขมิ้นชันต่อน้ำที่ 1:20 ซึ่งจะมีปริมาณของแข็งต่ำที่สุดในการสกัดเพื่อใช้ในการเคลือบบนผิวข้าวกล้องต่อไป

ตารางที่ 1 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดจากขมิ้นชันและคุณภาพของสารสกัดที่ได้ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

	ความเข้มข้น (ขมิ้นชัน:น้ำ)		
	1:10	**1:15**	**1:20**
สภาวะการสกัดที่เหมาะสม			
- อุณหภูมิ (°ซ)	25.0	27.0	25.0
- เวลา (นาที)	142	93	157
คุณภาพของน้ำสกัด			
- สมบัติการต้านออกซิเดชัน (มก.วิตามินซีต่อกรัมตัวอย่าง)	3.77	4.28	4.74
- สมบัติการต้านออกซิเดชัน (มก.โทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง)	7.01	7.01	7.01
- สารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด (มก.กรดแกลลิคต่อกรัมตัวอย่าง)	7.44	6.74	6.72
- ค่าสี L*	99.23	98.94	99.59
- ค่าสี *h**	0.49	0.54	0.50
- ค่าสี *C**	10.78	9.10	10.51
- ปริมาณของแข็ง (กรัม)	3.14	2.07	1.12
- ปริมาณน้ำสกัดที่ได้ (มล.)	39.15	36.77	38.31

ทำนองเดียวกับการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดจากใบชาเขียวบดละเอียด ซึ่งพบว่าที่อัตราส่วน 1:10 และ 1:15 นั้น มีสภาวะการสกัดที่เหมาะสมที่สุดคือที่อุณหภูมิการสกัด 60°ซ เป็นเวลา 180 และ 101 นาที ตามลำดับ ส่วนที่อัตราส่วน 1:20 นั้น พบว่าสามารถทำการสกัดได้ที่อุณหภูมิ 25° ซ ในเวลา 180 นาที (ตารางที่ 2) น้ำที่สกัดได้มีสีเขียวเข้มซึ่งสังเกตได้จากค่า *h** ที่มีค่าต่ำ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าที่อัตราส่วน 1:10 นั้น จะสามารถสกัดสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดได้ในปริมาณสูงกว่าที่อัตราส่วนอื่นๆ แต่ก็พบของแข็งที่ต้องกำจัดออกในปริมาณสูงเช่นกัน ซึ่งอาจเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตได้ ดังนั้นจึงเลือกที่อัตราส่วน 1:20 ในการสกัดสารสกัดจากชาเขียวเพื่อใช้ในการเคลือบข้าวกล้อง

ตารางที่ 2 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดจากชาเขียวและคุณภาพของน้ำสกัดที่ได้ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

	ความเข้มข้น (ชาเขียว:น้ำ)		
	1:10	**1:15**	**1:20**
สภาวะการสกัดที่เหมาะสม			
- อุณหภูมิ (°ซ)	60.0	60.0	25.0
- เวลา (นาที)	180	101	180
คุณภาพของน้ำสกัด			
- สมบัติการต้านออกซิเดชัน (มก.วิตามินซีต่อกรัมตัวอย่าง)	0.15	0.04	0.10
- สมบัติการต้านออกซิเดชัน (มก.โทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง)	1.75	1.75	1.75
- สารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด (มก.กรดแกลลิคต่อกรัมตัวอย่าง)	39.67	31.13	34.85
- ค่าสี L*	82.51	79.87	73.22
- ค่าสี *h**	0.22	0.21	0.44
- ค่าสี *C**	24.96	32.41	25.34
- ปริมาณของแข็ง (กรัม)	2.70	1.62	0.96
- ปริมาณน้ำสกัดที่ได้ (มล.)	34.54	34.46	37.60

ผลของเวลาการแช่ในสารสกัดที่มีต่อสีของข้าวกล้องเคลือบขมิ้นชันและชาเขียว

จากสภาวะการสกัดน้ำสมุนไพรที่ได้ข้างต้น ได้นำมาใช้ในการสกัดสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียวเพื่อใช้ในการแช่ข้าวกล้องที่ถูกลดความชื้นแล้ว โดยในส่วนนี้จะศึกษาระยะเวลาการแช่ที่เหมาะสมเพื่อให้เมล็ดข้าวดูดซับสารสกัดให้มากที่สุด ซึ่งจากการแช่เป็นเวลา 0-10 ชั่วโมง และนำไปลดความชื้นอีกครั้งที่อุณหภูมิ 55°ซ เป็นเวลา 270 นาที เพื่อให้สามารถเก็บรักษาข้าวเคลือบดังกล่าวที่อุณหภูมิห้องได้ พบว่าเมื่อเวลาการแช่เพิ่มขึ้นข้าวกล้องเคลือบขมิ้นชันจะมีสีเหลืองเข้มขึ้น (ค่า *C** เพิ่มขึ้น และค่า L* ลดลง) และข้าวกล้องเคลือบชาเขียวจะมีสีคล้ำลง (ค่า L* ลดลง) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสีของข้าวกล้องเคลือบขมิ้นชันและชาเขียวที่เวลาการแช่ต่างๆ

เวลาการแช่ข้าว (ชั่วโมง)	ข้าวกล้องเคลือบขมิ้นชัน			ข้าวกล้องเคลือบชาเขียว		
	L*	*h**	*C**	L*	*h**	*C**
0	68.41±1.30^{c}	1.12±0.01^{a}	31.41±0.62^{a}	68.63±1.00^{c}	1.11±0.01^{a}	31.74±0.35^{b}
2	68.48±0.74^{c}	1.23±0.02^{bc}	41.69±1.82^{b}	59.00±1.19^{a}	1.21±0.02^{c}	30.91±0.69^{a}
4	66.03±1.33^{b}	1.21±0.03^{bc}	42.79±1.50^{b}	60.91±1.75^{b}	1.17±0.02^{bc}	31.92±0.45^{b}
6	65.40±1.15^{ab}	1.19±0.02^{bc}	42.82±2.77^{b}	61.99±0.84^{b}	1.19±0.10^{bc}	33.02±0.39^{c}
8	64.92±1.10^{a}	1.24±0.11^{c}	41.74±2.72^{b}	61.93±1.24^{b}	1.16±0.02^{b}	33.07±0.54^{c}
10	64.76±0.54^{a}	1.18±0.04^{b}	41.93±3.68^{b}	58.02±1.35^{a}	1.18±0.01^{bc}	31.00±0.85^{a}

ข้อมูลในแถวเดียวกันตามแนวตั้งที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมล็ดข้าวกล้องที่เคลือบด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียวในปริมาณ 1 กรัม จะมีสมบัติการต้านออกซิเดชันเทียบกับสารมาตรฐานโทรลอกซ์ 8.88 มก. และ 8.87 มก. ตามลำดับ และมีปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดเทียบเท่ากับกรดแกลลิค 14.49 มก. และ 75.97 มก. ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการทดลอง

การลดความชื้นของข้าวกล้องหอมมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 55°ซ เป็นเวลา 270 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่ส่งผลให้ข้าวกล้องมีความชื้นอยู่ในช่วงประมาณ 6-7% ส่วนการใช้อุณหภูมิที่ 45°ซ จะไม่สามารถลดความชื้นของเมล็ดข้าวให้มีค่าต่ำกว่า 7.5% ได้ (ภาพที่ 1) และการใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้เมล็ดข้าวมีลักษณะร้าว เปราะ และหักง่าย (จิตธนา และคณะ, 2543) ในขั้นตอนนี้จึงได้เลือกสภาวะการลดความชื้นที่ 55°ซ เป็นเวลา 270 นาที ในการลดความชื้นของข้าวกล้องหอมมะลิ 105 เพื่อใช้ในการผลิตข้าวเคลือบสมุนไพร

จากผลการศึกษาสภาวะการสกัดสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียวนั้นได้ให้ความสำคัญกับสมบัติการต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลในสารที่สกัดได้ในระดับสูง และได้พิจารณาค่าสี (L* *h** *C**) ตลอดจนปริมาณตะกอนหรือของแข็งที่ต้องกรองออกและปริมาณสารสกัดที่สกัดได้ร่วมด้วย ซึ่งพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดสารสกัดจากขมิ้นชันคือที่อัตราส่วน 1:20 และสกัดในอุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 157 นาที ส่วนการสกัดสารสกัดจากชาเขียวคือที่อัตราส่วน 1:20 และสกัดที่อุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 180 นาที เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดที่พบในสารสกัดจากขมิ้นชันและจากชาเขียว พบว่าในสารสกัดจากชาเขียวจะมีสารประกอบดังกล่าวสูงกว่าในสารสกัดจากขมิ้นชัน ทั้งนี้เนื่องจากชาเขียวมีสารประกอบของ flavonoids ซึ่งเป็นสารในกลุ่มของสารประกอบโพลิฟีนอลในปริมาณสูง ส่วนสารสกัดจากขมิ้นชันซึ่งมีสีเหลืองนั้นคาดว่าจะเป็นสีของสารประกอบในกลุ่มของ curcumin (แพทย์แผนไทยท้องถิ่นทุ่งสง, ม.ป.ป.) สารใน flavonoids มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยทำหน้าที่ในการหน่วงเหนี่ยวหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงช่วยหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระได้แหล่งอาหารที่พบฟลาโวนอยด์มาก ได้แก่ พืชผักและผลไม้ทั่วไป รวมทั้งเครื่องดื่มต่างๆ เช่น ชา ไวน์ เป็นต้น จะเห็นได้ว่า ใน

ธรรมชาติมีสารต้านอนุมูลอยู่ในอาหารที่มาจากพืชมากมาย การรับประทานอาหารจำพวกพืชผักและผลไม้จึงทำให้ร่างกายได้รับสารต้านอนุมูลอิสระมากขึ้นซึ่งทำให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทำงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพตรงกันข้ามการรับประทานอาหารที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระจะช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้เต็มที่ (ซูไฮดา, ม.ป.ป.) ส่วน curcumin ให้ฤทธิ์การต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินซีและวิตามินอี curcumin เป็นรงควัตถุสีเหลืองมีคุณสมบัติเป็นสารประกอบโพลีฟีนอลอีกด้วย (ภานุทรรศน์, 2544)

การสกัดน้ำสมุนไพรที่อัตราส่วน 1:20 ได้ถูกนำมาใช้ในการสกัดสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียวเพื่อใช้ในการแช่ข้าวกล้องที่ถูกลดความชื้นแล้ว โดยในส่วนนี้ระยะเวลาการแช่ที่เหมาะสมเพื่อให้เมล็ดข้าวดูดซับสารสกัดได้มากที่สุดคือที่ 10 ชั่วโมง จากนั้นนำไปลดความชื้นอีกครั้งที่อุณหภูมิ 55°ซ เป็นเวลา 270 นาที เพื่อให้สามารถเก็บรักษาข้าวกล้องเคลือบสมุนไพรดังกล่าวที่อุณหภูมิห้องได้ ซึ่งพบว่าเมื่อเวลาการแช่เพิ่มขึ้นข้าวกล้องเคลือบขมิ้นชันจะมีสีเหลืองเข้มขึ้น (ค่า C^* เพิ่มขึ้น และค่า L^* ลดลง) และข้าวกล้องเคลือบชาเขียวจะมีสีคล้ำลง (ค่า L^* ลดลง) แต่มีความเป็นสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น (ค่า C^* ลดลง) ในขณะที่ค่าที่แสดงความเป็นสีเขียวนั้นไม่แตกต่างจากข้าวกล้องก่อนแช่ ดังแสดงในตารางที่ 3 ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุจาก สีธรรมชาติของข้าวกล้องนั้นเป็นสีน้ำตาลหรือแดงอ่อนซึ่งเป็นสีของเยื่อหุ้มเมล็ด เมื่อมีการแช่ในสารสกัดที่มีสีเขียวจะส่งผลให้สีเปลี่ยนไปเป็นสีที่คล้ำลงได้

จากลักษณะทั่วไปของข้าวกล้องที่ยังคงมีเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่ของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารดังกล่าวสามารถดูดซับน้ำได้และขัดขวางการแพร่ของน้ำเข้าสู่ส่วนของเนื้อเมล็ด (endosperm) ส่งผลให้การแพร่ของน้ำเข้าสู่ส่วนของเนื้อเมล็ดเป็นไปได้ช้ากว่าข้าวที่ผ่านการขัดสีแล้ว ในขั้นตอนการแช่เมล็ดข้าวในน้ำสารสกัดเป็นการเพิ่มความชื้นให้เมล็ดข้าว ซึ่งอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีอย่างอื่นได้ ซึ่งรวมถึงการงอกของเมล็ดข้าวด้วย เนื่องจากข้าวกล้องยังคงมีส่วนของเอมบริโอหรือส่วนของจมูกข้าวที่สามารถเจริญเป็นต้นอ่อนได้ถ้ามีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม (พัชรี, 2551) นอกจากนี้ในการเคลือบเมล็ดข้าวกล้องด้วยสีต่างๆ ที่สกัดจากสมุนไพรนั้นมักได้สีที่ไม่สดใสเช่นในข้าวขัดสี เนื่องจากสีพื้นฐานโดยธรรมชาติของข้าวกล้องเป็นสีน้ำตาลอ่อนซึ่งแตกต่างจากข้าวขัดสีที่มีสีขาว

จากการศึกษาสมบัติการต้านออกซิเดชันพบว่าตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้องที่ได้จากการลดความชื้นที่สภาวะดังกล่าวในปริมาณ 1 กรัม จะมีสมบัติการต้านออกซิเดชันเทียบเท่ากับสารมาตรฐานโทรลอกซ์ 0.33 มก. ตามลำดับ และมีสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดเทียบเท่ากับกรดแกลลิคในปริมาณ 31.25 มก. และผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องเคลือบด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียวในปริมาณ 1 กรัม จะมีสมบัติการต้านออกซิเดชันเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานโทรลอกซ์ 8.88 มก. และ 8.87 มก. ตามลำดับ และมีปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดเทียบเท่ากับกรดแกลลิค 14.49 มก. และ 75.97 มก.ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ชัดว่าเมื่อนำสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียวมาเคลือบข้าวกล้องหอมมะลิ จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสมบัติการต้านออกซิเดชัน และมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องเคลือบด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียวที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นทางเลือกหนึ่งให้แก่ผู้บริโภคที่รักสุขภาพได้

สรุปผลการวิจัย

ในการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิ 105 เคลือบด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันและชาเขียว จะมีการลดความชื้นในข้าวกล้องให้มีค่าประมาณ 6-7% โดยอาศัยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ เป็นเวลา 270 นาที ซึ่งข้าวกล้องที่ได้จะยังคงมีสมบัติการต้านออกซิเดชันและมีสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด หลังจากนั้นจะนำข้าวกล้องที่ได้มาแช่ในน้ำสกัดของขมิ้นชัน ที่สกัดในอุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 157 นาที (อัตราส่วนขมิ้นชันต่อน้ำที่ 1:20) หรือแช่ในน้ำสกัดของชาเขียว ที่สกัดที่อุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 180 นาที (อัตราส่วนชาเขียวต่อน้ำที่ 1:20) โดยจะใช้เวลาแช่ทั้งสิ้น 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องก่อนนำมาทำแห้งอีกครั้งที่อุณหภูมิ 55°ซ เป็นเวลา 270 นาที ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสมบัติการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ และมีปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นด้วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมมะลิเคลือบด้วยสารสกัดจากชาเขียว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทข้าวธรรมชาติ จำกัด จังหวัดสุโขทัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้าวกล้องวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ สายสนม ประดิษฐดวง ทนง ภัครัชพันธุ์ และปริศนา สุวรรณาภรณ์. 2543. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 505 น.

ซูไฮดา กะโด. ม.ป.ป. **The Nobel Prize in Physiology or Medicine.** จาก *http://yalor.yru.ac.th/~dolah/notes/46-2-47/G-13-4/N_404652014.doc* [9 ตุลาคม 2551].

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2541. **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่. 193 น.

นิภาภรณ์ สีถาการ. 2550. **ขมิ้น สมุนไพรโบราณสู่ห้องวิจัยสมัยใหม่กับการรักษาอัลไซเมอร์ (Alzheimer's).** จาก *http://www.vcharkarn.com/include/article/showarticle.php?Aid=18853* [23 มกราคม 2551].

พัชรี ตั้งตระกูล. 2551. **ข้าวงอก "GABA" ทางเลือกอาหารเพื่อสุขภาพ.** จาก *http://www.riceproduct.org/index.php?option=com_content&task=view&id=72&Itemid=50* [9 ตุลาคม 2551].

ประภัสสร สุรวัฒนาวรรณ. ม.ป.ป. **ชาเขียว.** จาก *http://www.gpo.ro.th/rdi/html/greetea.html* [5 กุมภาพันธ์ 2551].

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม และวันทนีย์ ช้างน้อย. 2543. การเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและศักยภาพการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดพืชตระกูลส้มสายพันธ์ต่างๆ ที่ปลูกในประเทศไทย. **อาหาร.** 32(4): 300-307.

ฝ่ายบริการข้อมูลและสารสนเทศ สถาบันอาหาร. 2551. **ชาเขียว.** จาก *http://www.nfi.or.th* [5 กุมภาพันธ์ 2551].

ภานุทรรศน์. 2544. **ขมิ้น ยอดสมุนไพรโบราณรักษาสารพัดโรค.** บริษัทสำนักพิมพ์น้ำฝนจำกัด: กรุงเทพฯ. 126 น.

สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2544. **มะเกี๋ยง: พืชในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช.** ศิลปะการพิมพ์: ลำปาง. 19 น.

โอภา วัชระคุปต์. 2549. **สารต้านอนุมูลอิสระ.** พี.เอส.พริ้นท์: กรุงเทพฯ 190 น.

Armitage, D.B., N.S. Hettiarachchy and M.A. Monsoor. 2002. Natural Antioxidants as a Component of An Egg Albumen Film in the Reduction of Lipid Oxidation in Cooked and Uncooked Poultry. **J. Food Sci.** 67: 631-634.

Jamilah, B., Y.B. Cheman and T.L. Ching. 1998. Antioxidant Activity of *Citrus hystrix* Peel Extract in RBD Palm Olein During Frying of Fish Crackers. **J. Food Lipids.** 5: 149-157.

Macrae, R., R.K. Robinson and M.J. Sadler. 1993. **Encyclopaedia of Food Science.** Food Technology and Nutrition. Academic Press: London. 4998 p.

Re, R., N. Pellerinl, A. Proteggent, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an iproved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine.** 26: 1231-1237.

Shahidi, F. and M. Naczk. 2004. **Phenolic in Food and Nutraceuticals.** CRC Press: Boca Raton Fla. 558 p.

Suttajit, M., S. Immark, S. Teerajan. S. Suttajit and C. Chiyasut. 2006. Antioxidantive activity and Polyphenol content in different varieties of Thai rice grain. **Processings of Asia Pacific Clinical Nutrition society. Joint 8th ISCN and 5th APCNS conference 2006.**

Yu, L., L. Scanlin, J. Wilson and G. Schmidt. 2002. Rosemary Extracts Inhibitors of Lipid Oxidation and Color Change in Cooked Turkey Products During Refrigerated Storage. **J. Food Sci.** 67: 582-585.

การศึกษาหาสมการความดันตกคร่อมของอากาศที่ไหลผ่านตะกร้าบรรจุลำไย

Determination of Pressure Drop Equations During Airflow through Longan Packed Bed

สมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ

Somkiat Jaturonglumlert

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

E-mail: yaidragon@mju.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้ คือเพื่อหาสมการทำนายค่าความดันตกคร่อมที่ผ่านตะกร้าบรรจุลำไย โดยนำผลการทดลองที่ได้ ไปวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์โดยใช้สมการประกอบด้วย สมการยกกำลัง (Power law) สมการความต้านทานการเคลื่อนที่ของลมในชั้นเมล็ดพืช (Resistance to airflow of agricultural products, ASAE D272.3) และสมการหาค่าความดันตกคร่อมของ Ergun ซึ่งสมการที่เหมาะสมที่สุดในการทำนายค่าความดันตกคร่อม คือสมการยกกำลัง โดยใช้การศึกษาในช่วงความเร็วลม 0.13-4.64 เมตรต่อวินาที นอกจากนั้นยังพบว่า ทิศทางลมเข้าทางหน้าตัดด้านบน (Top) ของตะกร้าบรรจุลำไยจะมีประสิทธิผลดีในการเลือกใช้เพื่อออกแบบการจัดเรียงตะกร้า

คำสำคัญ: ค่าความดันตกคร่อม ตะกร้าบรรจุลำไย

Abstract

The purpose of this project was to determine the pressure drop equations for airflow through longan packed bed. Three equations, the Power Law, the Resistance to Airflow of Agricultural Products included as ASAE Data D272.3 ASAE Standards, 2002, and the Ergun, were examined. Results showed that an appropriate equation for predicting the pressure drop was the Power Law for range 0.13-4.64 air velocities. Inlet air direction was recommended on the top side of longan packed bed for the use in design of baskets arrangement.

Key words: pressure drop, longan, packed bed

คำนำ

ลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคเหนือของประเทศไทย ในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวลำไยจะมีปริมาณผลผลิตจำนวนมากทำให้ราคามีค่าต่ำลง อีกทั้งการเก็บรักษาลำไยสดเพื่อการค้ายังทำได้ไม่ดี เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวจึงมีความสำคัญต่อการยืดอายุผลลำไยสดเพื่อให้สามารถขนส่งไปจำหน่ายยังตลาดห่างไกลได้ ปัจจุบันการรมลำไยสดด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีส่วนช่วยให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น (Thompson *et al.*, 1996) ขั้นตอนสำคัญของการรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์คือจะต้องบรรจุลำไยสดลงในตะกร้าแล้วจัดเรียงเป็นแถวเพื่อทำการรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องปิด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้ด้วยกำมะถันหรือจากถังบรรจุชนิดเข้มข้นจะถูกปล่อยออกมาผสมกับอากาศแล้วใช้พัดลมหมุนเวียนผ่านตะกร้าบรรจุลำไยสด รูปแบบการจัดเรียงตะกร้าบรรจุลำไยมีผลต่อความสม่ำเสมอและกระจายตัวของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (จักรพงษ์ และคณะ, 2548) การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ความดันตกคร่อมที่ผ่านตะกร้าบรรจุลำไยสดจะช่วยให้สามารถเข้าใจถึงการจัดเรียงรูปแบบตะกร้าที่ถูกต้อง อีกทั้งรูปแบบของสมการที่ใช้ในการทำนายค่าสัมประสิทธิ์ความดันตกคร่อมยังสามารถนำไปใช้ประกอบการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ เพื่อทำนายรูปแบบการไหลเวียนของอากาศภายในห้องรมและที่ผ่านตะกร้าบรรจุลำไยสด

ในการศึกษานี้จะทำการทดสอบเพื่อวัดค่าความดันตกคร่อมที่ตะกร้าบรรจุลำไยสด ในทิศทางการไหลของลมด้านต่างๆ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปสร้างสมการทำนายค่าความดันตกคร่อมโดยใช้รูปแบบสมการที่เหมาะสม ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากสมการกับผลการทดลอง แล้ววิเคราะห์ความสัมพันธ์เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ในด้านต่างๆ ของตะกร้าบรรจุลำไยสด

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าสมการทำนายค่าสัมประสิทธิ์ความดันตกคร่อมที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรจำพวกผลไม้ที่มีผลกลม มี 3 แบบคือสมการยกกำลัง สมการความต้านทานการเคลื่อนที่ของลมในชั้นเมล็ดพืช และสมการหาค่าความดันตกคร่อมของ Ergun

สมการยกกำลัง (Power law)

จากการศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ใช้แทนความดันตกคร่อมผ่านตะกร้าในโปรแกรมจำลองสถานการณ์การไหลของอากาศ (Computation Fluid Dynamic, CFD) เช่นโปรแกรม Airpak (Fluent, 2001) พบว่าสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมสำหรับการไหลของอากาศในระบบสามมิติคือสมการยกกำลัง ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์ของค่าความดันตกคร่อมกับความเร็วลมที่ไหลผ่านตะกร้า ดังแสดงความสัมพันธ์ในสมการ

$$\Delta P = Bv^n \qquad (1)$$

เมื่อ ΔP คือ ค่าความดันตกคร่อม (ปาสคาล)

v คือ ความเร็วของของไหล (เมตรต่อวินาที)

B คือ ค่าคงที่

n คือ ค่าคงที่

สมการความต้านทานการเคลื่อนที่ของลมในชั้นเมล็ดพืช (Resistance to airflow of agricultural products)

เมื่อลมถูกบังคับให้เคลื่อนผ่านชั้นของเมล็ดพืชในตะกร้าก็จะเกิดการต้านทานการเคลื่อนที่ของลมขึ้น ความต้านทานดังกล่าวเกิดจากการเสียดทาน และการอลวนของกระแสลม ภายในตะกร้า ทำให้เกิดความดันตกลง (Pressure drop) ความดันที่ลดลงนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการเคลื่อนไหวของอากาศ ลักษณะและผิวของวัสดุ จำนวนขนาดและรูปร่างของช่องว่างระหว่างวัสดุ ความแตกต่างของขนาดวัสดุและความสูงของวัสดุที่อากาศจะเคลื่อนไหลผ่าน (สมชาติ, 2540)

การหาค่าความต้านทานของเมล็ดพืชต่อการเคลื่อนที่ของลมสามารถหาได้ตามมาตรฐาน American Society of Agricultural Engineers (ASAE D272.3) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางที่เมตรต่อวินาที) กับความดันรวมที่ลดลงต่อความลึกของวัสดุ (ปาสคาลต่อเมตร) สมการการต้านทานการไหลของอากาศ สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังแสดงในสมการ

$$\frac{\Delta P}{l} = \frac{aQ^2}{\log_e\left(1+bQ\right)} \qquad (2)$$

เมื่อ ΔP คือ ค่าความดันตกคร่อม (ปาสคาล)

l คือ ความลึกของตะกร้า (เมตร)

Q คือ อัตราการไหลของอากาศ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางที่เมตรต่อวินาที)

a คือ ค่าคงที่เฉพาะชนิดของเมล็ดพืช

b คือ ค่าคงที่เฉพาะชนิดของเมล็ดพืช

สมการหาค่าความดันตกคร่อมของ Ergun

การหาค่าความดันตกคร่อมของ Ergun, 1952 ได้จำแนกองค์ประกอบที่มีผลต่อความดันตกคร่อมประกอบด้วย อัตราการไหลของของไหล ความหนาแน่นของของไหล ลักษณะการอัดตัวของวัตถุ และขนาดรูปร่างพื้นที่ผิวของวัตถุ ซึ่งองค์ประกอบสองประการแรกนั้นขึ้นกับของไหล อีกสองประการหลังขึ้นอยู่กับรูปทรงและการจัดเรียงตัวของวัตถุ โดยค่าความดันตกคร่อมถูกแสดงความสัมพันธ์ได้ดังแสดงในสมการ

$$\frac{|\Delta P|}{l} = \frac{150\left(1-\varepsilon\right)^2 \mu}{\varepsilon^3 D_P^2} v + \frac{1.75\left(1-\varepsilon\right)\rho}{\varepsilon^3 D_P} v^2 \qquad (3)$$

เมื่อ ΔP คือ ความดันดันตกคร่อม (ปาสคาล)

l คือ ความลึกของตะกร้า (เมตร)

ε คือ ความสัดส่วนช่องว่างในตะกร้า (ไม่มีหน่วย)

μ คือ ความหนืดของของไหล (นิวตันต่อตารางที่เมตร)

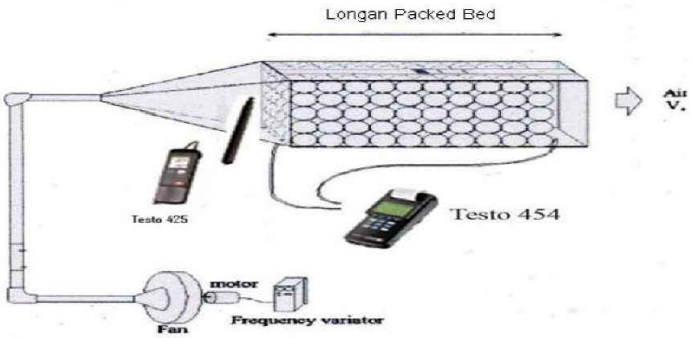
v คือ ความเร็วของของไหล (เมตรต่อวินาที)

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

D_P คือ เส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่าของวัตถุ (เมตร)

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบเครื่องมือทดสอบ จะคำนึงถึงรูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นในด้านต่างๆ ของตะกร้าบรรจุลำไยสด ซึ่งท่อลมที่ใช้เป็นทางผ่านเข้าตะกร้าสำหรับในการทดลองนี้ จะแบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ ด้านยาวของตะกร้า (Length) ด้านกว้างของตะกร้า (Width) และด้านล่างขึ้นบนของตะกร้า (Top) ท่อลมถูกออกแบบให้มีขนาดพอดีกับตะกร้าบรรจุลำไยโดยไม่ทำให้อากาศไหลรั่วออกมาได้ เพื่อไม่ให้ข้อมูลความดันตกคร่อมเบี่ยงเบนคลาดเคลื่อน (Mills, 1995) การออกแบบพัดลมหมุนเวียนอากาศผ่านตะกร้าบรรจุลำไยจะใช้พัดลมขนาดครึ่งแรงม้าแบบใบพัดโค้งหลัง (Backward Curve Fan) ซึ่งควบคุมความเร็วลมด้วยการปรับรอบจากเครื่องอินเวอร์เตอร์ (Laguerre *et al.*, 2006) ทำการวัดค่าความเร็วลมโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE Standard (ASHRAE, 2001) ซึ่งวัดค่าความเร็วเฉลี่ยด้วยเครื่อง Testo 425 และทำการบันทึกข้อมูลค่าความดันตกคร่อมด้วยเครื่อง Testo 454 (Montillet *et al.*, 2006) โดยชุดการทดสอบและอุปกรณ์การทดลองแสดงดังภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ชุดการทดสอบ

ภาพที่ 2 อุปกรณ์การทดลอง

ในการทดลองจะใช้ตะกร้าบรรจุลำไยขนาดมาตรฐาน 10 กิโลกรัม (กว้าง 32 ซม. ยาว 46 ซม. และสูง 15 ซม.) และเลือกลำไยพันธ์อีดอที่ติดก้านขนาดสม่ำเสมอกันมาใช้ โดยใช้ความเร็วลมทดสอบในช่วง 0.13 ถึง 4.64 เมตรต่อวินาที โดยในการคำนวณได้ใช้ค่าจากการทดสอบซึ่งพบว่าค่าสัดส่วนช่องว่างโดยการแทนที่น้ำของลำไยภายในตะกร้ามีค่า 0.81 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 0.026 เมตร และความลึกของตะกร้าในแต่ละด้านเท่ากับขนาดหน้าตัดในแต่ละด้านของตะกร้าบรรจุลำไย ส่วนคุณสมบัติของของไหลซึ่งเป็นอากาศภายในห้องปิดจะใช้ค่าเฉลี่ยตามสภาวะที่อุณหภูมิห้องขณะนั้น

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบที่ระดับต่างๆ ของความเร็วลมซึ่งผ่านตะกร้าบรรจุลำไยสดกับค่าความดันตกคร่อมที่วัดได้ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติและสร้างสมการความสัมพันธ์โดยใช้รูปแบบสมการของ สมการยกกำลัง สมการความต้านทานการเคลื่อนที่ของลมในชั้นเมล็ดพืช และสมการหาค่าความดันตกคร่อมของ Ergun จะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ชุดสมการของสมการยกกำลัง ที่เกิดในตะกร้าบรรจุลำไย

ด้าน	$\Delta P = BV^n$		
	B	**n**	R^2
กว้าง (Width)	7.445	1.557	0.983
ยาว (Length)	16.036	1.535	0.921
บน (Top)	11.502	1.835	0.930

ตารางที่ 2 ชุดสมการต้านทานการไหลของอากาศ ที่เกิดในตะกร้าบรรจุลำไย

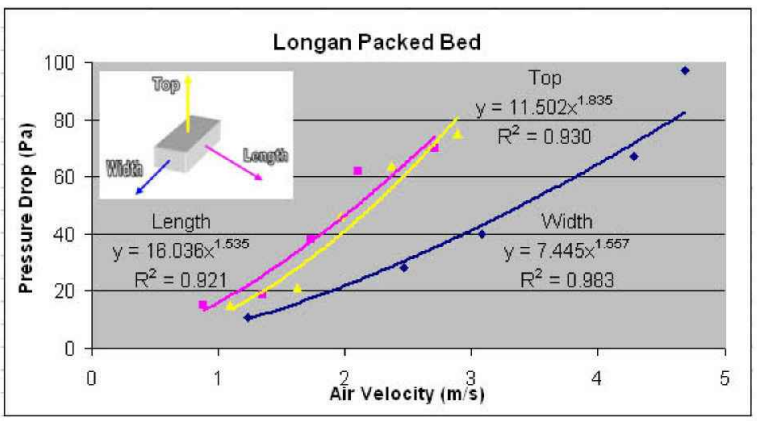
ด้าน	$\frac{\Delta P}{l} = \frac{aQ^2}{\log_e(1+bQ)}$		
	a	**b**	R^2
กว้าง (Width)	102.071	20,498.950	0.986
ยาว (Length)	60.842	2.122	0.874
บน (Top)	43.324	0.459	0.750

ตารางที่ 3 ชุดสมการของสมการ Ergun ที่เกิดในตะกร้าบรรจุลำไย

ด้าน	$\frac{\lvert\Delta P\rvert}{l} = \frac{c(1-\varepsilon)^2 \mu}{\varepsilon^3 D_P^2} v + \frac{d(1-\varepsilon)\rho}{\varepsilon^3 D_P} v^2$		
	c	d	R^2
กว้าง (Width)	2,049.452	0.503	0.969
ยาว (Length)	19,775.771	1.128	0.914
บน (Top)	36,301.121	1.918	0.908

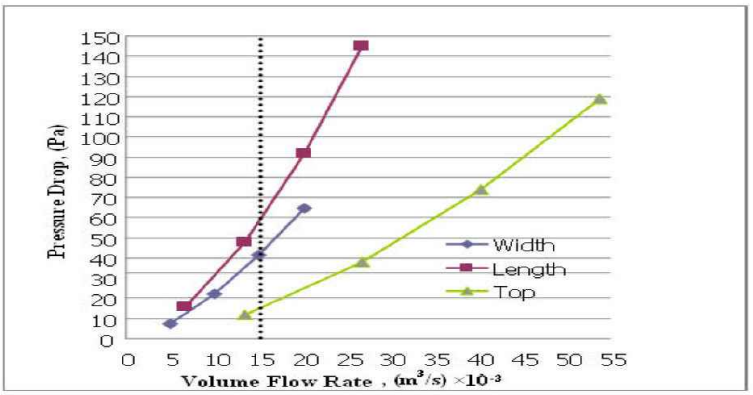
จากผลการทดสอบเปรียบเทียบความดันตกคร่อมที่เกิดในตะกร้าบรรจุลำไยโดยใช้สมการทำนายทั้ง 3 แบบ พบว่าค่าความดันตกคร่อมที่ได้จากความสัมพันธ์สมการยกกำลังมีค่าเหมาะสมที่สุด ด้วยเหตุผลที่ว่าเป็นสมการที่ได้ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R^2) โดยรวมสูงที่สุด นอกจากนี้รูปแบบของยังอยู่ในเทอมที่ง่ายต่อการนำไปใช้งานซึ่งมีตัวแปรที่ไม่ซับซ้อน ในขณะที่สมการ Ergun เป็นสมการที่ดีรองลงมาจากสมการยกกำลังเพราะได้ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R^2) รองลงมาแต่สมการ Ergun เป็นสมการที่มีตัวแปรซับซ้อน ยากต่อการนำไปใช้ส่วนค่าความดันตกคร่อมที่ได้จากสมการความต้านทานการเคลื่อนที่ของลมในชั้นเมล็ด เป็นสมการที่มีค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R^2) น้อยที่สุด

เมื่อนำสมการทำนายค่าสัมประสิทธิ์ความดันตกคร่อมแบบสมการยกกำลังมาสร้างความสัมพันธ์กับทิศทางการไหลเข้าตะกร้าบรรจุลำไยสดในแต่ละทิศทาง สามารถสร้างแผนภาพเพื่อเปรียบเทียบ และสะดวกต่อการนำไปใช้งานได้ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าความดันตกคร่อมแบบสมการยกกำลัง

เมื่อทำการเปรียบเทียบด้วยปริมาณลมที่ไหลผ่านตะกร้าบรรจุลำไยสด (Volume Flow Rate) ที่เท่ากันจะพบว่าทิศทางการไหลทางด้านล่างขึ้นบน (Top) จะมีค่าความดันตกคร่อมต่ำสุด ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการออกแบบการจัดวางทิศทางการไหลของลมด้วยโปรแกรมจำลองสถานการณ์การไหลของอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณลมที่ไหลผ่านตะกร้าบรรจุลำไยสดในทิศต่างๆ

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าค่าความดันตกคร่อมของตะกร้าบรรจุลำไยสด ที่ได้จากการทดสอบที่ระดับความเร็วลมอยู่ในช่วง 0.13-4.64 เมตรต่อวินาที สามารถทำนายความสัมพันธ์โดยใช้ กราฟและสมการความสัมพันธ์ ด้วยรูปแบบสมการยกกำลัง (Power Law) ได้เหมาะสมที่สุด โดยจากผลการวิเคราะห์ที่ได้พบว่าหน้าตัดด้านล่างขึ้นบน (Top) เกิดค่าความดันตกคร่อมต่ำสุด เมื่อใช้ปริมาณลมที่ไหลผ่านตะกร้าบรรจุลำไยสดที่เท่ากัน โดยผลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบการจัดวางทิศทางการไหลของลมในการรมลำไยสดด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล จาตุพงศ์ วาฤทธิ์ และสมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ. 2548. **การปรับปรุงรูปแบบการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) กับผลลำไยสดเพื่อการส่งออก.** ใน แม่โจ้:ศาสตร์แห่งลำไย มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. น 95-104.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540. **การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: กรุงเทพฯ.

American Society of Agricultural Engineers (ASAE). 2003. **Resistance to airflow of grains, seeds, other agricultural products, and perforated metal sheets.** ASAE D272.3. pp 570-574.

American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). 2001. **Measurement and instruments.** ANSI/ASHRAE Standard 14. 17-2001.

Ergun, S. 1952. Fluid flow thought packed columns. **Chemical Engineering Process.** 48(2): 89-94.

Fluent Inc. 2001. Airpak V.2.0 Manual.

Laguerre, O., B. Amara, and D. Flick. 2006. Heat transfer between wall and packed bed crossed by velocity airflow. **Chemical Engineering Process.** (26): 1951-1960.

Mills, A.F. 1995. **Heat and Mass Transfer.** Richard D. Irwin: Chicago.

Montillet, A., Akkari, E. and Comiti, J. 2006. About a correlating equation for predicting pressure drops though packed beds of spheres in a large range of Reynolds numbers. **Chemical Engineering Process.** 46: 329-333.

Thompson, J.F. 1996. Forced-air cooling. **Perishable Newsletter.** 88: 2-11.

การศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานเพื่อการผลิตทานตะวัน: กรณีศึกษาจากแปลงทดลองของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

The Study of a Database on Energy Consumption for Sunflower Crop Production: Case Study of Field Experiment at Maejo University Phrae Campus

ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี อนุกูล จันทร์แก้ว และพจมาน สุวรรณ์ทอง

Tammasak Punsaensri, Anukul Junkaew and Photjaman Suwamthong

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

E-mail: tammasak@phrae.mju.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทานตะวัน โดยทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในแปลงทดลองของฟาร์มพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่เฉลิมพระเกียรติ ซึ่งในการศึกษาระบบการผลิตทานตะวันแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ศึกษาในการใช้พลังงานในการผลิตทานตะวันแบบดั้งเดิมโดยอาศัยแรงงานคนเป็นหลักและศึกษาการใช้พลังงานในการผลิตทานตะวันแบบสมัยใหม่โดยใช้เครื่องทุ่นแรงที่เกษตรกรใช้ทั่วไป และนำข้อมูลที่ได้มาเปลี่ยนเป็นข้อมูลการใช้พลังงานต่อพื้นที่ (เมกะจูล/ไร่) โดยใช้ค่าพลังงานเทียบเท่า

การศึกษาการใช้พลังงานในการผลิตทานตะวันแบบดั้งเดิม พบว่า มีการใช้พลังงานรวมในทุกขั้นตอนเท่ากับ 3,250.01 เมกะจูล/ไร่ และมีอัตราการใช้พลังงานคิดเป็น 146.06 เมกะจูล/กิโลกรัม-ทานตะวัน ส่วนการศึกษาการใช้พลังงานในการผลิตทานตะวันแบบสมัยใหม่ พบว่า มีการใช้พลังงานรวมในทุกขั้นตอนเท่ากับ 5,288.20 เมกะจูล/ไร่ และมีอัตราการใช้พลังงานคิดเป็น 47.43 เมกะจูล/กิโลกรัม-ทานตะวัน

คำสำคัญ: ฐานข้อมูล พลังงาน ทานตะวัน

Abstract

This study aimed to analyze the energy consumption in all stages of Sunflower production. Data were collected in the experiment field of plant science of Maejo University Phrae campus. The studies are divided into two parts; the energy used in an old method which is conducted by human and the energy used in a new method of which agricultural tools are used in production. Data collected were considered in term of equivalent energy used per area (MJ/Rai).

Study on the energy consumption in an old method of which total energy consumed in all stages of Sunflower production was 3,250.01 MJ/Rai and the energy rate was 146.06 MJ/kg-Sunflower. Study on the energy consumption in a new method of which total energy consumed in all stages of Sunflower production was 5,228.20 MJ/Rai and the energy rate was 47.43 MJ/kg-Sunflower.

Key words: database, energy, sunflower

คำนำ

ภาคเหนือของประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกพืชพลังงานในปีเพาะปลูก 2548/49 ประมาณ 1.003 ล้านไร่ ให้ผลผลิตรวม 0.237 ล้านตัน โดยมีผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 3,582.73 กิโลกรัม/ไร่ (สารสนเทศการเกษตร, 2550) การผลิตพืชน้ำมันเพื่อแข่งขันในการค้าทั้งภายในและภายนอกประเทศ จำเป็นต้องมีการลดต้นทุนการผลิตพืชน้ำมันลงและเพิ่มผลผลิตเพื่อศักยภาพในการแข่งขัน ต้นทุนในการผลิตพืชน้ำมันส่วนหนึ่งเกิดจากการใช้พลังงาน โดยเฉพาะปัจจุบันราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับราคาของผลผลิตที่ขายได้ ส่งผลให้ต้นทุนพลังงานในการผลิตพืชน้ำมันสูงขึ้น ทานตะวันถือเป็นพืชพลังงานตัวหนึ่ง โดยประเทศไทยสามารถผลิตทานตะวันได้จำนวน 49,000 ตันต่อปี ซึ่งปริมาณการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในประเทศ ต้องมีการสั่งเข้าเมล็ดทานตะวันและผลิตภัณฑ์ทานตะวันจากต่างประเทศ จำนวน 5,450 ตัน คิดเป็นมูลค่า 147.56 ล้านบาท (กิตติชาติ, 2547) ถ้ามีการส่งเสริมการปลูกทานตะวันได้อย่างเพียงพอ นอกจากทดแทนการนำเข้าแล้วยังสามารถส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศได้อีกด้วย แต่ในปัจจุบันราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูงมากเมื่อเทียบกับผลผลิตที่ขายได้ ซึ่งส่งผลให้การใช้พลังงานในการผลิตทานตะวันสูงขึ้นด้วย

การผลิตทานตะวันนั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานในขั้นตอนการผลิตต่างๆ ซึ่งข้อมูลด้านการใช้พลังงานเพื่อการผลิตทานตะวันสำหรับเป็นอาหารและอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันนั้น นับว่าเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญหลายประการ อาทิเช่น การหามาตรการสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทานตะวัน การเตรียมพลังงานสำรองสำหรับการผลิตทานตะวันเพื่อการผลิตน้ำมัน การเตรียมหามาตรการช่วยเหลือการใช้พลังงานในภาคการเกษตรหรือควบคุมการใช้พลังงาน เป็นต้น สำหรับประเทศไทยแล้วข้อมูลด้านการใช้พลังงานในภาคเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการผลิตพืชเศรษฐกิจนับว่ามีน้อยมาก หรือถ้ามีก็มีเฉพาะบางขั้นตอนของกระบวนการผลิต ไม่ครบทุกขั้นตอนการผลิต ซึ่งในการผลิตทานตะวันนั้นประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 1 ข้อมูลส่วนมากจะมีเฉพาะในขั้นตอนกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การอบแห้ง หรือการลดความชื้น และยังไม่ศึกษารวบรวมอย่างจริงจัง

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตทานตะวัน

จากการสำรวจการใช้พลังงานในการผลิตพืชน้ำมันหรือพืชอื่นๆ เบื้องต้นในประเทศต่างๆ มีรายงานการศึกษาดังต่อไปนี้

Pellizzi *et al.*(1988) รวบรวมการใช้พลังงานในการผลิตข้าวในประเทศอิตาลี และ สหรัฐอเมริกา ซึ่งพบว่าในประเทศอิตาลีมีการใช้พลังงานต่อพื้นที่การผลิตข้าวเป็นจำนวน 11.9-12.6 กิกะจูล/ตัน ซึ่งการประเมินพลังงานดังกล่าวเป็นการประเมินจากขั้นตอนในการผลิตข้าวหลักๆ คือ การใช้พลังงานในขั้นตอนการเตรียมดิน การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว และการลดความชื้น พบว่า พลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการเตรียมดินมีสัดส่วนการใช้มากที่สุดคิดเป็น 38% ของพลังงานทั้งหมด นอกจากนั้นยัง พบว่า ในสหรัฐอเมริกามีการใช้พลังงาน 6.8-12.6 กิกะจูล/ตัน

สำหรับในประเทศไทยนั้นเท่าที่สำรวจยังไม่พบข้อมูลด้านการใช้พลังงานในขั้นตอนการผลิตพืชน้ำมัน พบแต่ข้อมูลด้านการใช้พลังงานในขั้นตอนการผลิตข้าวและการสำรวจต้นทุนที่ใช้ในการผลิตข้าวต่อเกวียน ดังนี้

ธเนศ (2546) ได้ทำการวิเคราะห์พลังงานเพื่อการผลิตข้าวในภาคเหนือของประเทศไทย (ข้าวนาปรัง) ในเขตพื้นที่ 6 จังหวัดของภาคเหนือ คือ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง พิจิตร สุโขทัย และพิษณุโลก ในพื้นที่รวม 280.8 ไร่ เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่สำหรับเพาะปลูก ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการดูแลรักษา และขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ซึ่งจะเป็นการตรวจวัด ชนิดและกำลังเครื่องยนต์รวมทั้งการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรกลเกษตร แรงงานคน การใช้ปุ๋ย และสารเคมี แล้วนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาเปลี่ยนเป็นข้อมูลการใช้พลังงานต่อพื้นที่ (เมกะจูล/ไร่) โดยใช้ค่าพลังงานเทียบเท่า และทำการหาสมการความสัมพันธ์เพื่อใช้ในการประมาณความต้องการพลังงานในอนาคต จากการศึกษาการใช้พลังงานในขั้นตอนต่างๆ ของการผลิตข้าวพบว่า มีการใช้พลังงานรวมเท่ากับ 1,705.07-2,348.61 เมกะจูล/ไร่ โดยขึ้นอยู่กับวิธีการในการดำเนินการในขั้นตอนการเพาะปลูกและขั้นตอนการเก็บเกี่ยว โดยมีการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 2,007.01 เมกะจูล/ไร่ และ 2,046.66 เมกะจูล/ไร่ สำหรับการเพาะปลูกข้าวนาดำและนาหว่านตามลำดับ โดยมีสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการเพาะปลูกกับพลังงานที่มีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.8640 คือ

$$Energy = .326Yield+24.839Fer+1,014.245Chem+9.379Seed+103.651Fuel+38.909Labor+294.385$$

ทางผู้วิจัยได้เห็นความจำเป็นในการศึกษาฐานข้อมูลการใช้พลังงานในการผลิตทานตะวันสำหรับประเทศไทย เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ตลอดจนการปลูกจิตสำนึกในการใช้พลังงาน การลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้พลังงาน การเพิ่มคุณภาพชีวิตของเกษตรกร และหากลยุทธ์ในการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในระบบการเกษตร และเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการค้า ดังนั้นในการศึกษาเรื่อง “การพัฒนาฐานข้อมูลการใช้พลังงานเพื่อการผลิตทานตะวัน: กรณีศึกษาจากแปลงทดลองของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ” จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวได้และทั้งสามารถเสริมสร้างศักยภาพในการผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพให้แก่เกษตรกร ซึ่งข้อมูลจากปัญหาพิเศษนี้ยังสามารถเป็นฐานข้อมูลในการหามาตรการประหยัดพลังงาน และการเตรียมพลังงานสำรองไว้ใช้ในการผลิตภาคเกษตรกรรม

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย เมล็ดพันธุ์ทานตะวันลูกผสมพันธุ์จำโบ้ รถไถเดินตาม เครื่องสูบน้ำ มาตรวัดน้ำ เทปวัด ความยาว 50 เมตร ใช้ในการวัดขนาดของพื้นที่เพาะปลูก กระบอกตวง ขนาด 500 ซีซี ใช้ในการตรวจวัดปริมาณน้ำมัน ไม้บรรทัด (ทำจากไม้) ความละเอียด 0.1 ซม. ใช้ในการวัดความสูงของน้ำมัน เครื่องชั่งขนาด 60 กก. และ 200 กรัม ใช้ในการชั่งเมล็ดพันธุ์ ผลผลิต และสารเคมี ตามลำดับ

การเก็บข้อมูล

ในการจัดเก็บข้อมูล ได้ทำการเก็บข้อมูลในแปลงทดสอบของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ด้วยการตรวจวัดจริงในทุกขั้นตอน โดยใช้พื้นที่ในการศึกษาจำนวน 2 ไร่ แยกเป็นการปลูกแบบดั้งเดิมจำนวน 1 ไร่ และการปลูกแบบปัจจุบันจำนวน 1 ไร่ ซึ่งข้อมูลที่ทำการเก็บ คือ พื้นที่ทำการเพาะปลูก เวลา จำนวนแรงงาน ข้อมูลของเครื่องจักรกลเกษตรที่เกษตรกรใช้ ปริมาณและชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักรกลเกษตร ปริมาณและราคาของเมล็ดพันธุ์ ปริมาณของสารเคมี ปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณและชนิดของปุ๋ย และปริมาณของผลผลิต

การวิเคราะห์พลังงาน

พลังงานเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อการเกษตร เพราะปัจจัยต่างๆ เช่น ปุ๋ย สารเคมี ยาปราบศัตรูพืช เครื่องทุ่นแรงหรือเครื่องจักรกลเกษตร ได้ถูกผลิตขึ้นมาโดยใช้พลังงานทั้งสิ้น และยังมีปัจจัยอื่นที่เป็นปัจจัยพลังงานโดยตรง เช่น เชื้อเพลิง แรงงานทั้งจากคนและสัตว์ ดังนั้นในขั้นตอนการปลูกทานตะวันตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ จนถึงขั้นตอนการเก็บเกี่ยวได้ผลผลิต เป็นขบวนการที่ต้องใช้พลังงาน ในรูปแบบต่างๆ กันไป ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พลังงานเทียบเท่าที่ใช้ในการวิเคราะห์พลังงานในการเพาะปลูก

ชนิดของพลังงาน		พลังงานเทียบเท่า (หน่วย)		อ้างอิง
แรงงานคน		1.96	MJ/man/hour	Dispanker *et al.* (2001)
เมล็ดพันธุ์		0.703	MJ/Baht	อาชัย (2545)
เชื้อเพลิง	เบนซิน	39.7	MJ/Liter	สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
	ดีเซล	43.3	MJ/Liter	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2538)
	ไฟฟ้า	14.4	MJ/kW-hour	
เครื่องจักร	เครื่องสูบน้ำ พ่นยา	13.59	MJ/Rai	Pimentel *et al.* (1973); Samootsakorn (1982)
	รถไถนาแบบเดินตาม	70.31	MJ/Rai	
	รถเกี่ยว – นวด	708.96	MJ/Rai	
ปุ๋ยเคมี	ไนโตรเจน (N)	76	MJ/kg	Venturi and Venturi (2003)
	ฟอสฟอรัส (P)	14	MJ/kg	
	โพแทสเซียม (K)	10	MJ/kg	
สารเคมี		120	MJ/kg	Mandal *et al.* (2002)

ผลการศึกษา

ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่

ในการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกแบบดั้งเดิม พบว่า อัตราการทำงานในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ปลูกเฉลี่ยเท่ากับ 48.36 ชั่วโมง/คน/ไร่ ส่วนในการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกแบบสมัยใหม่ประกอบด้วย การไถดะและการไถแปร พบว่าอัตราการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกเฉลี่ยเท่ากับ 3.45 ชั่วโมง/คน/ไร่ และมีการใช้เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องจักรกลเกษตรคือรถไถเดินตาม ขนาดเครื่อง 8.5 แรงม้า ใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ยเท่ากับ 1.78 ลิตร/ไร่

จากอัตราการทำงานและการใช้เชื้อเพลิงในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ มาคิดเป็นพลังงาน พบว่า การเตรียมพื้นที่เพาะปลูกแบบสมัยใหม่ทั้งการไถดะ ไถแปร มีอัตราการใช้พลังงานสูงกว่าแบบดั้งเดิม คือ 224.46 เมกกะจูล/ไร่ ส่วนการเตรียมพื้นที่แบบดั้งเดิมใช้พลังงานเฉลี่ยเพียง 94.78 เมกกะจูล/ไร่ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราการใช้พลังงาน ในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่

ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่		พลังงานเฉลี่ย (เมกะจูล/ไร่)			
		แรงงาน	เชื้อเพลิง	เครื่องยนต์	รวม
แบบดั้งเดิม	ถางป่า ดายหญ้า	94.78	-	-	94.78
แบบสมัยใหม่	ไถดะ	4.02	50.23	70.31	124.56
	ไถแปร	2.74	26.85	70.31	99.90

ขั้นตอนการเพาะปลูก

ในขั้นตอนการเพาะปลูก พบว่า การเพาะปลูกแบบดั้งเดิมอัตราการทำงานเฉลี่ย 4.30 ชั่วโมง/คน/ไร่ และการเพาะปลูกแบบสมัยใหม่อัตราการทำงานเฉลี่ย 4.05 ชั่วโมง/คน/ไร่ ส่วนการการใช้เมล็ดพันธุ์นั้นมีปริมาณการใช้เมล็ดพันธุ์เท่ากัน คือ 0.8 กิโลกรัมต่อไร่

ขั้นตอนในการเพาะปลูกทานตะวัน เมื่อนำมาคิดเป็นพลังงานที่ใช้ไปทั้งการเพาะปลูกแบบดั้งเดิมและการเพาะปลูกแบบสมัยใหม่ มีค่าการใช้พลังงานไม่แตกต่างกันมากนัก คือ ใช้พลังงานเฉลี่ย 165.90 เมกกะจูล/ไร่ และ 165.41 เมกกะจูล/ไร่ ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราการใช้พลังงานในการเพาะปลูกทานตะวัน

ขั้นตอนการเพาะปลูก	พลังงานเฉลี่ย (เมกะจูล/ไร่)		
	แรงงาน	เมล็ด	รวม
แบบดั้งเดิม	8.43	157.47	165.90
แบบสมัยใหม่	7.94	157.47	165.41

ขั้นตอนการดูแลรักษา

ขั้นตอนในการดูแลรักษาแบบดั้งเดิม พบว่า อัตราการทำงานในขั้นตอนการดูแลรักษาแบบดั้งเดิมมีอัตราทำงานเฉลี่ย 42.53 ชั่วโมง/คน/ไร่ และปริมาณน้ำที่ใช้ อาศัยน้ำฝน จากการตรวจวัดปริมาณฝนที่ตกได้ปริมาณเฉลี่ย 558.88 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตลอดฤดูปลูก ส่วนในขั้นตอนการดูแลรักษาแบบสมัยใหม่ อัตราการสูบน้ำใช้เวลาเฉลี่ย 60 ชั่วโมง/ไร่ การใส่ปุ๋ยอัตรา 30 กิโลกรัม./ไร่ อัตราการใช้สารเคมีเฉลี่ย 0.54 กิโลกรัม/ไร่ ปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบชลประทานได้ปริมาณเฉลี่ย 413.7 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และอัตราการทำงานแบบสมัยใหม่เฉลี่ย 13.65 ชั่วโมง/คน/ไร่

ขั้นตอนการดูแลรักษาแบบดั้งเดิมมีอัตราการใช้พลังงานทั้งหมดเฉลี่ย 2910.73 เมกกะจูล/ไร่ ส่วนขั้นตอนการดูแลรักษาแบบสมัยใหม่นั้นมีขั้นตอนการปฏิบัติดูแลรักษาที่ยุ่งยากซับซ้อนกว่า ซึ่งส่งผลให้มีอัตราการใช้พลังงานมากกว่าการดูแลรักษาแบบดั้งเดิม อัตราการใช้พลังงานแบบสมัยใหม่เฉลี่ย 4,761.29 เมกกะจูล/ไร่ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อัตราการใช้พลังงาน ในขั้นตอนการดูแลรักษาทานตะวัน

ขั้นตอนการดูแลรักษา		พลังงานเฉลี่ย (เมกะจูล/ไร่)						
		แรงงาน	ไฟฟ้า	น้ำ	ปุ๋ย	สารเคมี	เครื่องยนต์	รวม
แบบดั้งเดิม	กำจัดวัชพืช	82.48	-	-	-	-	-	82.48
	ถอนแยก	0.88	-	-	-	-	-	0.88
	อาศัยน้ำฝน	-	-	2,827.37	-	-	-	2,827.37

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ขั้นตอนการดูแลรักษา		พลังงานเฉลี่ย (เมกะจูล/ไร่)						
		แรงงาน	ไฟฟ้า	น้ำ	ปุ๋ย	สารเคมี	เครื่องยนต์	รวม
แบบ	ชลประทาน	16.13	1,064.45	2,092.90	-	-	13.59	3,187.07
สมัยใหม่	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1	0.86	-	-	450	-	-	450.86
	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2	4.84	-	-	1,048.8	-	-	1,053.64
	ถอนแยก	1.00	-	-	-	-	-	1.00
	กำจัดวัชพืช	1.96	-	-	-	60	-	61.96

ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและลดความชื้น

ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและลดความชื้นประกอบไปด้วย การเก็บเกี่ยว การนวด และการลดความชื้น อัตราการทำงานทั้งสิ้นในขั้นตอนนี้แบบดั้งเดิมมีอัตราการทำงาน ในการเก็บเกี่ยวและลดความชื้นในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและลดความชื้นทานตะวัน 10.49 ชั่วโมง/คน/ไร่ และแบบสมัยใหม่อัตราการทำงานทั้งสิ้น 30.39 ชั่วโมง/คน/ไร่

อัตราการใช้พลังงานในการเก็บเกี่ยวและลดความชื้น แบบดั้งเดิมใช้พลังงานรวมทั้งสิ้นเฉลี่ย 22.66 เมกกะจูล/ไร่ และแบบสมัยใหม่อัตราการใช้พลังงานทั้งสิ้นเฉลี่ย 80.57 เมกกะจูล/ไร่ ซึ่งใช้พลังงานมากกว่าแบบดั้งเดิมดังตารางที่ 5

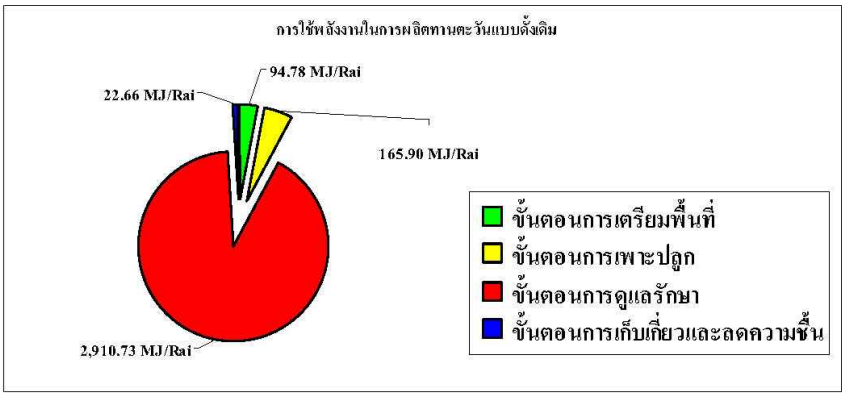
ตารางที่ 5 อัตราการใช้พลังงานในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและลดความชื้นลดความชื้น

ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและลดความชื้น		พลังงานเฉลี่ย (เมกะจูล/ไร่)		
		อัตราทำงาน	ลดความชื้น	รวม
แบบดั้งเดิม	เก็บเกี่ยว	6.92	-	6.92
	ลดความชื้น	0.78	2.10	2.88
	กะเทาะเมล็ด	12.86	-	12.86
แบบสมัยใหม่	เก็บเกี่ยว	10.19	-	10.19
	ลดความชื้น	2.14	21.00	23.14
	กะเทาะเมล็ด	47.24	-	47.24

การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการผลิตทานตะวันแบบดั้งเดิม

จากอัตราการทำงาน อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์ และผลผลิตของการปลูกทานตะวันแบบดั้งเดิม คิดเป็นพลังงาน ในขั้นตอนต่างๆ พบว่า ขั้นตอนการเตรียมดินใช้พลังงานเฉลี่ย 94.78 เมกกะจูล/ไร่ ขั้นตอนการเพาะปลูกใช้พลังงานเฉลี่ย 165.90 เมกกะจูล/ไร่ ขั้นตอนการดูแลรักษาใช้พลังงานเฉลี่ย 2,910.73 เมกกะจูล/ไร่ และขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและลดความชื้นใช้พลังงานเฉลี่ย 22.66 เมกกะจูล/ไร่ รวมอัตราการใช้พลังงานในการผลิตทานตะวันแบบดั้งเดิมใช้พลังงานทั้งสิ้นเฉลี่ย 3,194.07 เมกกะจูล/ไร่ มีอัตราการใช้

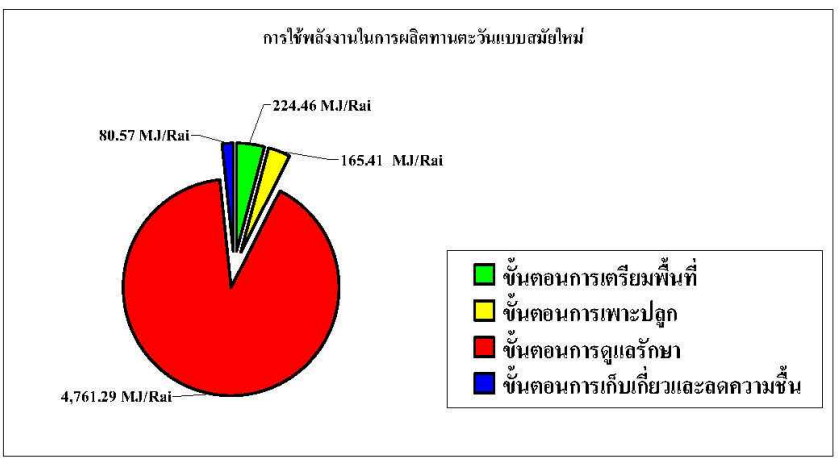
พลังงานต่อหน่วยผลผลิตของระบบการปลูกแบบดั้งเดิมมีอัตราการใช้พลังงานเท่ากับ 106.47 เมกะจูล/กิโลกรัม-ทานตะวัน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการผลิตทานตะวันแบบดั้งเดิม

การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการผลิตทานตะวันแบบสมัยใหม่

จากอัตราการทำงาน เชื้อเพลิง อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย สารเคมีและผลผลิตของการปลูกทานตะวันแบบสมัยใหม่ คิดเป็นพลังงาน ในขั้นตอนต่างๆ พบว่า ขั้นตอนการเตรียมดินใช้พลังงานเฉลี่ย 224.46 เมกกะจูล/ไร่ ขั้นตอนการเพาะปลูกใช้พลังงานเฉลี่ย 165.41 เมกกะจูล/ไร่ ขั้นตอนการดูแลรักษาใช้พลังงานเฉลี่ย 4,761.29 เมกกะจูล/ไร่ และขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและลดความชื้นใช้พลังงานเฉลี่ย 80.57 เมกกะจูล/ไร่ รวมอัตราการใช้พลังงานในการผลิตทานตะวันแบบสมัยใหม่ใช้พลังงานทั้งสิ้นเฉลี่ย 5,231.73 เมกกะจูล/ไร่ มีอัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต ของระบบการปลูกแบบแบบสมัยใหม่มีอัตราการใช้พลังงานเท่ากับ 45.10 เมกะจูล/กิโลกรัม-ทานตะวัน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการผลิตทานตะวันแบบ

จากการศึกษาการใช้พลังงานเพื่อการผลิตทานตะวัน พบว่าระบบการผลิตทานตะวันแบบดั้งเดิมมีการใช้พลังงานในการผลิตที่น้อยกว่าระบบการผลิตทานตะวันแบบสมัยใหม่ คือ 3,194.07 เมกะจูล/ไร่ และ 5,231.73 เมกะจูล/ไร่ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาถึงอัตราการใช้พลังงานจะเห็นว่าระบบการผลิตทานตะวันแบบสมัยใหม่มีค่าน้อยกว่าระบบการผลิตทานตะวันแบบดั้งเดิม คือ 45.10 เมกะจูล/กิโลกรัม-ทานตะวัน และ 106.47 เมกะจูล/กิโลกรัม-ทานตะวัน ตามลำดับ เนื่องจากการปลูกแบบสมัยใหม่ให้ผลผลิตที่มากกว่าการปลูกแบบดั้งเดิม และทำให้ทราบถึงขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด คือ ขั้นตอนการดูแลรักษา รองลงมาคือ ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่และขั้นตอนการเพาะปลูก เพื่อใช้ข้อมูลดังกล่าวหาแนวทางหรือมาตรการในการประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะในขั้นตอนที่ใช้พลังงานมากที่สุด ส่วนพลังงานในกระบวนการเพาะปลูกทานตะวันที่ได้จากการศึกษามีค่าประมาณ 5,231.73 เมกะจูล/ไร่ ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Piero Venturi และ Gianpietro Venturi (2003) คือ 5,333.33 เมกะจูล/ไร่ และในการศึกษาของแต่บุคคลอาจจะมีการพิจารณาปัจจัยในการวิเคราะห์ที่ต่างกัน เช่น การศึกษาของธเนศ ชัยชนะ และคณะ ไม่ได้ศึกษาพลังงานที่ได้จากน้ำ แต่การศึกษาของอภิรักษ์ เพียรมงคล ได้ศึกษาพลังงานที่ได้จากน้ำ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลการใช้พลังงานที่ไม่สอดคล้องกัน

สรุปผลการศึกษา

1. การใช้พลังงานในการผลิตทานตะวันแบบดั้งเดิม พบว่า ขั้นตอนการเตรียมดินใช้พลังงานเฉลี่ย 94.78 เมกะจูล/ไร่ ขั้นตอนการเพาะปลูกใช้พลังงานเฉลี่ย 165.90 เมกะจูล/ไร่ ขั้นตอนการดูแลรักษาใช้พลังงานเฉลี่ย 2,910.73 เมกะจูล/ไร่ และขั้นตอนการเก็บเกี่ยวลดความชื้นใช้พลังงานเฉลี่ย 22.66 เมกะจูล/ไร่ รวมอัตราการใช้พลังงานในการผลิตทานตะวันแบบดั้งเดิมใช้พลังงานทั้งสิ้นเฉลี่ย 3,194.07 เมกะจูล/ไร่ มีอัตราการใช้พลังงานเท่ากับ 106.47 เมกะจูล/กิโลกรัม-ทานตะวัน

2. การใช้พลังงานในการผลิตทานตะวันแบบสมัยใหม่ พบว่า ขั้นตอนการเตรียมดินใช้พลังงานเฉลี่ย 224.46 เมกะจูล/ไร่ ขั้นตอนการเพาะปลูกใช้พลังงานเฉลี่ย 165.41 เมกะจูล/ไร่ ขั้นตอนการดูแลรักษาใช้พลังงานเฉลี่ย 4,761.29 เมกะจูล/ไร่ และขั้นตอนการเก็บเกี่ยวลดความชื้นใช้พลังงานเฉลี่ย 80.57 เมกะจูล/ไร่ รวมอัตราการใช้พลังงานในการผลิตทานตะวันแบบสมัยใหม่ใช้พลังงานทั้งสิ้นเฉลี่ย 5,231.73 เมกะจูล/ไร่ มีอัตราการใช้พลังงานเท่ากับ 45.10 เมกะจูล/กิโลกรัม-ทานตะวัน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน และขอขอบคุณฟาร์มพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่สนับสนุนพื้นที่ในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

กิตติชาติ ชาติยานนท์. ม.ป.ป. **แนวทางการส่งเสริมและพัฒนาทานตะวันภาคกลาง.** จาก *http://cdoae.doae.go.th/มิสเตอร์พืช* [12 มีนาคม 2550].

ธเนศ ชัยชนะ. 2546. **การวิเคราะห์พลังงานเพื่อการผลิตข้าวในภาคเหนือของประเทศไทย (ข้าวนาปรัง).** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538. **ข้อมูลค่าความร้อนของน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และไฟฟ้า.** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2546. **ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก ปริมาณผลผลิต ปีการเพาะปลูก ปี 2550.** กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.

อาชัย พิทยภาคย์. 2545. **การประเมินศักยภาพในการผลิตเชื้อเพลิงทดแทนจากพืชน้ำมันท้องถิ่น.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

Dispankar De, R.S.Singh and 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.

Pellizzi, G., A. Guidobono Cavalchini and M.Lazzari. 1988. **Energy Savings in Agricultural Machinery and Mechanization**. Elsevier Applied Science: London. 143 p.

Piero Venturi and Gianpietro Venturi. 2003. **Analysis of energy comparison for crops in European agricultural systems**. Biomass & Bioenergy, Faculty of agriculture, University of Bologna, Italy.

Pimental, D., L.E. Hurd, A.C. Bellolli, M.J. Foster, I.N. Oka, O.D. Shales and R.J. Whitman. 1973. Food production and the Energy Crisis. **Science.** 182: 443-449.

การประหยัดพลังงานและการควบคุมสภาวะอากาศภายในโรงเรือนปิดปศุสัตว์ โดยใช้อินเวอร์เตอร์

Energy Savings and Climate Control by Inverter-Driven Fans in a Closed Livestock House

ธีรพงษ์ ศรีเชียงสา[1] วุฒิชัย พลวิเศษ[2] และมงคล กงศ์หิรัญ[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[2]ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

E-mail: neung_kmutt@hotmail.com

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์ไก่มากที่สุดเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ความต้องการส่งออกผลิตภัณฑ์ไก่ที่มีคุณภาพจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก องค์ประกอบอย่างหนึ่งที่จะได้มาซึ่งคุณภาพของเนื้อไก่หรือเนื้อสัตว์ฟาร์มอื่นๆ คือการเลี้ยงดูสัตว์ฟาร์มในสภาวะอากาศและอัตราเร็วลมที่เหมาะสม โดยใช้มอเตอร์พัดลมเป็นตัวระบายอากาศ ซึ่งระบบควบคุมสภาวะอากาศในโรงเรือนปิดปศุสัตว์ โดยทั่วไปจะเป็นการควบคุมแบบเปิด-ปิด ซึ่งระบบการควบคุมแบบนี้จะทำให้ต้องสูญเสียพลังงานไฟฟ้าไปกับการเปิดๆ ปิดๆ อยู่ตลอดเวลาและยังสูญเสียพลังงานไฟฟ้าขณะเริ่มสตาร์ทมอเตอร์ เป็นสาเหตุให้ค่าไฟฟ้าสูงแล้วส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเนื้อสัตว์สูงตามไปด้วย ในปัจจุบันจึงมีการลดต้นทุนทางพลังงานไฟฟ้าโดยการใช้ใบพัดลมประสิทธิภาพสูง มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง และแผ่นรังผึ้ง (Cooling pad) ที่ถูกออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูง ถึงแม้ว่าจะช่วยลดพลังงานไฟฟ้าได้ แต่ก็ยังไม่มากนัก ทุกวันนี้จึงมีการนำเครื่องอินเวอร์เตอร์เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรมเพื่อช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ เนื่องจากเครื่องอินเวอร์เตอร์ช่วยลดกระแสขณะสตาร์ทและลดความเร็วรอบมอเตอร์พัดลมที่เหมาะสม บทความวิจัยนี้จึงได้นำทฤษฎีอินเวอร์เตอร์และการควบคุมความเร็วมอเตอร์ พร้อมกับทดสอบการใช้อินเวอร์เตอร์ในระบบควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนปิดจำลอง จากผลการทดลองยืนยันได้ว่าอินเวอร์เตอร์สามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับระบบควบคุมแบบเดิมที่เป็นแบบเปิด-ปิด

คำสำคัญ: การประหยัดพลังงาน โรงเรือนปิดปศุสัตว์ อินเวอร์เตอร์ การควบคุมความเร็วมอเตอร์

Abstract

Thailand is one of the leading chicken-product exporters in the world. Therefore, the need of exporting chicken products or other livestock is very important. One of the key factors for good quality livestock is to raise animals in suitable weather and wind speed in which the livestock house uses the fan motors as ventilators. In each house, a number of 1.5-hp fan motors could be up to twelve, depending on the size of house. Generally, the climate control system in the closed

livestock house uses the on/off control of fan motors. In this control scheme, the electric energy is unnecessarily wasting because of two reasons: (i) high starting current (known as in-rush current) during direct-start, and (ii) only full-speed operation during run-time. Presently, highly efficient equipments such as fan bland, motor, and cooling pad have been employed to reduce the electricity consumption. However, the reduction of electricity cost from these equipments is not significant. Nowadays, inverter is getting more role in industrial and agricultural sectors for energy savings. Because it can lessen the in-rush current by soft-start and properly operate motor in the lower speed range during run-time. In this paper, the theories of inverter and motor speed control are presented as well as the testing results of climate control performance and energy consumption in a closed livestock house. According to preliminary testing results, inverter can save energy more or less depending on the controlled temperature and climate conditions outside house. The full article will present the energy saving data by inverter in the closed livestock house and the control performance of temperature, humidity, and ventilation

Key words: energy saving, closed livestock house, inverter, motor speed control

คำนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ฟาร์มในโรงเรือนปิดของประเทศไทยทำกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจไทยเป็นอย่างมาก ที่เห็นได้ชัดเจนคือ อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ฟาร์ม ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์ไก่มากที่สุดเป็นอันดับ 5 ของโลก ในปี 2546 ก่อนเกิดโรคไข้หวัดนก ประเทศไทยส่งออกไก่สดและไก่แปรรูป 545,990 ตัน ถึงแม้ประเทศไทยจะประสบปัญหาโรคไข้หวัดนกระบาดในหมู่สัตว์ปีก แต่ในปี 2550 ประเทศไทยยังคงส่งออกไก่สดและไก่แปรรูป 333,523 ตัน (Thai Broiler Processing Exporters Association, 2008) ปัจจุบันไก่สดและไก่ปรุงสุกมีราคากิโลกรัมละ 48 และ 123.64 บาท ตามลำดับ ดังนั้นความต้องการส่งออกผลิตภัณฑ์ไก่หรือผลิตภัณฑ์สัตว์ฟาร์มอื่นๆ ที่มีคุณภาพ จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก องค์ประกอบอย่างหนึ่งที่จะได้มาซึ่งคุณภาพของเนื้อสัตว์ฟาร์มคือการเลี้ยงดูสัตว์ฟาร์มในสภาวะอากาศและอัตราเร็วลมที่เหมาะสม (ธันวา, 2546) โดยใช้มอเตอร์พัดลมเป็นตัวระบายอากาศ การเลี้ยงสัตว์ฟาร์มในโรงเรือนปิดนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อควบคุมสภาวะอากาศภายในโรงเรือน ดังนั้นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงมีความสำคัญต่อผู้ประกอบอาชีพเลี้ยงสัตว์ฟาร์มเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ อินเวอร์เตอร์เป็นเครื่องมือทางไฟฟ้าอีกอย่างหนึ่งที่สามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้อินเวอร์เตอร์เพื่อการประหยัดพลังงานอยู่มาก เช่น การประยุกต์ใช้อินเวอร์เตอร์กับระบบปรับอากาศ พัดลม ระบบปั๊มน้ำ ฯลฯ อินเวอร์เตอร์นี้จะช่วยลดกระแสสตาร์ทของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ด้วยเหตุนี้จึงประหยัดพลังงานลงอย่างมากเมื่อเทียบกับการสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำด้วยระบบเปิด-ปิด บทความวิจัยนี้ได้เสนอการนำทฤษฎีอินเวอร์เตอร์สำหรับการปรับสภาวะอากาศภายในโรงเรือนปิดเพื่อการประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่จำเป็นให้กับผู้ประกอบอาชีพเลี้ยงสัตว์ฟาร์ม ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาการควบคุมสภาวะอากาศภายในโรงเรือนปิดจำลองโดยการ

ใช้อินเวอร์เตอร์เป็นตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์พัดลมอัติโนมัติ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากบทความวิจัยนี้ ได้แก่ ผู้ประกอบการเลี้ยงสัตว์ฟาร์มได้รับความรู้ทางด้านเทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยการใช้อินเวอร์เตอร์ และจูงใจให้ผู้ประกอบการตัดสินลงทุนซื้อเครื่องอินเวอร์เตอร์มาใช้งานแทนระบบควบคุมแบบเดิม โดยคาดว่าจะคุ้มทุนประมาณ 1.5 ปี เมื่อเทียบกับค่าไฟฟ้าเดิมที่เป็นแบบระบบเปิด-ปิด

อุปกรณ์และวิธีการ

บทความนี้ได้นำเอาทฤษฎีการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ด้วยอินเวอร์เตอร์มาประยุกต์ใช้งานภายในโรงเรือนปิดปศุสัตว์ เพื่อที่จะปรับความเร็วรอบมอเตอร์พัดลมทำงานตามความจำเป็นของโหลด ด้วยเหตุผลดังกล่าวก็จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้มาก เนื่องจากอินเวอร์เตอร์ช่วยลดกระแสไฟฟ้าขณะสตาร์ทและลดการใช้กำลังไฟฟ้าลงขณะที่ลดความเร็วรอบมอเตอร์ลง การที่อินเวอร์เตอร์สามารถปรับความเร็วรอบมอเตอร์ลดลงหรือเพิ่มขึ้นได้นั้น อาศัยวิธีการควบคุมแรงดันต่อความถี่ (v/f control) อินเวอร์เตอร์ 3 เฟสนี้ประกอบด้วยสวิตซ์กำลัง 6 ตัว ตัวอย่างของสวิตซ์กำลังนี้ เช่น IGBT MOSFET สวิตซ์ทั้ง 6 นี้จะถูกควบคุมให้เปิด-ปิด เพื่อที่จะสร้างแรงดันและความถี่ด้านออกให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ เมื่อสร้างอินเวอร์เตอร์ขึ้นมาตามทฤษฎีแล้ว นำอินเวอร์เตอร์ไปทดสอบภายในโรงเรือนปิดปศุสัตว์จำลอง เพื่อทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบมอเตอร์พัดลม และยังทดสอบกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์พัดลมที่ใช้ไป ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 100, 80, 60, 40 และ 20% และวัดพลังงานไฟฟ้าจากระบบที่เป็นแบบเปิด-ปิด ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าระหว่างระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์กับระบบที่เป็นแบบเปิด-ปิด

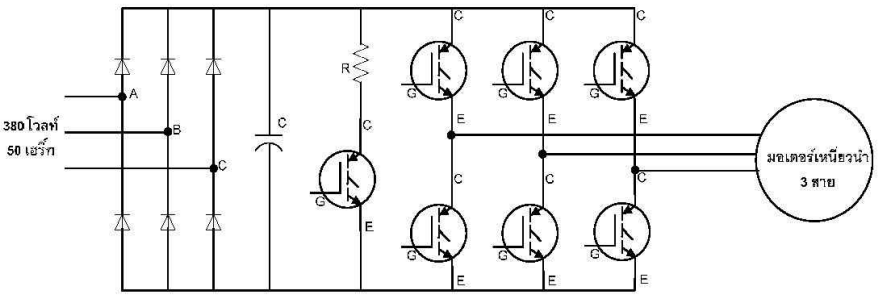
ความหมายของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ในทางวิชาการ หมายถึง วงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ส่วนในทางอุตสาหกรรม อินเวอร์เตอร์จะหมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ปรับเปลี่ยนความเร็วรอบมอเตอร์ (สมบูรณ์ 2542) ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ (Rectifier) อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ชุดป้องกันแรงดันเกิน (Dynamic breaking) และ Dc bus capacitor โครงสร้างโดยทั่วไปของอินเวอร์เตอร์จะเป็นดังภาพที่ 1

หลักการทำงานของเครื่องอินเวอร์เตอร์

เมื่อจ่ายไฟที่เป็นรูปคลื่นไซน์ผ่านชุดแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง(Rectifier) แล้วผ่านไปยัง Dc Bus capacitor ซึ่งทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้าตรงให้เรียบ แล้วผ่านต่อไปยัง Dynamic braking ที่ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมคาปาซิเตอร์ไม่ให้สูงเกินพิกัดในขณะที่มอเตอร์ถูกเบรกอย่างรวดเร็ว หลังจากนี้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงก็จะจ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์ ซึ่งอินเวอร์เตอร์ประกอบด้วยสวิตซ์ 6 ตัว โดยสวิตซ์ทั้ง 6 ตัวนี้จะทำการสวิทซ์ให้แรงดันดันที่ Dc bus เพื่อสร้างแรงดันกระแสสลับ 3 เฟส ทั้งขนาดและความถี่ปรับค่าได้ให้แก่มอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยสวิตซ์ทั้ง 6 จะถูกสั่งเปิด-ปิด ด้วยสัญญาณ

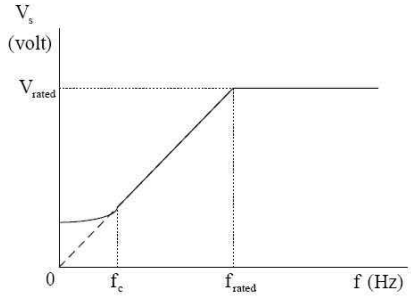
Pulse Width Modulation (PWM) ซึ่งวิธีควบคุมสวิตซ์ทั้ง 6 มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น Sine Triangle PWM และ Space-vector PWM เป็นต้น แต่ละวิธีนั้นจะมีทั้งข้อดีและข้อเสียที่ต่างกันไป ในบทความนี้จะไม่ได้กล่าวถึงในรายละเอียดของแต่ละวิธีดังกล่าว วิธีที่เป็นที่นิยมมากที่สุดคือวิธี Sine Triangle PWM เนื่องจากวิธีนี้ เป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อนและง่าย



ภาพที่ 1 โครงสร้างโดยทั่วไปของอินเวอร์เตอร์

การควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยวิธีแรงดันต่อความถี่ (Novotny and Lipo, 1996)

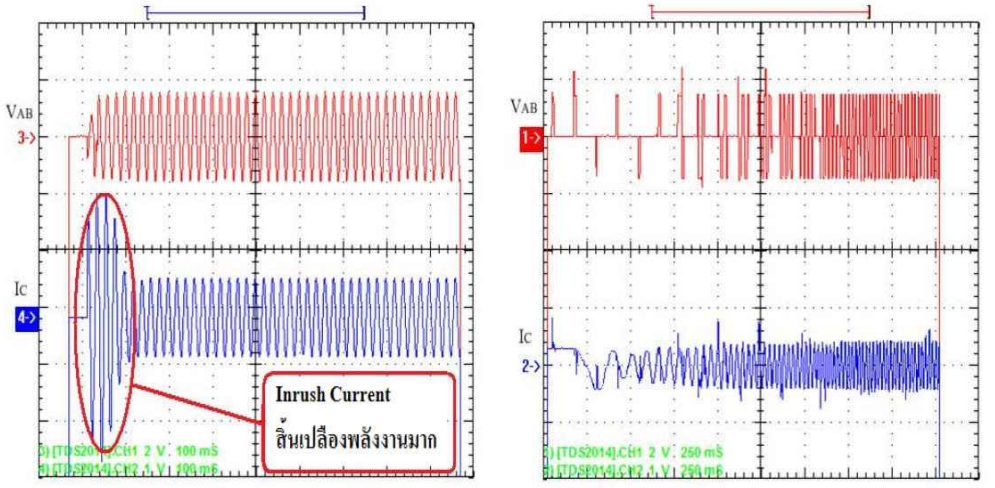
การควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยวิธีแรงดันต่อความถี่ (v/f control) ความเร็วมอเตอร์จะถูกควบคุมโดยการปรับทั้งขนาดแรงดันและความถี่ที่สเตเตอร์ไปพร้อมๆกัน คือให้อัตราส่วนแรงดันต่อความถี่มีค่าคงที่ เพื่อที่จะรักษาระดับเส้นแรงแม่เหล็กในช่องอากาศ (Air gap flux, λ_m) ให้คงที่ ที่สภาวะคงตัว หรือกล่าวได้ว่า λ_m มีค่าเท่ากับอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่โดยประมาณ ถ้าอัตราส่วน V_s / f มากไปจะทำให้แกนแม่เหล็กภายในมอเตอร์เกิดการอิ่มตัว มอเตอร์จะร้อนเกิดความเสียหายแก่มอเตอร์ แต่ถ้าอัตราส่วน V_s / f น้อยไปมอเตอร์จะไม่สามารถขับโหลดได้ เนื่องจากแรงบิดที่เกิดขึ้นต่ำมาก ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันสเตเตอร์กับความถี่ ของอัตราส่วน V_s / f สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วงดังภาพที่ 2 คือ ช่วงความถี่ต่ำ ($0 - f_c$ Hz) หรือเรียกว่า ช่วงทอร์คบูส (Torque boost region), ช่วงความถี่ปกติ($f_c - f_{rated}$ Hz) และช่วงความถี่มากกว่าความเร็วพิกัด (มากกว่า f_{rated} Hz) หรือเรียกว่า ช่วงฟิลวีกินนิ่ง(Field weakening region)



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันสเตเตอร์กับความถี่ในการควบคุมแบบ V_s / f

การประหยัดพลังงานของอินเวอร์เตอร์

มอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้ขับใบพัดลมระบายอากาศภายในโรงเรือนปิดนั้น ในขณะเริ่มเดินมอเตอร์นั้นจะเกิดกระแสสูงและเกิดการกระชากของมอเตอร์หรือที่เรียกว่า Inrush current ดังภาพที่ 3(ก) ช่วงนี้เองจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าอย่างมากและยังทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์พัดลมสั้นลงเมื่อมีการนำไปใช้งานในลักษณะที่มีการเปิด-ปิดตลอดเวลา แต่เมื่อนำอินเวอร์เตอร์มาใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ อินเวอร์เตอร์จะสามารถลดกระแสและการกระชากของมอเตอร์ในขณะสตาร์ทได้ ดังภาพที่ 3 (ข) ซึ่งจะทำให้การสตาร์ทและการหยุดมอเตอร์เป็นไปอย่างนิ่มนวล ดังนั้นอินเวอร์เตอร์จึงช่วยลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าอย่างมาก ช่วยลดค่าไฟฟ้าและยังยืดอายุการใช้งานของมอเตอร์ได้ การที่ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ให้ลดลงนั้นถือเป็นการประหยัดพลังงาน หรือกล่าวได้ว่าเป็นการใช้พลังงานตามความจำเป็นของโหลด



(ก) (ข)

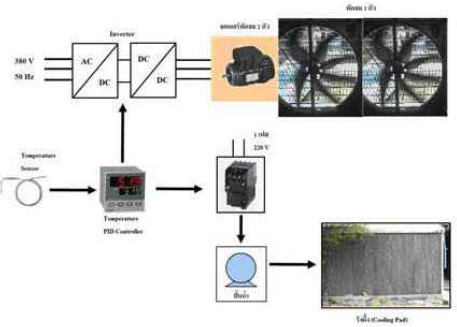
ภาพที่ 3 กระแสและแรงดันขณะสตาร์ทมอเตอร์
(ก) เมื่อไม่มีอินเวอร์เตอร์
(ข) เมื่อมีอินเวอร์เตอร์

ระบบการควบคุมสภาวะอากาศภายในโรงเรือนปิดจำลอง

โรงเรือนปิดปศุสัตว์จำลองที่ใช้ทำการทดสอบอินเวอร์เตอร์แสดงดังภาพที่ 4 ซึ่งภายในมีระบบการควบคุมสภาวะอากาศภายในโรงเรือนปิดจำลองที่ใช้ทำการทดสอบแสดงไว้ดังภาพที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์ มอเตอร์พัดลม 2 ตัว ตัวควบคุมอุณหภูมิ (Temperature PID controller) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature sensor) มอเตอร์ปั๊มน้ำ 1 ตัว และรังผึ้ง (cooling pad) ซึ่งอุปกรณ์แต่ละตัวภายในโรงเรือนปิดทำหน้าที่ต่างกันดังนี้ อินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่ปรับลดหรือเพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์พัดลม มอเตอร์พัดลมมีหน้าที่ระบายอากาศภายในโรงเรือนปิด ตัวควบคุมอุณหภูมิมีหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามที่ตั้งไว้ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิทำหน้าที่วัดอุณหภูมิภายในโรงเรือนและส่งไปยังตัวควบคุมอุณหภูมิ มอเตอร์ปั๊มน้ำทำหน้าที่สูบน้ำส่งไปรังผึ้ง ส่วนรังผึ้งทำหน้าที่ระบายความร้อนความร้อนและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนโดยอาศัยน้ำจากที่มอเตอร์ปั๊มน้ำสูบมาให้

ระบบมีหลักการทำงานโดยสังเขปดังนี้ ทำการตั้งอุณหภูมิที่ต้องการที่ตัวควบคุมอุณหภูมิ ตัววัดอุณหภูมิ จะทำการวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือนปิด แล้วจะส่งค่าอุณหภูมิไปยังตัวควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้ประมวลผล ถ้าอุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ (Temperature Set point) ตัวควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณ 0-10 V ไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อให้อินเวอร์เตอร์ทำการเพิ่มความเร็วมอเตอร์พัดลม อินเวอร์เตอร์ก็จะทำการเพิ่มความเร็วมอเตอร์เพื่อให้ระบายอากาศภายในโรงเรือนปิดและลดอุณหภูมิลงมาให้ใกล้เคียงกับอุณหภุมิที่ตั้งไว้ ในขณะเดียวกันตัวควบคุมอุณหภูมิก็สั่งให้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ทำงานเพื่อที่จะให้ปั๊มน้ำทำงาน เพื่อที่จะสูบน้ำไปยังรังผึ้ง เพื่อที่จะช่วยเพิ่มความชื้นและความเย็นในโรงเรือน อากาศที่ร้อนจะถูกทำให้เย็นลงโดยน้ำที่ผ่านรังผึ้งที่ต้นโรงเรือน ซึ่งพัดลมจะดึงอากาศที่เย็นและชื้นออกนอกโรงเรือนปิดที่ปลายโรง อากาศร้อนภายนอกโรงเรือนถูกถ่ายเทเข้าในโรงเรือนโดยผ่านรังผึ้งซึ่งมีสภาพเปียกหรือมีน้ำไหล ความร้อนแฝงที่อยู่ในอากาศร้อนจะถูกถ่ายเทไปกับน้ำ อากาศที่ผ่านรังผึ้งจึงเย็นลง ในขณะนั้นก็จะมีความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นด้วย การที่รังผึ้งเป็นตัวช่วยระบายอากาศร้อนจะทำให้มอเตอร์พัดลมไม่ต้องทำงานที่ความเร็วรอบสูง ซึ่งก็จะเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ในอีกทางหนึ่ง ถ้าอุณหภูมิภายในโรงเรือนต่ำกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ตัวควบคุมอุณหภูมิจะทำการประมวลผลและสั่งให้อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วมอเตอร์พัดลมลดลง ช่วงที่มอเตอร์พัดลมลดลง กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้กับมอเตอร์พัดลมก็จะถูกลดลง ส่วนปั๊มน้ำก็จะถูกปิดโดยตัวควบคุมอุณหภูมิเป็นตัวสั่ง

ภาพที่ 4 โรงเรือนปิดปศุสัตว์จำลองที่ทำการทดสอบอินเวอร์เตอร์



ภาพที่ 5 ระบบการควบคุมสภาวะอากาศภายในโรงเรือนปิดที่ใช้ทดลอง

ผลการทดลอง

การศึกษาการปรับความเร็วรอบมอเตอร์พัดลมกับการประหยัดพลังงาน

จากการศึกษาความเร็วรอบมอเตอร์กับการประหยัดพลังงาน โดยศึกษาดูอุณหภูมิกับความเร็วรอบมอเตอร์ที่เปลี่ยนไปดังตารางที่ 1 พบว่าการควบคุมอุณหภูมิที่ต่ำความเร็วมอเตอร์จะสูง แต่ถ้าการควบคุมอุณหภูมิที่สูงความเร็วมอเตอร์จะต่ำ ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ลดลงนั้นแสดงให้เห็นถึงพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงตามไปด้วย จากผลในตารางที่ 1 ถ้าต้องการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนปิดประมาณ 28 °ซ มอเตอร์พัดลมก็จะหมุนอยู่ที่ 70% ของความเร็วที่พิกัด เพื่อให้ชัดเจนมากขึ้นว่ามอเตอร์ประหยัดพลังงานมากแค่ไหน จึงทำการนำมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้ามาวัดพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าความเร็วรอบมอเตอร์พัดลมแปรเปลี่ยนตามกำลังไฟฟ้า กล่าวคือ ถ้าความเร็วมอเตอร์ต่ำ กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์พัดลมใช้ก็จะต่ำตามไปด้วย เช่น ที่ความเร็ว 80% หรือความถี่ 40 Hz กำลังไฟฟ้าที่ใช้ คือ 87 วัตต์ ซึ่งคิดเป็น 80% ของกำลังไฟฟ้าที่พิกัด และในทางตรงกันข้ามถ้าความเร็วมอเตอร์พัดลมมาก กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์พัดลมใช้ก็จะมากตามไปด้วย หลังจากนั้นทำการศึกษาหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 8 ชั่วโมงไปกับมอเตอร์พัดลมที่ความเร็วพัดลมต่างๆ ดังตารางที่ 3 และสามารถแสดงเป็นกราฟดังภาพที่ 6 พบว่า ที่ความเร็วมอเตอร์พัดลมสูงก็จะใช้พลังงานไฟฟ้าสูง และเมื่อลดความเร็วมอเตอร์ลดลงโดยใช้อินเวอร์เตอร์ก็จะใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในโรงเรือนปิดกับความเร็วมอเตอร์พัดลม

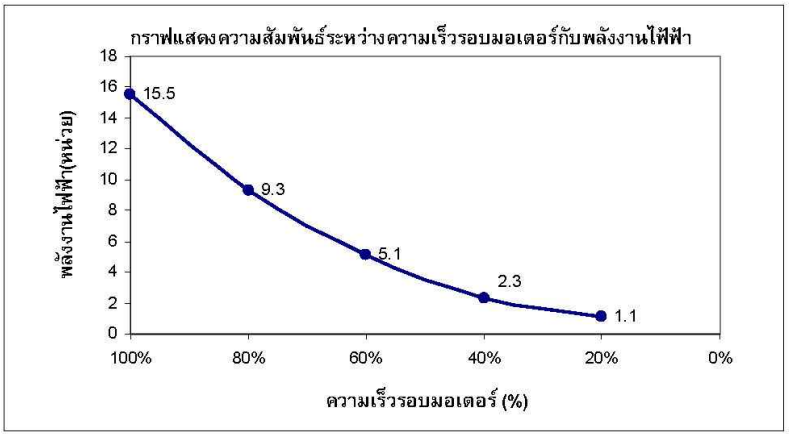
อุณหภูมิ (°ซ)	ความเร็วมอเตอร์พัดลม (%)
26	95
27	80
28	70
29	60
30	45

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของความเร็วมอเตอร์พัดลม ความถี่ กำลังไฟฟ้าที่ใช้

ความเร็วมอเตอร์พัดลม (%)	ความถี่ (Hz)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Watt)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (%)
20	10	27	25
40	20	52	48
60	30	73	67
80	40	87	80
100	50	108	100

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมอเตอร์พัดลมกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 8 ชั่วโมง

การทดลอง	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW-hr)
เปิด (100%) ตลอดเวลา	17
เปิด 8 นาที ปิด 2 นาที	14
ความเร็วพัดลม 100%(50Hz)	15.5
ความเร็วพัดลม 80%(40Hz)	9.3
ความเร็วพัดลม 60%(30Hz)	5.1
ความเร็วพัดลม 40%(20Hz)	2.3
ความเร็วพัดลม 20%(10Hz)	1.1



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 8 ชั่วโมงกับความเร็วมอเตอร์พัดลม

กรณีศึกษาของโรงเรือนปิดที่มีการควบคุมแบบเปิด-ปิดและแบบใช้อินเวอร์เตอร์

โรงเรือนปิดปศุสัตว์แห่งหนึ่งมีการเปิดพัดลมระบายอากาศให้สัตว์เลี้ยงภายในโรงเรือน โดยเป็นระบบควบคุมแบบเปิด-ปิด เปิดพัดลมระบายอากาศ 24 ชม. ที่ความเร็วมอเตอร์พัดลม 100%

ค่าพลังงานไฟฟ้า = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ x พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย

= (17.2 kWhr/8 x 24 ช.ม. x 365 วัน) x 2.5 บาท

= 18,834 หน่วย x 2.5 บาท

= 47,085 บาท

ระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์ กับความเร็วพัดลมที่ 80%

ค่าพลังงานไฟฟ้า = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ x พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย

= (9.3 kWhr/8 x 24 ช.ม. x 365 วัน) x 2.5 บาท

= 10,183.5 หน่วย x 2.5 บาท

= 25,458.75บาท

ดังนั้นในระยะเวลา 1 ปี สามารถประหยัดค่าไฟฟ้า = 47,085-25,458.75 = 21,626.25 บาท

กรณีศึกษาจุดคุ้มทุนของการใช้อินเวอร์เตอร์ในโรงเรือนปิด

ในส่วนนี้จะทำการหาระยะเวลาคุ้มทุนของการลงทุนเครื่องอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในโรงเรือนปิดแทนระบบควบคุมแบบเปิดปิดเมื่อเทียบกับค่าไฟที่ลดลง โดยใช้ข้อมูลค่าไฟฟ้าจริงและราคาเครื่องตัวควบคุมระบบแบบเปิดปิด (เครื่อง VenTech รุ่น VC-1) จาก บริษัท เบทาโกร จำกัด ดังนี้

- ต้นทุนค่าไฟฟ้าคิดเป็น 2 บาท ต่อไก่ 1 ตัว ต่อ 1 รอบการเลี้ยง
- ราคาเครื่อง VenTech 15,000 บาท

สมมุติว่าหนึ่งรอบการเลี้ยงมีไก่ทั้งหมด 20,000 ตัว และมีรอบการเลี้ยงภายในหนึ่งปี 5 รอบ

กรณีใช้ระบบแบบเปิดปิด (เครื่อง VenTech รุ่น VC-1)

ปีที่หนึ่ง

- ค่าเครื่อง VenTech 15,000 บาท
- ค่าไฟฟ้าต่อปี = 2 (บาทต่อไก่ 1 ตัวต่อ 1 รอบการเลี้ยง) x 20,000 (ตัว) x 5 (รอบ)
  = 200,000 บาท

รวม = 215,000 บาท

ปีที่สอง (คิดครึ่งปี)

- ค่าไฟฟ้าต่อครึ่งปี = 100,000 บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดสำหรับหนึ่งปีครึ่ง = 215,000 + 100,000 = 315,000 บาท

กรณีใช้ระบบอินเวอร์เตอร์ (สมมุติว่าประหยัดไฟ 30%)

ปีที่หนึ่ง

- ค่าเครื่องอินเวอร์เตอร์ 100,000 บาท (โดยประมาณ)
- ค่าไฟฟ้าต่อปี = 1.4 (บาทต่อไก่ 1 ตัวต่อ 1 รอบการเลี้ยง) x 20,000 (ตัว) x 5 (รอบ)
  = 140,000 บาท

รวม = 240,000 บาท

ปีที่สอง (คิดครึ่งปี)

- ค่าไฟฟ้าต่อครึ่งปี = 70,000 บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดสำหรับหนึ่งปีครึ่ง = 240,000 + 70,000 = 310,000 บาท

ดังนั้นสรุปได้ว่าการลงทุนเครื่องอินเวอร์เตอร์สามารถคุ้มทุนได้ประมาณหนึ่งปีครึ่ง หลังจากนั้นก็จะได้กำไรจากค่าไฟฟ้าที่ลดลง 35,000 บาท เมื่อสิ้นสุดที่ระยะเวลาสองปี

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองตารางที่ 1 พบว่าถ้าต้องการให้อุณหภูมิต่ำๆ มอเตอร์พัดลมก็จะหมุนที่ความเร็วรอบสูง และเมื่อนำอินเวอร์เตอร์ไปทดลองในฤดูหนาวหรือฤดูฝน ความเร็วรอบมอเตอร์ก็จะลดต่ำลงกว่านี้ เมื่อเทียบกับใช้งานในฤดูร้อน ผลการทดลองจากตารางที่ที่ 2 จะเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้นว่ากำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์พัดลมใช้นั้น เปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบมอเตอร์ ถ้าความเร็วมอเตอร์ต่ำๆ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ก็จะต่ำด้วย และจากตารางที่ 3 และภาพที่ 6 แสดงให้เห็นชัดเจนว่า พลังงานไฟฟ้าลดลงตามความเร็วรอบมอเตอร์ที่ต่ำลง

สรุปผลการทดลอง

อินเวอร์เตอร์สามารถปรับลดความเร็วรอบมอเตอร์ แล้วทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง โดยที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่มอเตอร์พัดลมแต่อย่างใด แต่ยังสามารถยืดอายุการใช้งานมอเตอร์พัดลมได้ เนื่องจากอินเวอร์เตอร์ช่วยลดกระแสสตาร์ทมอเตอร์พัดลม ขณะเดียวกันในระบบเปิด-ปิดกระแสสตาร์ทมอเตอร์จะสูงทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า จากผลการทดลองการประหยัดงานโดยใช้อินเวอร์เตอร์และจากกรณีศึกษา ยืนยันได้ว่าระบบควบคุมสภาวะอากาศภายในโรงเรือนปิดแบบใช้อินเวอร์เตอร์ประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากกว่าระบบที่เป็นแบบเปิด-ปิด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และศูนย์บริการเทคโนโลยีเพื่ออุตสาหกรรมไทย (TiTEC) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Thai Broiler Processing Exporters Assocication. 2008. **Thai chicken Meat Export Statistic**.

ธันวา ไวยบท. 2546. ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.**

สมบูรณ์ แสงวงค์วาณิชย์. 2542. **สาระน่ารู้เกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า.** สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์: กรุงเทพฯ.

Novotny, D.W. and T.A. Lipo. 1996. **Vector Control and Dynamics of AC Drives**. Oxford University Press: New York.

การประเมินสมรรถนะเตาแก๊สชีวมวลสำหรับครัวเรือนโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง

Performance Analysis of Producer Gas Stove for Household Using Rice Husk as Fuel

กิตติกร สาสุจิตต์[1] ณัฐวุฒิ ดุษฎี[1] นิกราน หอมดวง[1] อภิชาติ สวนคำกอง[2] และเสรี กังวานกิจ[3]

Natthawud Dussadee[1], Kittikorn Sasujid[1], Nigran Homdoung[1]

Apichart Sounkamkong[2] and Seree Kungwankit[3]

[1]ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[3]สำนักงานพลังงานภูมิภาคที่ 10 เชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

[1]Energy Research Center, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

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

[3]Energy Region Office 10, Chiang Mai, Thailand 50300

E-mail: natthawu@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับลดต้นทุนด้านพลังงานของครัวเรือน โดยพัฒนาระบบผลิตแก๊สชีวมวลแบบ Inverted Downdraft โดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง เตาแก๊สชีวมวล มีห้องเผาไหม้เป็นถังทรงกระบอก 2 ชั้น สูง 60 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร เติมแกลบได้ครั้งละ 1.5 กิโลกรัม การวิเคราะห์สมรรถนะจะประเมินจากประสิทธิภาพเชิงความร้อน อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสมของเตาแก๊สชีวมวล อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ และอัตราการเผาไหม้ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าครัวเรือนสามารถประหยัดเงินได้ 2,160 บาทต่อปี มีจุดคุ้มทุนได้ภายใน 1.4 ปี เมื่อใช้เตาแก๊สชีวมวลทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มในครัวเรือน

คำสำคัญ: เตาแก๊สชีวมวล แกลบ เตาแก๊สซิไฟเออร์

Abstract

The objective of this research work was to find out the technology for reducing the energy cost in household sector. An inverted downdraft gasifier with rice husk as fuel was used to replace the LPG stove. The combustor was cylindrical in shape, diameter of 20 centimeter and height of 60 centimeter. A rice husk feed rate of 1.5 kg/batch was filled in the stove. The performances of system were studied in terms of thermal efficiency, air fuel ratio, fuel consumption rate, specific gasification rate and combustion rate of gas stove. The economical analysis indicates that the payback period is about 1.4 years with annual energy saving of 2,160 baht.

Key words: producer gas stove, rice husk, gasifier, inverted downdraft gasifier

คำนำ

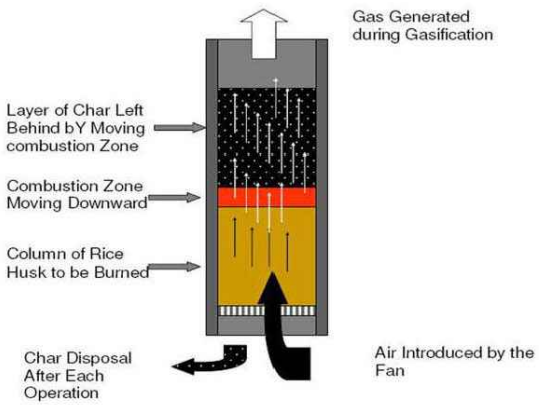
ราคาน้ำมันดิบที่นำมาใช้เป็นพลังงานได้ขยับตัวสูงขึ้นจากราคาในตลาดโลกบาร์เรลละ 20-30 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกาสูงกว่า 100 ดอลลาร์ ในปัจจุบัน (*http://www.energy.go.th*) ประเทศไทยในฐานะประเทศที่ต้องนำเข้าน้ำมัน เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาประเทศจึงได้รับผลกระทบเนื่องจากวิกฤตด้านพลังงานโดยตรง รัฐบาลจึงได้มีนโยบายที่จะส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทน เช่น การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ รวมทั้งการสนับสนุนให้มีการเพิ่มพื้นที่ปลูกพืชพลังงาน และการใช้วัสดุเหลือใช้ทางเกษตรเช่น แกลบ เศษไม้จากการตัดแต่งสวนผลไม้ เพื่อนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ การใช้พลังงานในครัวเรือนหรือชุมชน ส่วนมากจะประกอบไปด้วยการใช้แก๊สหุงต้มในการประกอบอาหาร ซึ่งเมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงหรือแก๊สหุงต้มมีราคาสูงขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อรายได้ของครัวเรือนรวมทั้งต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ประเทศไทยมีการพัฒนาระบบผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สสำหรับใช้ในครัวเรือนหรือชุมชนขนาดเล็ก โดยได้มีการพัฒนาเตาแก๊สชีวมวลที่มีการใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิงโดยใช้กับเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ ขนาด 5 แรงม้า (กองเกษตรวิศวกรรม, 2522) ต่อมามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ร่วมกับบริษัท ซาตาเก้ ประเทศไทย ได้ทำการพัฒนาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 100 kW โดยใช้เทคโนโลยี Biomass Gasification โดยเทคโนโลยี Fixed Bed Downdraft Gasifier โดยใช้เศษไม้และแกลบอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง โดยแก๊สที่ผลิตได้มีคาร์บอนมอนอคไซด์ มีเทน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบในสัดส่วนเฉลี่ย 19-28, 1-2 และ 16-17% ตามลำดับ มีค่าความร้อนจากการคำนวณ ประมาณ 4.5 MJ/Nm^3 สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 78 kW และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.4-1.8 kg/kWh ประสิทธิภาพระบบ 16-24% (วีระชัย และคณะ, 2550) สำหรับเชื้อเพลิงนั้นได้มีการศึกษาผลผลิตของไม้กระถินพบว่ากระถินสายพันธุ์ Glabrata ให้ผลิตสูงสุดประมาณ 10,440 กิโลกรัม/ไร่ โดยรวบรวมจากการตัดแต่ง 7 ครั้งในรอบ 3 ปี (ฉายแสง และคณะ, 2548) และจากการศึกษาชีวมวลของกระถินที่จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าระยะปลูก 2x0.25 เมตร ให้ผลผลิตมวลชีวภาพรวมสูงสุด 3.15 ตัน/ไร่ ที่อายุ 2 ปี และถ้ายืดอายุเป็น 3 ปี ระยะปลูก 2x0.5 เมตร ให้ผลผลิตชีวมวลสูงสุด 4.43 ตัน/ไร่ (Kovitvadhi and Yantasath,1982) ขณะเดียวกันจากการศึกษาศักยภาพชีวมวลในเขตภาคเหนือตอนบน พบว่ามีแกลบอยู่ 544,303 ตัน คิดเป็นพลังงานเท่ากับ 7,767,213 GJ/ปี หรือ 183,865 toe/ปี (ณัฐวุฒิ และคณะ, 2551)

จากการสำรวจเอกสารจะเห็นได้ว่าการพัฒนาเทคโนโลยี Biomass Gasification สำหรับใช้ในทางการเกษตร โดยใช้เชื้อเพลิงที่จัดหาได้ในท้องถิ่น มีความเป็นไปได้ อย่างไรก็ตามระบบที่พัฒนายังไม่ค่อยได้มีการนำไปใช้งานจริงในระดับครัวเรือนมากนัก เนื่องจากที่ผ่านมายังไม่มีการพัฒนาเตาที่มีประสิทธิภาพและใช้งานได้สะดวก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาเทคโนโลยีเตาแก๊สชีวมวลสำหรับทดแทนแก๊สหุงต้มในครัวเรือนเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานครัวเรือนซึ่งนอกจากจะเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์แล้วยังเป็นการลดการเผาไหม้ที่ทำให้เกิดมลพิษ และปัญหาภาวะโลกร้อน

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หลักการทำงานของเตาแก๊สชีวมวลแบบ Inverted downdraft

การผลิตแก๊สชีวมวลจะใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า Gasifier ซึ่งหลักการทำงานเบื้องต้นของ Gasifier คือ การนำเอาเชื้อเพลิงแข็งมาเผาไหม้ในเตา Gasifier เกิดเป็นแก๊สที่เรียกว่าโปรดิวเซอร์แก๊สหรือแก๊สชีวมวลซึ่งมี ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH_4) และ H_2 เป็นองค์ประกอบ จุดติดไฟง่าย สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนแก๊สหุงต้มได้ งานวิจัยนี้จะใช้เตาแก๊สชีวมวลชนิด Inverted downdraft แสดงดังภาพที่ 1 โดยแบ่งออกเป็น 3 โซนเรียงจากด้านบนลงมาด้านล่าง คือ Distillation Zone, Combustion Zone และ Reduction Zone โดยอากาศจะไหลเข้ามาทางด้านล่างและแก๊สที่ผลิตได้จะไหลออกด้านบนของเตา และชั้นของการเผาไหม้จะเคลื่อนที่ลงส่วนทางกับการเคลื่อนที่ของแก๊สซึ่งข้อดีของ Gasifier ประเภทนี้ คือ บริเวณ Combustion Zone จะไม่ติดกับบริเวณส่วนที่เป็นขี้เถ้า เมื่อสูงๆ จะไม่ทำให้เกิดการละลายและรวมตัวเป็นก้อนของขี้เถ้า (Clinker) และนอกจากนี้ยังสามารถนำความชื้นและทาร์ (Tar) ที่ได้จากชั้น Pyrolysis Zone และ Drying Zone ของเชื้อเพลิงที่บริเวณ Distillation Zone มาใช้ในการทำปฏิกิริยาที่ Reduction Zone ได้อีกด้วย



ภาพที่ 1 เตาผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สแบบ Inverted downdraft (Belonio, 2005)

การประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อน

การทดสอบประสิทธิภาพเตาจะใช้วิธีการทดสอบแบบ Boiling test จากพลังงานที่ใช้ในการต้มน้ำต่อพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยจะใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง ตามสมการ 1-3

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_{fuel}} \times 100\% \qquad (1)$$

เมื่อ η ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา, %

Q_{fuel} ปริมาณความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิง,kJ

Q_u ปริมาณความร้อนที่ใช้ประโยชน์, kJ

ปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ หาได้ความร้อนที่ใช้ในการอุ่นและระเหยน้ำ ดังแสดงในสมการที่ 2

$$Q_u = [m_{w,1} c_{p,w} (T_{w,b} - T_{w,i})] + [m_{w,2} h_{fg}] \quad (2)$$

เมื่อ $m_{w,1}$ มวลน้ำเริ่มต้น, kg

$m_{w,2}$ มวลน้ำที่ระเหย, kg

$c_{p,w}$ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่า 4.186 kJ/kg °C

h_{fg} ค่าความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ 2,257 kJ/kg

ปริมาณความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิง หาได้ตามสมการที่ 3

$$Q_{fuel} = m_{fuel} \times LHV \quad (3)$$

เมื่อ m_{fuel} มวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด, kg

LHV ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิงแกลบ 12,213 kJ/kg

การวิเคราะห์อัตราการทำงานของเตาแก๊สชีวมวล

การทดสอบสมรรถนะของเตาจะทำการวิเคราะห์หาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะและอัตราการเผาไหม้ ตามสมการที่ 4-5 (Belonio, 2005)

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FCR) ตามสมการที่ 4

$$FCR = \frac{M}{T} \quad (4)$$

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (SGR) ตามสมการที่ 5

$$SGR = \frac{M}{A \times T} \quad (5)$$

อัตราการเผาไหม้ (CZR) ตามสมการที่ 6

$$CZR = \frac{L}{T} \quad (6)$$

เมื่อ A พื้นที่หน้าตัดของห้องเผาไหม้, m^2

CZR อัตราการเผาไหม้, m/hr

FCR อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, kg/hr

L ความยาวของห้องเผาไหม้, m

M น้ำหนักเชื้อเพลิง,kg

SGR อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ, kg/m^2-hr

T เวลาที่ใช้ทั้งหมด, hr

อุปกรณ์และวิธีการ

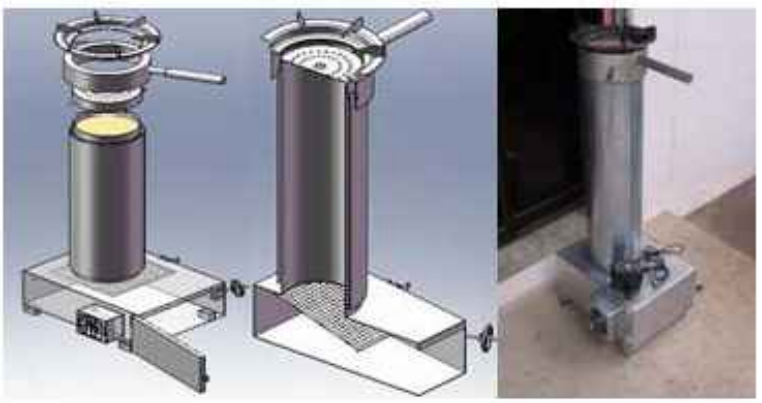
เตาแก๊สชีวมวล

เตาแก๊สชีวมวลที่พัฒนาจะเป็นแบบ Inverted downdraft ดังภาพที่ 2 ประกอบด้วย

ห้องเผาไหม้ ทำจากเหล็กแผ่นม้วนขึ้นรูป มีลักษณะเป็นทรงกระบอก 2 ชั้น สูง 60 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. หนา 1.5 มม. มีความสูง 60 ซม. ชั้นนอกทำจากสังกะสี สามารถบรรจุแกลบได้ประมาณ 1.5 กก. ด้านล่างห้องเผาไหม้ติดกับตะแกรงเหล็กหนา 2 มม. สำหรับรองวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่ให้ตกสู่กล่องลมด้านล่าง

หัวเตาแก๊ส ด้านบนใช้หัวเตาแก๊สใช้ที่วางภาชนะสำหรับเตาแก๊สที่มีจำหน่ายทั่วไป มีแผ่นตะแกรงเจาะรูขนาด 3 มม. จำนวน 2 รอบ สำหรับให้แก๊สผ่านและจุดไฟบนตะแกรง มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 22 ซม.

กล่องลมและถาดนำเถ้าออก กล่องลมด้านล่างของห้องเผาไหม้ มีขนาดโดยประมาณ (สูงxกว้างxยาว) 15 x 25 x 40 cm ด้านข้างกล่องลมจะติดตั้งพัดลม DC 12 V, 1A ลักษณะคล้ายพัดลมสำหรับระบายความร้อน CPU คอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ในการควบคุมปริมาณอากาศให้เหมาะสมสำหรับเผาไหม้ ด้านหน้ากล่องลมมีฝาปิดเปิดสำหรับใช้ในการนำเถ้าที่ผ่านการเผาไหม้ออกจากเตา



ภาพที่ 2 เตาแก๊สชีวมวลใช้วัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง

วิธีการทดสอบ

ในขั้นตอนการทดสอบสมรรถนะเตาแก๊สชีวมวลโดยใช้เชื้อเพลิงแกลบ มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมเชื้อเพลิงแกลบ ที่จะใช้ในการทดสอบโดยการชั่งน้ำหนักเริ่มต้น แบ่งเชื้อเพลิงส่วนหนึ่งไปหาค่าความชื้น ปรับความเร็วอากาศให้ได้ตามที่ต้องการทดสอบ (3 ค่า)

2. จุดไฟเตาจากด้านบนโดยใช้กระดาษ 2-3 แผ่นวางบนแกลบ ทำการจุดไฟและจับเวลาในขณะที่เตาเริ่มติดจนทั่วหน้าเตานำหัวเตาครอบปิด แก๊สจะติดไฟขึ้นมาด้านบนของหัวเตา

3. บันทึกอุณหภูมิภายในเตาเผาทุกๆ 2 นาที ที่ 3 ตำแหน่งคือ ตำแหน่งบนที่ 52 ซม. ตำแหน่งกลางที่ 30 ซม. ตำแหน่งล่างที่ 8 ซม. อุณหภูมิน้ำ และอากาศแวดล้อม จนแก๊สดับ

4. บันทึกน้ำหนักน้ำสุดท้ายเพื่อหาปริมาณไอน้ำที่ระเหยไป ($m_{w,2}$) และน้ำหนักขี้เถ้าของเชื้อเพลิง

5. ทำการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ และอัตราการเผาไหม้

6. ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง และทำการทดสอบซ้ำตามขั้นตอนที่ 1-5 โดยเปลี่ยนอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง

ผลการทดลองและวิจารณ์

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

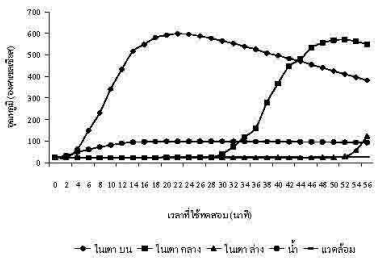
ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะเชิงความร้อนของเตาที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F) ในช่วง 46.12, 55.31 และ 67.37% ของค่า A/F ที่ต้องการทางทฤษฎีของแกลบที่มีค่าเท่ากับ 4.55 จากการทดสอบพบว่าเตาแก๊สชีวมวลมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย 3.6, 4.7 และ 4.9 kg/h ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นตามค่า A/F ที่เพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง A/F 46.12-55.31% และคงที่ช่วง 55.31-67.37% ดังนั้นเมื่อ A/F เพิ่มขึ้นอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงไม่เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับค่าอัตราการเผาไหม้ (CZR) และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (SGR)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง

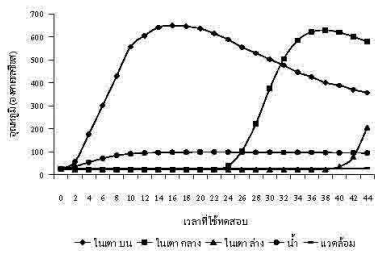
การทดสอบ (ครั้งที่)	น้ำหนักเชื้อเพลิง (kg)	อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (°ซ)	อุณหภูมิน้ำสุดท้าย (°ซ)	เวลาที่น้ำเดือด (min)	ปริมาณน้ำที่ทดสอบ (kg)	ไอน้ำ (kg)	เวลาทดสอบเตาเผา (min)	η (%)	FCR (kg/hr)	SGR (kg/m^2-hr)	CZR (m/hr)
					A/F = 46.12%						
1	3.5	20.1	98.5	12.0	2.5	2.08	54.0	19.78	3.9	82.49	0.61
2	3.5	27.4	99.0	14.0	2.5	2.12	62.0	19.27	3.4	71.85	0.53
3	3.5	24.7	99.6	14.0	2.5	2.18	60.0	20.27	3.5	74.24	0.55
เฉลี่ย	**3.5**	**24.1**	**99.0**	**13.3**	**2.5**	**2.13**	**58.7**	**19.77**	**3.6**	**76.19**	**0.56**
					A/F = 55.31%						
1	3.5	21.4	98.2	10.0	2.5	1.86	46.0	16.76	4.6	96.84	0.72
2	3.5	24.1	99.2	10.0	2.5	1.92	42.0	18.04	5.0	106.06	0.79
3	3.5	24.3	98.3	10.0	2.5	1.96	46.0	17.14	4.6	96.84	0.72
เฉลี่ย	**3.5**	**23.3**	**98.6**	**10.0**	**2.5**	**1.91**	**44.7**	**17.31**	**4.7**	**99.91**	**0.74**
					A/F = 67.37%						
1	3.5	18.3	94.5	12.0	2.5	1.84	44.0	15.93	4.8	101.24	0.75
2	3.5	24.6	98.8	12.0	2.5	1.86	44.0	16.81	4.8	101.24	0.75
3	3.5	23.9	98.3	12.0	2.5	1.82	42.0	16.65	5.0	106.06	0.79
เฉลี่ย	**3.5**	**22.3**	**97.2**	**12.0**	**2.5**	**1.84**	**43.3**	**16.46**	**4.9**	**102.85**	**0.76**

อิทธิพลของอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงต่ออุณหภูมิภายในเตา

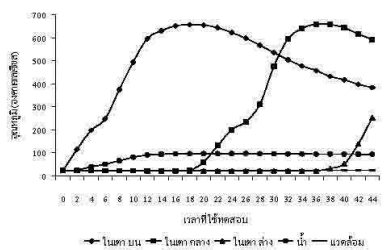
ภาพที่ 3 และภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเตาที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F) ในช่วง 46.12 , 55.31 และ 67.37% ของค่า A/F ที่ต้องการทางทฤษฎี พบว่าอุณหภูมิสูงสุดภายในชั้น Combustion zone มีค่า 619, 652 และ 703 ^{o}ซ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิภายในเตาจะมีค่าสูงขึ้นตาม A/F ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาในชั้นดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ดังนั้นเมื่อปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้นตาม A/F การเผาไหม้จึงคายความร้อนมากขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิภายในเตาสูงขึ้น



A/F ratio = 46.12%

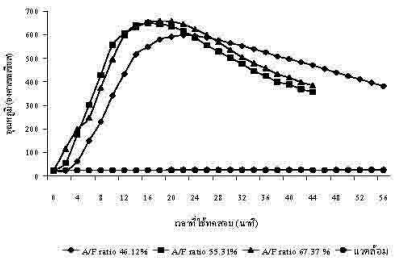


A/F ratio = 55.31%

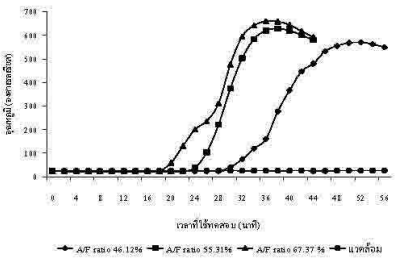


A/F ratio = 67.37%

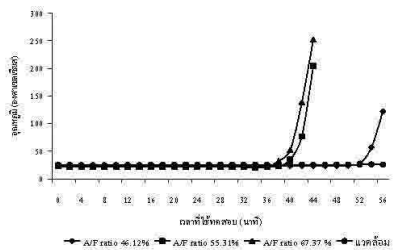
ภาพที่ 3 อุณหภูมิเฉลี่ยในห้องเผาไหม้ที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงต่างกัน



52 เซนติเมตร



30 เซนติเมตร



8 เซนติเมตร

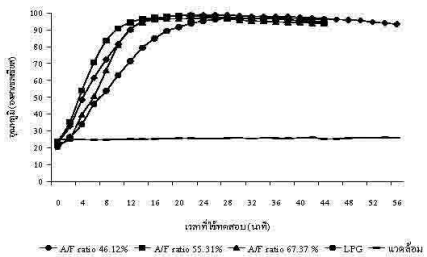
ภาพที่ 4 อุณหภูมิเฉลี่ยในห้องเผาไหม้ที่ระดับความสูงต่างๆ

อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่มีต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนและปริมาณความร้อนที่ผลิตได้

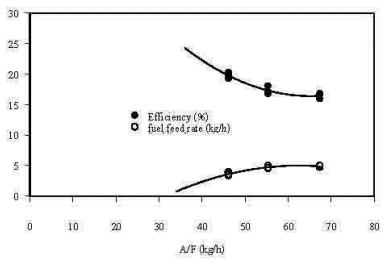
ภาพที่ 5 แสดงอุณหภูมิของน้ำเมื่อทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของเตาด้วยการต้มน้ำ พบว่าที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง 46.12 และ 55.31% อุณหภูมิน้ำภายในหม้อต้มช่วงแรกจะสูงขึ้นกว่าอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง 67.37% ซึ่งสอดคล้องกับประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา จากการทดสอบ A/F 46.12% มีประสิทธิภาพเฉลี่ยสูงสุด 19.77% และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อ A/F ลดลง จากภาพที่ 6 ถ้า A/F เท่ากับ 39% จะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 2.1 kg/h และประสิทธิภาพ 22.8% เมื่อนำผลที่ได้ไปทดสอบพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ประเมินกับกราฟ โดยที่ A/F 46.12, 55.31 และ 67.37% สามารถผลิตพลังงานความร้อนได้ 980, 1312 และ 1,087 W ตามลำดับ

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

เตาแก๊สชีวมวลที่พัฒนามีค่าใช้จ่ายประมาณ 3,000 บาท ต่อเตา ซึ่งถ้าประเมินว่าใน 1 วัน ใช้เตาในการประกอบอาหารเช้าและเย็นวันละ 1 ชั่วโมง จะต้องใช้แกลบวันละ 4 กิโลกรัม และถ้าแกลบกิโลกรัมละ 1 บาท จะเสียค่าใช้จ่ายเดือนละ 120 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงในครอบครัวจำนวน 4 คน จะใช้แก๊สหุงต้มประมาณ 1 เดือนต่อถัง (ถังขนาด 15 kg) ซึ่งปัจจุบันแก๊สหุงต้มราคาประมาณ 300 บาท แสดงว่าใน 1 ปี จะสามารถประหยัดเงินได้เดือนละ 180 บาท ปีละ 2,160 บาท หรือจะสามารถคุ้มทุนได้ภายใน 1.4 ปี



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำในการทดสอบ



ภาพที่ 6 อัตราการป้อนเชื้อเพลิงกับประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา

สรุปผลการทดลอง

เตาแก๊สชีวมวลสำหรับครัวเรือนที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง มีศักยภาพสูงในการใช้ทดแทนแก๊สหุงต้มสำหรับครัวเรือน โดยมีประสิทธิภาพประมาณ 22% ที่อัตราส่วน A/F 39% โดยจะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงประมาณ 2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีต้นทุนประมาณ 3,000 บาท ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับการใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง มีจุดคุ้มทุนประมาณ 1.4 ปี

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (สนผ.)

เอกสารอ้างอิง

กองเกษตรวิศวกรรม. 2522. **การออกแบบเตาเผาแก๊สเชื้อเพลิงด้วยถ่านไม้.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.

ฉายแสง ไฝ่แก้ว ศศิธร ถิ่นนคร กานดา นาคมณี และศริญยา วรจีรวาณิช. 2548. **การทดสอบและคัดเลือกพันธุ์กระถินเพื่อเป็นอาหารสัตว์**. รายงานประจำปี 2548. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ. น 28-47.

ณัฐวุฒิ ดุษฎี อภิชาต สวนคำกอง ชูรัตน์ ธารารักษ์ และนิกราน หอมดวง. 2551.**รายงานการศึกษาการใช้ชีวมวลในภาคเศรษฐกิจต่าง ๆ และชีวมวลที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ (ภาคเหนือ).** มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อมร่วมกับศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

วีระชัย อาจหาญ นิวัฒน์ คงกระพี้ กฤษกร รับสมบัติ ปภัส ชนะโรค และทิพย์สุภินทร์ หินซุย. 2550. การศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน. **รายงานการประชุมวิชาการเรื่องโรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนครบวงจร**. สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 19-20 กรกฎาคม 2550 ณ โรงแรมราชพฤกษ์ แกรนโฮเทล นครราชสีมา. น 103-163.

Belonio A.T. 2005. **Rice Husk Gas Stove Handbook.** Department of Agricultural Engineering and Environmental Management College of Agriculture Central Philippine University Iloilo City: Philippines.

Kovitvadhi, K. and K. Yantasath. 1982. Research on Leucaena and other nitrogen-fixing trees at the Thailand Institute of Scientific and Technology Research (TISTR). Leucaena research in the Asian-Pacific Region. **Proceedings of a workshop held in Singapore**. 23-26 November. pp. 133-136.

สมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบแบบดีกัมม์ผสมดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Performance and Wear of Diesel-power Generator Using Diesel Fuel and Crude-degummed Palm Oil Blend

แสนวสันต์ ยอดคำ[1] วสันต์ จอมภักดี[1] ณัฐวุฒิ ดุษฎี[2] และนิกราน หอมดวง[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50202

[2]ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

E-mail: sanwasan@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการทดสอบสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้า โดยศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันปาล์มดิบแบบดีกัมม์ผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ แล้วนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ ซึ่งพบว่าการเพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์มดิบในน้ำมันดีเซลจะทำให้ค่าความร้อนเชื้อเพลิงลดลง แต่มีผลให้ความหนาแน่นและความหนืดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มุมสเปรย์ของน้ำมันปาล์มดิบลดลงประมาณ 90.5% เมื่อเทียบกับมุมสเปรย์น้ำมันดีเซล ทำให้ความเป็นฝอยละอองต่ำลง เครื่องยนต์เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และมีคราบเขม่าตกค้างในห้องเผาไหม้และยังพบว่าการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันดีเซลไม่ส่งผลต่อการสึกหรอชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

คำสำคัญ: น้ำมันปาล์มดิบแบบดีกัมม์ เครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้า มุมสเปรย์ของเชื้อเพลิง

Abstract

The objective of this research work was to test performance and evaluation wear of diesel-power generator by study basic property of crude palm oil blend to proportion mix with diesel oil to test engine. It was found that increasing proportion of crude palm oil in diesel oil causes reducing in heating value but increasing of density and viscosity. Consequently, angle of crude palm oil reducing by 90.5% when compare with diesel spray angle, oil sprayer droplet size was increased and imperfect combustion engine as well as soot has deposited in combustion chamber. It was found that using crude palm oil mixed with diesel oil do not affect significant wear component of engine.

Key words: degummed palm oil, diesel-power generator, oil spray angle

คำนำ

จากปัญหาเรื่องน้ำมันในตลาดโลกมีราคาแพงและประเทศไทยต้องสูญเสียเงินตราในการที่จะนำเข้าน้ำมัน ประกอบกับอัตราการใช้น้ำมันของประเทศไทยโดยเฉพาะน้ำมันดีเซลมีอัตราเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว การส่งเสริมและสนับสนุนให้ใช้น้ำมันพืช ซึ่งเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่สามารถผลิตได้เองในประเทศมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน เป็นการรักษาเงินตราต่างประเทศ สร้างความมั่นคงและสามารถพึ่งพาตนเองด้านพลังงานของประเทศ อีกทั้งยังช่วยสร้างตลาดที่มั่นคงให้กับผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย จึงเริ่มมีความตื่นตัวและความพยายามหาพลังงานทดแทนมาใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น น้ำมันพืชเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่งที่ได้รับการสนใจนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลเพื่อนำมาใช้เดินเครื่องยนต์ดีเซล โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองใช้เชื้อเพลิงที่ได้จากการผสมน้ำมันปาล์มดิบแบบดีกัมม์กับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ กับเครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาด 25 กิโลวัตต์ ยี่ห้อ FORD รุ่น 2711E แบบ 4 สูบ และห้องเผาไหม้ตรง (DI) ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้งานจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยได้ทำการศึกษาสมรรถนะและมลพิษที่เกิดขึ้นของเครื่องยนต์ อีกทั้งยังทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์โดยการเดินเครื่องยนต์ในระยะยาวแบบไม่ต่อเนื่อง จากการทดสอบทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เพื่อนำไปพัฒนาในส่วนคุณสมบัติของน้ำมันปาล์มดิบและเครื่องยนต์ในการใช้งานจริงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิง โดยน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันปาล์มดิบที่ทำการลดกัมม์ ลดกรด และน้ำมันปาล์มดีเซลในอัตราส่วนเชิงปริมาตร คือ น้ำมันปาล์มดิบ (Crude palm oil) กับน้ำมันดีเซล (Diesel) ในสัดส่วน 20:80 (CPO 20%), 40:60 (CPO 40%), 60:40 (CPO 60%), 80:20 (CPO 80%) และน้ำมันปาล์มดิบ 100% (CPO 100%) จากนั้นวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ซึ่งได้แก่ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ค่าความหนืด ค่าความหนาแน่นและค่าความเป็นกรดเป็นด่าง หลังจากนั้นทำการทดสอบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้า โดยทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นรอบการทำงานของเครื่องยนต์ ที่โหลดทางไฟฟ้าคงที่ 60% ของโหลดสูงสุดของเครื่องยนต์ การเดินเครื่องยนต์จะใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะและประสิทธิภาพเชิงความร้อน ค่ามลพิษที่เกิดขึ้นจากเครื่องยนต์ที่ทำการวัด ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนและเขม่า จากนั้นทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์โดยการเดินเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิง CPO 70% แบบไม่ต่อเนื่องเป็นเวลารวม 200 ชั่วโมง การทดสอบการสึกหรอจะทำการถ่ายรูป วัดขนาดและชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนภายในของเครื่องยนต์เพื่อเปรียบเทียบสภาพก่อนและหลังการเดินเครื่องยนต์

ผลการทดลอง

การเตรียมน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น ก่อนการผสมน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำการอุ่นน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้น้ำมันปาล์มดิบไม่เป็นไขตะกอนและเพื่อลดความหนืด

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิง สมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์

เชื้อเพลิง	คุณสมบัติเบื้องต้น			Viscosity (cst.)			สมรรถนะของเครื่องยนต์			มลพิษ			
	pH	Higher Heating Value (MJ/kg)	Density (kg/m^3)	40°C	60°C	80°C	FC (kg/hr)	SFC (kg/kW.h)	Thermal Eff.	CO (ppm)	NO_x (ppm)	HC (ppm)	เขม่า (%)
DIESEL	5.70	45.97	831.0	3.3	1.84	1.18	4.7679	0.3092	25.33	78.0	1387.0	37.0	36.6
CPO 20%	5.57	44.97	840.8	6.9	3.86	2.15	5.2368	0.3394	23.59	107.0	1279.5	32.3	19.0
CPO 40%	5.33	43.27	850.6	10.2	5.73	4.10	5.3450	0.3465	24.01	140.5	1112.5	32.0	17.6
CPO 60%	5.32	42.59	860.4	14.5	7.49	6.07	5.4788	0.3556	23.81	163.0	989.0	31.3	17.3
CPO 70%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	205.0	977.5	28.0	16.0
CPO 80%	5.24	41.91	870.2	22.3	11.77	8.31	5.6263	0.3635	23.63	-	-	-	-
CPO 100%	5.22	40.55	880.0	39.8	20.36	12.08	5.7826	0.3750	23.67	-	-	-	-

* การทดสอบมลพิษของเครื่องยนต์ไม่สามารถทดสอบที่เชื้อเพลิงสัดส่วนมากกว่า CPO 70% เนื่องจากเมื่อเดินเครื่องยนต์ได้ระยะหนึ่งเครื่องยนต์จะดับ

การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิง

ผลการทดสอบ pH ของเชื้อเพลิง พบว่าปริมาณของสัดส่วนน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มขึ้นในน้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มดีเซล ค่า pH ของเชื้อเพลิงจะมีค่าลดลง เนื่องจากน้ำมันดีเซลมีค่า pH สูงเมื่อเทียบกับน้ำมันปาล์มดิบ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ผลการทดสอบพบว่า มีค่าลดลงตามสัดส่วนของน้ำมันปาล์มดิบที่เพิ่มขึ้นในน้ำมันปาล์มดีเซล โดยที่ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงของ CPO 20%, CPO 40%, CPO 60%, CPO 80% และ CPO 100% มีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซล 2.18, 5.87, 7.35, 8.83 และ 11.79% ตามลำดับ ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง ผลการทดสอบพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของน้ำมันปาล์มดิบที่เพิ่มขึ้นในน้ำมันเชื้อเพลิง โดยน้ำมันดีเซลมีค่าความหนาแน่นต่ำสุด เท่ากับ 831 kg/m^3 ส่วนน้ำมันปาล์มดิบมีค่าความหนาแน่นสูงสุด เท่ากับ 880 kg/m^3 และค่าความหนืดของเชื้อเพลิง ผลการทดสอบพบว่า ที่อุณหภูมิคงที่ ค่าความหนืดของเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของน้ำมันปาล์มดิบที่เพิ่มในน้ำมันปาล์มดีเซล และเมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นแก่เชื้อเพลิง พบว่าค่าความหนืดจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Bari *et al.,* 2002)

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้า

การทดสอบได้ทำการเดินเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,500 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นรอบการทำงานของเครื่องยนต์และภาระคงที่ 14.25 กิโลวัตต์ (60% ของโหลดสูงสุด) (Plint and Martyr, 1988) การทดสอบนั้นจะทดสอบกับเชื้อเพลิงต่างชนิดกันดังได้กล่าวมาในข้างต้น

ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific fuel Consumption) พบว่า เชื้อเพลิงปาล์มดีเซลที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ จะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าความร้อน (Heating Value) ของเชื้อเพลิงจะลดลงตามสัดส่วนของน้ำมันปาล์มดิบที่เพิ่มขึ้นในเชื้อเพลิง ซึ่งน้ำมันปาล์มดิบมีค่าความร้อนน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้ต้องใช้ปริมาณน้ำมันมากขึ้นเพื่อให้ได้กำลังของเครื่องยนต์ออกมาเท่ากัน (Kalam and Masjuki, 2002) โดยที่อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของ CPO 20%, CPO 40%, CPO 60%, CPO 80% และ CPO 100% มีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล 9.83, 12.10, 14.91, 18.00 และ 21.28% ตามลำดับ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะของ CPO 20%, CPO 40%, CPO 60%, CPO 80% และ CPO 100% มีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล 9.77, 12.06, 15.00, 17.56 และ 21.28% ตามลำดับ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency) พบว่า น้ำมันดีเซลมีค่าเท่ากับ 25.33, CPO 20% มีค่าเท่ากับ 23.59, CPO 40% มีค่าเท่ากับ 24.01, CPO 60% มีค่าเท่ากับ 23.81, CPO 80% มีค่าเท่ากับ 23.63 และ CPO 100% มีค่าเท่ากับ 23.67

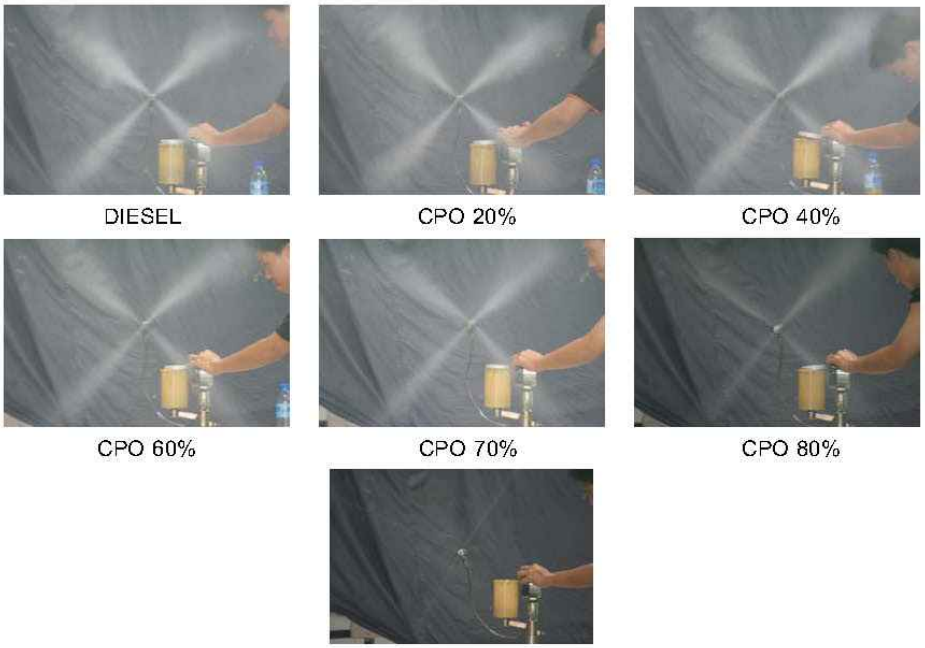
การทดสอบมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้า

การทดสอบมลพิษของเครื่องยนต์ได้ทำการทดสอบโดยเดินเครื่องยนต์ที่สภาวะต่างๆ เช่นเดียวกับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยได้ทำการทดสอบกับเชื้อเพลิงได้แก่ น้ำมันดีเซล, CPO 20%, CPO 40%, CPO 60% และ CPO 70% ผลการทดสอบก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) พบว่า เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มขึ้น ปริมาณ CO จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งมีผลมาจากเครื่องยนต์มีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเกิดจากการจ่ายน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้ไม่สม่ำเสมอและค่าความร้อนที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลของน้ำมันปาล์มดิบทำให้การสับดาปไม่สมบูรณ์ ซึ่งน้ำมันดีเซลมีค่าปริมาณ CO ต่ำสุดคือ 78 ppm และ CPO 70% มีค่าปริมาณ CO สูงสุดคือ 205 ppm ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_X) พบว่าเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มขึ้น ปริมาณ NO_X จะมีค่าลดลง ซึ่งมีผลมาจากเครื่องยนต์มีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ โดยปกติ NO_X เกิดจากสาเหตุหลักคือเกิดการสันดาปในห้องเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิสูง หมายความว่าถ้ามีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จะเกิด NO_X มาก ดังนั้นเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มขึ้น จะมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงต่ำทำให้ความร้อนในการสันดาปในห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิต่ำจึงทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ โดยน้ำมันดีเซลมีค่าปริมาณ NO_X สูงสุดคือ 1,387 ppm และ CPO 70% มีค่าปริมาณ NO_X ต่ำสุดคือ 977.5 ppm ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) พบว่าเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มขึ้น ปริมาณ HC จะมีค่าลดลง ซึ่ง HC เป็นส่วนประกอบของน้ำมันดีเซล เมื่อเกิดการเผาไหม้ไม่หมดจึงเหลือเชื้อเพลิง (ไฮโดรคาร์บอน) ปนออกมากับไอเสีย ดังนั้นเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มขึ้นจึงมีปริมาณ HC ในเชื้อเพลิงน้อย เมื่อเกิดการเผาไหม้จึงปนออกมากับไอเสียน้อยเช่นกัน โดยน้ำมันดีเซลมีค่าปริมาณ HC สูงสุดคือ 37 ppm และ CPO 70% มีค่าปริมาณ HC ต่ำสุดคือ 28 ppm และปริมาณเขม่า (ควันดำ) พบว่าเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มขึ้น ปริมาณเขม่าจะมีค่าลดลง ซึ่งเขม่าเกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งทำให้คาร์บอนบางส่วนในน้ำมันเชื้อเพลิง (ไฮโดรคาร์บอน) ไม่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จึงเหลือเขม่าดำออกมาทางไอเสีย ดังนั้นเมื่อเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนในเชื้อเพลิงลดลงจึงทำให้เมื่อ

เกิดการเผาไหม้จึงเกิดเขม่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซล (Silvio *et al.*, 2002) โดยน้ำมันดีเซลมีค่าปริมาณเขม่าสูงสุด คือ 36.6% และ CPO 70% มีค่าปริมาณเขม่าต่ำสุด คือ 16%

การทดสอบมุมสเปรย์และลักษณะฝอยละอองของเชื้อเพลิง

วิธีการทดสอบนั้นจะทำการทดสอบเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ กับหัวฉีดที่ติดตั้งกับแท่นทดสอบหัวฉีด โดยทดสอบที่แรงดันหัวฉีด 170 bar ซึ่งเป็นค่าแรงดันมาตรฐานของหัวฉีดเครื่องยนต์ (Ford Motor Company Ltd., 1976)



ภาพที่ 1 มุมสเปรย์และลักษณะฝอยละอองของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

จากการทดสอบพบว่า เชื้อเพลิงดีเซล, CPO 20%, CPO 40%, CPO 60%, CPO 70%, CPO 80% และ CPO 100% มีค่ามุมสเปรย์เฉลี่ย 23.75°, 19.25°, 18.50°, 18.25°, 15.25°, 13.75° และ 2.25° ตามลำดับ โดยค่ามุมสเปรย์และลักษณะฝอยละอองของเชื้อเพลิงจะลดลงตามสัดส่วนของน้ำมันปาล์มดิบที่เพิ่มขึ้นในเชื้อเพลิง ซึ่งเกิดจากค่าความหนาแน่น (Density) ของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าของมุมสเปรย์ของเชื้อเพลิงมีค่าลดลง (Heywood,1988) และยังมีผลต่อลักษณะของฝอยละอองเชื้อเพลิงที่มีลักษณะไม่เป็นฝอย ทำให้การสันดาปเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ไม่ดีและเกิดการตกค้างของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ อีกทั้งยังได้ทดสอบมุมสเปรย์และลักษณะฝอยละอองของเชื้อเพลิงชนิดเดียวกัน ณ อุณหภูมิต่างๆ กัน พบว่าค่าความหนืดของเชื้อเพลิงไม่มีผลต่อมุมสเปรย์และลักษณะฝอยละอองของเชื้อเพลิง

การทดสอบความสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้า

จากการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์โดยการเดินเครื่องยนต์เป็นเวลารวม 200 ชั่วโมงแบบไม่ต่อเนื่อง ในการทดสอบเบื้องต้นได้ใช้เชื้อเพลิง CPO 100% เดินเครื่องยนต์ แต่เดินเครื่องได้เพียง 5 ชั่วโมงต่อเนื่อง เครื่องยนต์เกิดอาการเครื่องสะดุด เร่งเครื่องยนต์ไม่ขึ้น และเครื่องยนต์ดับในที่สุด จึงได้ลองใช้เชื้อเพลิงต่างๆ ปรากฏว่าเชื้อเพลิง CPO 70% สามารถเดินเครื่องยนต์ได้โดยไม่มีผลต่อเครื่องยนต์ แต่เมื่อทดสอบจริงสามารถเดินเครื่องยนต์ได้เวลารวมแค่ 85 ชั่วโมง จากนั้นเครื่องยนต์ไม่สามารถเดินเครื่องต่อได้ เครื่องยนต์เกิดอาการกระตุก เครื่องเดินไม่เรียบและเร่งเครื่องไม่ขึ้น จึงหยุดการทดสอบและถอดชิ้นส่วนเครื่องยนต์เพื่อหาสาเหตุ พบว่าชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ เช่น ลูกสูบ แหวน วาล์วและหัวฉีด มีเขม่าแข็งสีดำเกาะติด ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เป็นผลมาจากการตกค้างของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ที่เผาไหม้ไม่หมด ทำให้กลายเป็นเขม่าแข็งเกาะติดกับชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ เช่น เกาะติดที่ลูกสูบและแหวน ลูกสูบทำให้แหวนลูกสูบตาย ไม่สามารถขยายตัวได้ส่งผลให้กำลังอัดของเครื่องยนต์รั่วออกจากห้องเผาไหม้ เครื่องยนต์จึงไม่มีกำลัง ส่วนเขม่าที่เกาะติดที่หัวฉีดมีผลทำให้การฉีดละอองเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้มีประสิทธิภาพลดลง ความเป็นฝอยละอองของเชื้อเพลิงไม่ดี ทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลง ส่วนเขม่าที่ติดกับวาล์วมีผลทำให้การเปิดปิดของวาล์วไม่สมบูรณ์ส่งผลให้กำลังอัดลดลง

ลูกสูบ (ก่อน) ลูกสูบ (หลัง) ห้องเผาไหม้ (ก่อน) ห้องเผาไหม้ (หลัง)

ภาพที่ 2 สภาพลูกสูบและห้องเผาไหม้เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดสอบ

วาล์ว (ก่อน) วาล์ว (หลัง) หัวฉีด (ก่อน) หัวฉีด (หลัง)

ภาพที่ 3 สภาพวาล์วและหัวฉีดเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดสอบ

ตารางที่ 2 ระยะ Air gap และ Side clearance ของแหวนลูกสูบก่อนและหลังเดินเครื่องยนต์

ชนิดแหวน	ระยะ Air gap (มม.)								ระยะ Side clearance (มม.)							
	ก่อนเดินเครื่องยนต์				หลังเดินเครื่องยนต์ 85 ชม.				ก่อนเดินเครื่องยนต์				หลังเดินเครื่องยนต์ 85 ชม.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
แหวนอัด 1	0.60	0.60	0.55	0.50	0.60	0.60	0.55	0.50	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
แหวนอัด 2	0.45	0.45	0.50	0.45	0.45	0.45	0.50	0.45	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
แหวนอัด 3	0.55	0.55	0.60	0.55	0.55	0.55	0.60	0.55	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
แหวนน้ำมัน	0.55	0.65	0.50	0.55	0.55	0.65	0.50	0.60	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

จากตารางที่ 2 พบว่า ระยะ Air gap และ Side clearance ของแหวนลูกสูบแต่ละตัวก่อนและหลังเดินเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิง CPO 70% เป็นเวลา 85 ชั่วโมง มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก สรุปได้ว่าหลังเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันปาล์มดีเซลเป็นเวลา 85 ชั่วโมง โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มดีเซล CPO 70% ไม่มีผลต่อการสึกหรอของแหวนลูกสูบ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบแบบดีกัมม์ผสมดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในส่วนของคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ที่ได้ทำการทดสอบนั้น พบว่าแต่ละค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงมีผลที่สำคัญต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ ซึ่งถ้าเชื้อเพลิงมีความหนาแน่นสูงจะทำให้ค่าของมุมสเปรย์ของเชื้อเพลิงมีค่าลดลงและการฝอยละอองไม่ดี ส่งผลทำให้การสันดาปเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทั้งยังเกิดการตกค้างของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ทำให้กลายเป็นเขม่าแข็งสีดำเกาะติดกับชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลงและยังมีผลทำให้น้ำมันหล่อลื่นเสื่อมสภาพเร็วกว่ากำหนดอีกด้วย

สรุปผลการทดลอง

การนำน้ำมันปาล์มดิบมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลสามารถทำได้ ซึ่งมีข้อดี คือ มีราคาถูกและมลพิษต่ำเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องเขม่าที่ตกค้างในเครื่องยนต์ การนำน้ำมันปาล์มดิบมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลจึงจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมัน เช่น การลดกรดและลดกัมม์ การลดความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเพื่อให้เหมาะสมกับการเดินเครื่องยนต์ อีกทั้งจำเป็นต้องปรับปรุงระบบฉีดเชื้อเพลิง เช่น ลักษณะหัวฉีด แรงดันหัวฉีดและลักษณะของห้องเผาไหม้ เพื่อให้เหมาะสม การนำน้ำมันปาล์มดิบมาเป็นเชื้อเพลิงเดินเครื่องยนต์ดีเซลจึงจะทำให้เครื่องยนต์มีการสันดาปที่สมบูรณ์และมีสมรรถนะที่ดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

John B. Heywood. 1988. **Internal Combustion Engines Fundamentals.** McGraw-Hill Book Co: New York. 930 p.

Kalam M.A., and H.H Masjuki. 2002. Biodiesel from palm oil-an analysis of its properties and potential. **Biomass and Bioenergy.** 23: 471-479.

Plint M., and A.J. Martyr. 1999. **Engine Testing Theory and practice.** Licensing Agency Ltd: London. 362 p.

Bari S., T.H. Lim and C.W. Yu. 2002. Effects of preheating of crude palm oil (CPO) on injection system, performance and emission of a diesel engine. **Renewable Energy.** 27: 339-351.

Silvio C.A. de Almeida, Carlos Rodrigues Belchior, Marcos V.G. Nascimento, Leonardo dos S.R. Vieira and Guiherme Fleury. 2002. Performance of a diesel generator fuelled with palm oil. **Fuel.** 81: 2097-2102.

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงแบบแรงดันไฟฟ้าต่ำและแรงดันไฟฟ้าสูงในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus*

Efficiencies of Low Voltage and High Voltage Pulsed Electric Fields for *E. coli* and *S. aureus* Inactivation

พัชรธวัช ศรีเสี่ยงบุญ[1] เสมอขวัญ ตันติกุล[2] และกรผกา อรรคนิตย์[1]

Patcharatawat Srisiangboon[1], Samerkhwan Tantikul[2] and Kornpaka Arkanit[1]

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Department of Food Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Department of Agricultural and Food Engineering, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University Chiang Mai, Thailand 50290

E.mail: k_arkanit@hotmail.com

บทคัดย่อ

เครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูง (Pulsed electric fields: PEF) เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช้ความร้อนเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียและจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร ในการออกแบบเครื่องแบบแรงดันไฟฟ้าต่ำจะควบคุมการปล่อยแรงดันด้วย Timer IC-555 สำหรับสร้างสัญญาณความถี่ มีทรานซิสเตอร์ 2 ตัวช่วยขับ ซึ่งจะได้แรงดันไฟฟ้า 5-20 kV/cm ส่วนการออกแบบเครื่องแบบแรงดันไฟฟ้าสูงจะใช้ไอซีเบอร์ SG35225 เป็นตัวกำหนดและผลิตความถี่ร่วมกับ Power Mos. Fet (IRF504) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ 50-65 kV/cm โดยแบบแรงดันไฟฟ้าต่ำ ปล่อยสนามไฟฟ้า 5,000 ครั้ง สามารถลดเชื้อ *E. coli* ได้ 1-2 Log CFU/ml ส่วนแบบแรงดันไฟฟ้าสูง ปล่อยสนามไฟฟ้า 500 ครั้ง สามารถลดเชื้อ *E. coli* ได้ 3 Log CFU/ml เครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงสามารถลดเชื้อ *S. aureus* ได้ 1-2 log CFU/ml ที่การปล่อยสนามไฟฟ้าแบบแรงดันต่ำ 5,000 ครั้ง หรือแบบแรงดันสูง 500 ครั้ง

คำสำคัญ: เครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูง ห้องฆ่าเชื้อ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus*

Abstract

Pulsed electric fields (PEF) is a non-thermal technology applied to liquid food to inactivate both spoilage and pathogenic microorganisms. The timer IC-555 for frequency signal generator and 2 transisters were used to control low voltage PEF operation with 5-20 kV/cm. The intensity of 50-65 kV/cm were generated from the high voltage PEF controlled by IC No.SG35225 and Power Mos. Fet (IRF504). The low voltage PEF with 5,000 pulses decreased 1-2 Log CFU/ml of *E. coli*, while the high voltage PEF with 500 pulses decreased 3 Log CFU/ml of *E. coli*. The 1-2 log CFU/ml reduction of *S. aureus* were performed by 5,000 pulses of the low voltage PEF or 500 pulses of the high voltage PEF.

Key words: pulsed electric fields, treatment chamber, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*

คำนำ

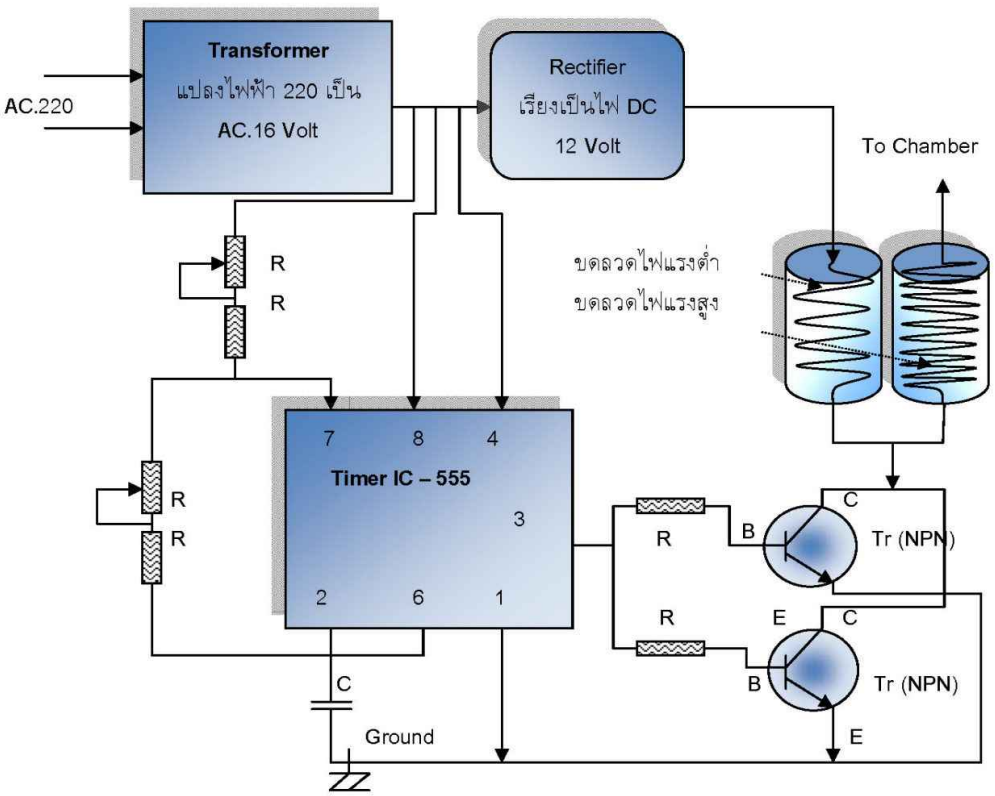
การทำงานของเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงมีลักษณะกระพริบเป็นช่วงสั้นๆ กับอาหาร เป็นการทำลายเชื้อจุลินทรีย์โดยจะเข้าไปทำลายผนังเซลล์ให้เกิดการหดตัวและเกิดรูพรุน มีผลให้ระบบขนส่งสารเข้าและออกจากเซลล์เสียหาย (Benz *et al.*, 1981) หากมีการปล่อยสนามไฟฟ้าให้นานขึ้นจะทำให้ผนังเซลล์เกิดการแตกตัวและเซลล์ถูกทำลายจนเซลล์ไม่สามารถทำงานให้เป็นปกติส่งผลให้เซลล์ตาย (Barbosa-canovas *et al.*, 1998) การยับยั้งเชื้อโดยการใช้เครื่องปล่อยสนามไฟฟ้านี้เป็นวิธีการลดการปนเปื้อนโดยไม่เกี่ยวข้องกับการใช้ความร้อน จึงทำให้อาหารสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการน้อย (Jia *et al.*, 1999) การเสื่อมเสียของอาหารโดยทั่วไปมีสาเหตุจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ *E. coli* เป็นเชื้อที่บ่งชี้ถึงความไม่สะอาดจากการใช้น้ำ และ *S. aureus* ซึ่งมาจากการปนเปื้อน ความไม่สะอาดจากการสัมผัสกับอาหาร หรือจากกระบวนการผลิต Zhao *et al.* (2007) ได้ทดลองใช้ความเข้มสนามไฟฟ้า 18.1-38.4 kV/cm ที่ความถี่ 40–200 μs ในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ในน้ำชาเขียว พบว่าที่ 38.4 kV/cm 160 μs สามารถลดเชื้อลงได้ถึง 5.6 Log ส่วน Pothakamury *et al.* (1995) ทดลองใช้ความเข้มสนามไฟฟ้า 12, 14 และ 16 kV/cm ที่ 60 ครั้ง และ 50 ครั้ง เพื่อยับยั้งเชื้อ *E.coli* และ *S.aureus* พบว่าสามารถลดเชื้อลงได้ 4 Log การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการออกแบบชุดกำเนิดและปลดปล่อยสนามไฟฟ้าของเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำไม่เกิน 20 kV/cm และแรงดันไฟฟ้าสูง 50-65 kV/cm แล้วเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ของชุดเครื่องมือดังกล่าว

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูง (Pulsed Electric Fields: PEF)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูง 2 เครื่อง โดยเครื่องแรกออกแบบให้มีระดับความเข้มของสนามไฟฟ้าแรงดันต่ำคือ ไม่เกิน 20 kV/cm และแบบแรงดันไฟฟ้าความเข้มสูง 20-60 kV/cm โดยชุดกำเนิดและปลดปล่อยสนามไฟฟ้าแรงดันต่ำไม่เกิน 20 kV/cm การออกแบบวงจรและการทำงานเป็นการนำไฟบ้าน 220 โวลท์ ป้อนเข้าหม้อแปลง (Transformer) ลดแรงดันลงเหลือ 16 โวลท์ (กระแสสลับ) จากนั้นนำไฟกระสลับดังกล่าวมาแปลงเป็นไฟกระแสตรง โดยนำมาผ่านชุดไดโอดเรียงกระแส (Rectifier) และใช้ไอซีเรกกูเรท (IC-Regulator) ควบคุมให้มีแรงเคลื่อนเป็นไฟ 12 โวลท์ (กระแสตรง) เพื่อป้อนเข้าชุดหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูง ซึ่งมีอัตราส่วนการพันขดลวดไฟแรงดันต่ำเท่ากับ 250 รอบ ในขณะที่ขดลวดไฟแรงดันสูงมีอัตราการพันมากกว่า 3,000 รอบ สำหรับสัญญาณความถี่ เพื่อกระตุ้นหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูงในวงจรนี้ใช้ Timer IC-555 เป็นตัวสร้างสัญญาณความถี่ ซึ่งความถี่จะผันแปรตามค่าความต้านทาน (Resistance) และค่าความจุไฟฟ้า (Capacitor) และสัญญาณความถี่ที่สร้างจะถูกกระตุ้นผ่านทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ช่วยกันขับ เมื่อมีสัญญาณไฟมากระตุ้นที่ขาเบส (Base; B) ของทรานซิสเตอร์ จะส่งผลทำให้กระแสไฟฟ้า 12 โวลท์ (กระแสตรง) ไหลผ่านขดลวดไฟแรงต่ำ (Primary winding) สามารถผ่านขาคอลเลคเตอร์ (Collector; C) ครบวงจรลงกราวนด์ที่ขาอีมิตเตอร์ (Emitter; E) ได้ เนื่องจากสัญญาณไฟฟ้าที่ผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันต่ำจะเป็นห้วงสั้นๆ จึงมีผลทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟ

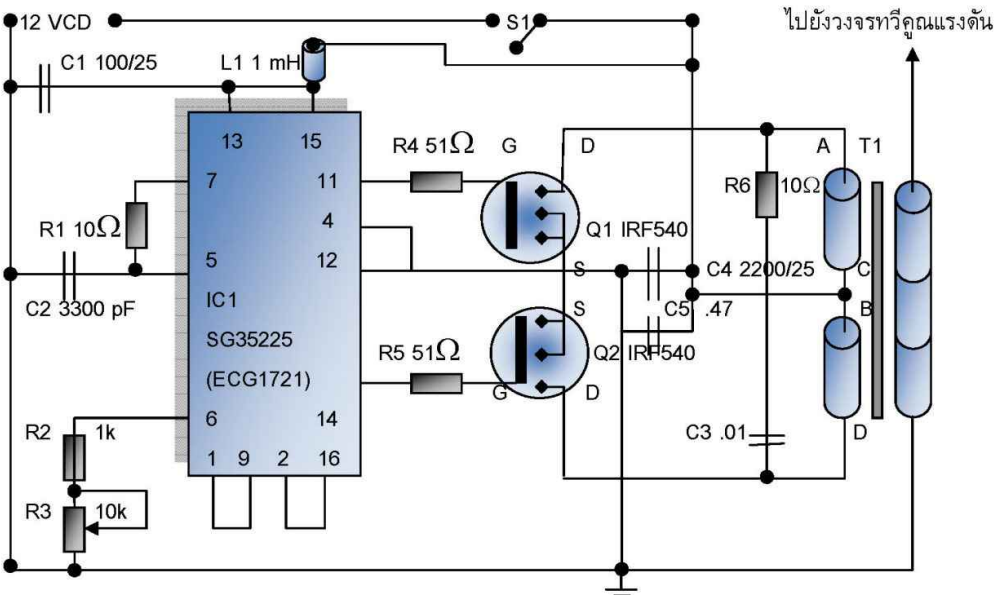
แรงเคลื่อนสูงที่ขดลวดไฟแรงสูง (Secondary) ขึ้น จากนั้นจะบังคับให้ไฟแรงเคลื่อนสูงดังกล่าวไปกระโดดที่ห้องสำหรับป้อนสนามไฟฟ้าแรงดันสูงเพื่อฆ่าเชื้อ วงจรดังกล่าวออกแบบให้สามารถปรับได้ทั้งความถี่และความดันไฟฟ้าได้ โดยใช้ความต้านทานที่สามารถปรับค่าได้ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วงจรชุดกำเนิดและปลดปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงแบบแรงดันต่ำไม่เกิน 20 kV/cm

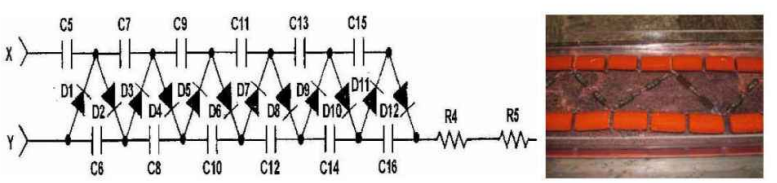
สำหรับแบบที่มีแรงดันของสนามไฟฟ้าสูง 50-65 kV/cm การผลิตความถี่จะใช้ IC1 คือไอซีเบอร์ SG35225 เป็นตัวกำหนดและผลิตความถี่ ความต้านทาน R2 (Resistor) และ R3 (Adj. Resistor) เป็นตัวกำหนดความถี่ประมาณ 0-40 kHz ความถี่ที่ต้องการจะอาศัยการปรับตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ (R3, 10 kΩ) เมื่อได้ค่าความถี่ตามความต้องการแล้ว ก็จะส่งสัญญาณดังกล่าวไปยังขา 11 และขา 14 ของ IC1 ผ่าน R4 และ R5 Mos-fet. Transistor Q1 และ Q2 จะเป็นส่วนกำลังขับ (Driver) ดังนั้น Q1 และ Q2 จึงทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่จาก IC1 มาขยายเพื่อให้สัญญาณความถี่มีความเหมาะสมที่จะป้อนเข้าส่วนเอาท์พุท ซึ่งเอาท์พุทคือ T1 โดยหลักการทำงานคล้ายของ Fly black transformer คือผลิตแรงดันสูงประมาณ 10-20 kV แต่กระแสต่ำ ขดลวดทางปฐมภูมิ (Primary) จากภาพที่ 2 คือ A, B, C และ D คือจุด In put ของขดลวด เมื่อได้รับแรงดันจาก D ของ Power Mos. Fet (IRF504) ซึ่งเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่สูง Mos. Fet จะทำหน้าที่เสมือนสวิทช์ปิดและเปิด (on-off) ที่เร็วมาก จะทำให้เกิดการพองตัวและยุบตัวของสนามแม่เหล็กที่ขดลวด

ปฐมภูมิของ Transformer T1 จากการพองตัวและยุบตัวของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดปฐมภูมิ มีผลทำให้เกิดการพองตัวและยุบตัว (Induce) ที่ขดลวดฑุติยภูมิ (Secondary) ด้วย ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟแรงเคลื่อนสูงออกทางด้านเอาท์พุท (Out put) ประมาณ 10-20 kV และระดับแรงดันจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการพันของขดลวดทางฑุติยภูมิและการปรับความถี่ (R3) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบเบื้องต้นวงจรผลิตสนามไฟฟ้าความเข้มสูงแบบแรงดันสูงไม่เกิน 65 kV/cm

เมื่อได้ High voltage ตามความต้องการจากส่วน Out put ในขั้นตอนที่แล้วนำมาเข้ากระบวนการ Step up voltage หรือเพิ่มระดับแรงดันให้สูงขึ้น (แรงดันทวีคูณ) ทำให้มีแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นระหว่าง 20-65 kV/cm สำหรับวงจรทวีคูณแรงดันถือว่าเป็นส่วนสำคัญมากส่วนหนึ่งของวงจรในการสร้าง High voltage box โดยทั่วไปต้นแบบจะมาจาก Cockcroft Walton หรือกฎ Cockcroft เป็นการประกอบวงจรและอุปกรณ์คอนเดนเซอร์และไดโอด ที่นำมาประกอบเป็น 5 Step voltage multiplier เมื่อประกอบวงจรเสร็จแล้วจะนำมาหล่อด้วยเรซิ่น ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วงจรทวีคูณแรงดัน

การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงทั้งสองเครื่อง เมื่อนำมาวางวงจรสำหรับปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงแล้วนำมาประกอบลงในกล่องจะต้องทำการกั้นเป็นสองส่วน จะแยกชุดแหล่งจ่ายไฟ วงจรสร้างสัญญาณความถี่แยกออกจากชุด High voltage transformer ซึ่งใช้ไม้อัดกั้นห้องสองห้องไว้เนื่องจากไม้อัดมีคุณสมบัติเป็นฉนวนที่ค่อนข้างดี และที่ชุด IC1 ทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศไว้เพื่อป้องกัน IC1 ร้อนจัดจนเกิดความเสียหายขึ้น การวางชุดวงจรทวีคูณแยกออกจากตัวชุดเก็บสนามไฟฟ้าออกจากกล่องควบคุมการทำงานก็เพื่อป้องกันไม่ให้ไฟแรงสูงที่ได้กระโดดข้ามกลับมายังชุดควบคุมซึ่งจะทำให้เกิดการชำรุดเสียหายขึ้นได้ (ภาพที่ 4)

ภาพที่ 4 การวางส่วนประกอบของวงจรและการแยกชุดวงจรทวีคูณกับกล่องสร้างสนามไฟฟ้า

การออกแบบห้องฆ่าเชื้อ

การออกแบบห้องฆ่าเชื้อให้สามารถป้อนอาหารที่เป็นของเหลวไหลผ่านเข้าไปยังห้องสำหรับฆ่าเชื้อ (Treatment chamber) โดยให้ของเหลวดังกล่าวไหลผ่านอิเล็กโทด (High voltage electrode) ซึ่งทำจากสแตนเลส อิเล็กโทดดังกล่าวจะเป็นแกนกลาง ที่ทำหน้าที่ปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงไปยังอาหารที่ผ่านเข้ามา และที่รอบๆ แกนอิเล็กโทดจะติดตั้งกระบอกสแตนเลสซึ่งทำหน้าที่เป็นกราวนด์ของไฟฟ้า การออกแบบครั้งนี้ให้ระยะห่างระหว่างแกนอิเล็กโทดกับกระบอกสแตนเลสกราวนด์เท่ากับ 5 มิลลิเมตร และที่ด้านหัวและท้ายกระบอกดังกล่าวจะผนึกด้วยซุปเปอร์ลีนกลึงขึ้นรูป สาเหตุที่ใช้ซุปเปอร์ลีนเนื่องจากวัสดุดังกล่าวเป็นฉนวนทางไฟฟ้า อาหารที่เป็นของเหลวจะถูกป้อนเข้าด้านข้างห้องฆ่าเชื้อบริเวณกระบอกที่เป็นกราวนด์ (กระบอกสแตนเลส) ในลักษณะตรงข้ามกัน จากนั้นอาหารเหลวจะไหลผ่านรอบๆ แกนกลางที่ปล่อยไฟฟ้าแรงดันสูง (Electrode) แล้วถูกปล่อยออกที่ด้านปลายของกระบอก ห้องฆ่าเชื้อสามารถถอดล้างทำความสะอาดได้ง่าย (ภาพที่ 5)

ภาพที่ 5 ถังบรรจุอาหารสำหรับป้อนสนามไฟฟ้าแรงดันสูง

การทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูง

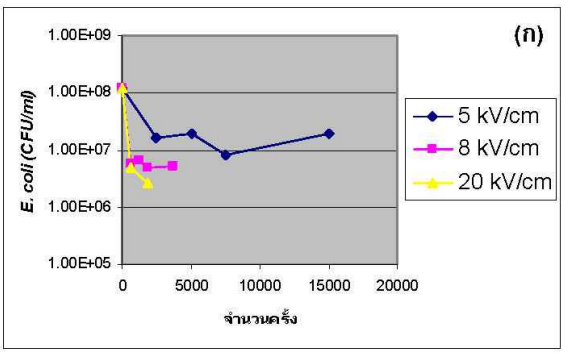
นำสารละลายเชื้อบริสุทธิ์ของ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียสใน glycerol stock มาถ่ายลงในอาหารเอียง Nutrient Ager (NA) บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อ 1 ลูปลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic Soy Broth (TSB) 50 มิลลิลิตร บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส พร้อมเขย่าด้วยเครื่อง incubate shaker ที่ 150 rpm นาน 8 ชั่วโมง ถ่ายเชื้ออีกครั้งโดยการปิเปตสารละลายเชื้อ 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB 50 มิลลิลิตร พร้อมกับเขย่าด้วยเครื่อง incubate shaker นาน 24 ชั่วโมง จะได้ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อที่ 10^6-10^8 Log CFU/ml ปิเปตสารละลายเชื้อที่เตรียมแล้ว 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายเปปโตน 0.1 เปอร์เซ็นต์ 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายเชื้อที่พร้อมทำการทดสอบ นำสารละลายเชื้อที่เตรียมแล้วฉีดเข้าสู่ห้องฆ่าเชื้อครั้งละ 25 มิลลิลิตร ปล่อยสนามไฟฟ้าลงในสารละลายเชื้อที่อยู่ในห้องฆ่าเชื้อ โดยกำหนดแรงดันไฟฟ้าต่ำที่ความเข้ม 5, 8 และ 20 kV/cm จำนวนครั้งที่ปล่อยสนามไฟฟ้า 625-15,000 ครั้ง (ใช้เวลา 10-30 วินาที) และแบบแรงดันไฟฟ้าสูงที่ความเข้ม 50, 55, 60 และ 65 kV/cm จำนวนครั้งที่ปล่อยสนามไฟฟ้า 15-450 ครั้ง (ใช้เวลา 10-120 วินาที) นำมาหาปริมาณเชื้อที่เหลือรอดจากกระบวนการโดยเพาะเชื้อที่ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic Soy Agar (TSA)

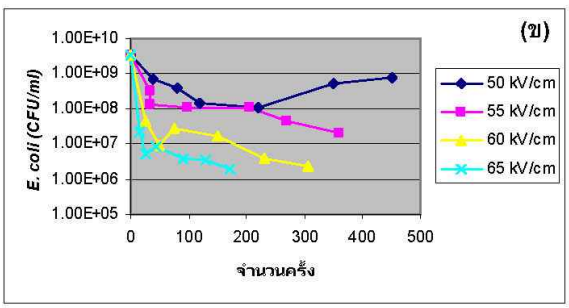
ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการออกแบบเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงแบบแรงดันไฟฟ้าต่ำและแรงดันไฟฟ้าสูงพบว่า ชุดกำเนิดและปลดปล่อยสนามไฟฟ้าแรงดันต่ำไม่เกิน 20 kV/cm จะใช้ Timer IC-555 สำหรับสร้างสัญญาณความถี่เพื่อกระตุ้นหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูง โดยมีทรานซิสเตอร์ 2 ตัวช่วยขับ แต่แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะไม่สูงมากนัก (5-20 kV/cm) วงจรนี้หากต้องการให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นจะต้องทำการออกแบบหม้อแปลงให้มีอัตราส่วนขดลวดฯุติยภูมิให้มากกว่านี้ ในขณะที่ชุดกำเนิดและปลดปล่อยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง (50-65 kV/cm) ออกแบบโดยใช้ไอซีเบอร์ SG35225 เป็นตัวกำหนดและผลิตความถี่ซึ่งมีความเสถียรมากกว่า และใช้ร่วมกับ Power Mos. Fet (IRF504) ซึ่งทำหน้าที่เสมือนสวิทช์ปิดและเปิด (on-off) ที่เร็วมากเป็นตัวทำให้เกิดความเหนี่ยวนำไฟแรงเคลื่อนสูงขึ้น จากนั้นนำไปเพิ่มความดันให้สูงขึ้น (แรงดันทวีคูณ) โดยใช้วงจร 5 Step voltage multiplier ทำให้ได้แรงเคลื่อนสูงขึ้นตามความต้องการ ดังนั้นหากต้องการแรงดันที่สูงกว่านี้ควรเพิ่มวงจรแรงดันทวีคูณให้มาก Step กว่านี้

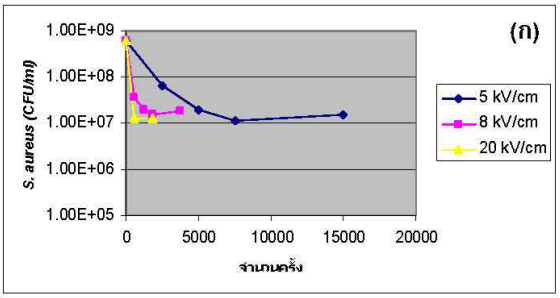
เมื่อทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ *E. coli* ของเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงแบบแรงดันไฟฟ้าต่ำ พบว่า สามารถลดเชื้อ *E. coli* ลงได้เพียง 1-2 Log CFU/ml แม้จำนวนครั้งในการปล่อยสนามไฟฟ้าจะสูงถึง 5,000 ครั้งก็ตาม ในขณะที่เครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงแบบแรงดันไฟฟ้าสูง สามารถลดเชื้อ *E. coli* ลงได้กว่า 3 Log CFU/ml ที่จำนวนครั้งในการปล่อยสนามไฟฟ้าไม่เกิน 500 ครั้ง เมื่อพิจารณาจากการปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงที่แรงดันไฟฟ้าสูง พบว่า เมื่อจำนวนครั้งในการปล่อยสนามไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น จะทำให้สามารถฆ่าเชื้อได้เพิ่มขึ้น โดย *E.coli* ที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 55 kV/cm 100 ครั้ง ลดลง 0.5-1 Log CFU/ml เมื่อเพิ่มเป็น 300-400 ครั้ง ลดลง 1.5-2 Log CFU/ml (ภาพที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Fox *et al.* (2007) ที่พบว่าที่ความเข้ม 38 kV/cm จำนวนครั้งในการปล่อยสนามไฟฟ้า 25 ครั้ง สามารถลดเชื้อ *L. plantarum* ได้มากกว่าการปล่อยสนามไฟฟ้า 5 ครั้ง

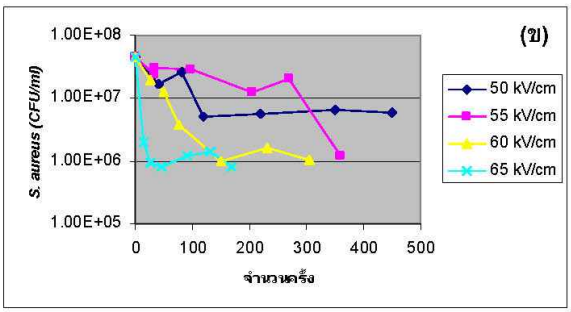
เมื่อพิจารณาการฆ่าเชื้อ *S. aureus* โดยเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าทั้งสองแบบ พบว่า สามารถลดเชื้อลงได้ 1-2 log CFU/ml โดยแบบแรงดันไฟฟ้าต่ำต้องปล่อยสนามไฟฟ้าถึง 5,000 ครั้ง ในขณะที่แบบแรงดันไฟฟ้าสูงต้องปล่อยสนามไฟฟ้าเพียง 500 ครั้งเท่านั้น (ภาพที่ 7) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าในการฆ่าเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* พบว่า *E. coli* ตอบสนองต่อกระบวนการมากกว่า กล่าวคือ กระบวนการสามารถทำลายเชื้อ *E. coli* ได้มากกว่า *S. aureus* ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงนั้นจะปล่อยอิเล็กตรอนประจุลบออกมาประจุลบจะไปสะสมอยู่ที่ผนังเซลล์เพิ่มขึ้น จนผนังเซลล์เกิดรูและเซลล์จะถูกทำลายในที่สุด ซึ่ง *E. coli* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ในขณะที่ *S. aureus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ผนังเซลล์ของเชื้อทั้งสองชนิดนี้จึงมีความแตกต่างกันและทำให้ตอบสนองต่อกระบวนการต่างกัน โดยเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงนี้จะมีผลกระทบต่อแบคทีเรียแกรมลบมากกว่าแกรมบวก





ภาพที่ 6 การเหลือรอดของเชื้อ *E. coli* เมื่อผ่านเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูง
(ก) แบบแรงดันไฟฟ้าต่ำไม่เกิน 20 kV/cm (ข) แบบแรงดันไฟฟ้าสูง 50-65 kV/cm





ภาพที่ 7 การเหลือรอดของเชื้อ *S. aureus* เมื่อผ่านเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูง (ก) แบบแรงดันไฟฟ้าต่ำไม่เกิน 20 kV/cm (ข) แบบแรงดันไฟฟ้าสูง 50-65 kV/cm

สรุปผลการทดลอง

การออกแบบชุดกำเนิดและปลดปล่อยสนามไฟฟ้าของเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าความเข้มสูงเป็นตัวแปรสำคัญในการผลิตสนามไฟฟ้าให้ได้แรงดันต่ำหรือสูงเพื่อใช้ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ โดยเครื่องปล่อยสนามไฟฟ้าแบบแรงดันไฟฟ้าสูงมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อดีกว่าแบบแรงดันไฟฟ้าต่ำ เมื่อจำนวนครั้งในการปล่อยสนามไฟฟ้ามากขึ้นจะสามารถฆ่าเชื้อได้เพิ่มขึ้น โดยสามารถทำลายแบคทีเรียแกรมลบได้ดีกว่าแกรมบวก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนสนับสนุนงานวิชาการ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปี 2550

เอกสารอ้างอิง

Barbosa-canovas, G.V., U.R. Pothakamury, E. Palou and B.G. Swanson. 1998. **Non-Thermal preservation of food**. Marcel Dekker, Inc.: New York.

Benz, R. and U. Zimmermann, 1981. The sealing process of lipid bilayers after reversible electric breakdoen. **Biochimica and Biophysica Acta**. 169-178.

Fox, M.B., D.C. Esveld, H. Mastwijk, R.M. Boom. 2007. **Inactivation of *L. plantarum* in a PEF microreactor the effect of pulse width and temperature on the inactivation**. Innovative Food Science & Emerging Technologies.

Jia, M., Q.H. Zhang, and D.B. Min,. 1999. Pulsed electric field processing effects on flavour compounds and microorganisms of orange juice. **Food chemistry.** 65: 445-451.

Pothakamury, U.R., A. Monsalve-Gonzalez, V. Barbosa-Canovas and B.G. Swanson. 1995. Inactivation of *Eschearichia coli* and *Staphylococcus aureus* in model food by pulsed electric field technology. **Food Research International**. 28: 167-171.

Zhao, W., R., Yang, R. Lu, M. Wang, P. Qian and W. Yang. 2007. Effect of PEF on microbial inactivation and physical-chemical properties of green tea extracts. **Food Science and Technology.**

เครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าแบบใช้ลมร้อนจากขดลวดความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์

Banana Dryer by Using Hot Air from Electric Heater Combined with Solar Collector

ไพโรจน์ จันทร์แก้ว อภิรักษ์ ขัดวิลาศ และชาตรี ศรีถาวร

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 63000

E-mail: phairoac@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และหาสมรรถนะเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าแบบใช้ลมร้อนจากขดลวดความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วยห้องอบแห้งมีขนาด 0.7×1.5×0.6 ลูกบาศก์เมตร ถาด จำนวน 12 ถาด ขดลวดความร้อนขนาด 1,500 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ใช้ท่อพีวีซี เป็นตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ และใช้หม้อน้ำรถยนต์เป็นอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนให้กับลมร้อนสำหรับอบแห้ง ระบบควบคุมอุณหภูมิประกอบด้วย ชุดควบคุมอุณหภูมิ 2 ตัว โดยใช้ควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อนและปั๊มน้ำ และส่วนของระบบไหลวนอากาศใช้พัดลมแบบแรงเหวี่ยงขนาด 1/3 แรงม้า การทดสอบ สมรรถนะแบ่งออกเป็น 2 การทดสอบ คือ การทดสอบที่หนึ่ง เปรียบเทียบการประหยัดพลังงานระหว่างการอบแห้งโดยใช้ขดลวดความร้อนอย่างเดียว และอบแห้งโดยใช้ขดลวดความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ที่สภาวะอุณหภูมิก่อนเข้าห้องอบแห้ง 60°ซ ความเร็วลมก่อนเข้าห้องอบแห้ง 0.6 เมตรต่อวินาที กล้วยน้ำว้า 19.4 กิโลกรัม มีความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 244 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง อบแห้งจนมีความชื้นสุดท้าย 89.3 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ระบบอากาศหมุนเวียนปล่อยอากาศออกนอกระบบทิ้ง 10 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการอบแห้ง 11 ชั่วโมง พบว่า การอบโดยใช้พลังงานความร้อนจากขดลวดความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีอาทิตย์ สามารถประหยัดพลังงานได้ 57.7 เปอร์เซ็นต์ และการทดสอบที่สอง ทำการทดสอบอบแห้งกล้วยน้ำว้าตามภูมิปัญญาชาวบ้าน โดยใช้ขดลวดความร้อนอย่างเดียว อุณหภูมิก่อนเข้าห้องอบแห้ง 60°ซ กล้วยน้ำว้า 23.7 กิโลกรัม อบแห้งจากความชื้นเริ่มต้น 277.14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง จนถึงความชื้นสุดท้าย 52.8 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง และระบบอากาศหมุนเวียนปล่อยอากาศออกนอกระบบทิ้ง 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ใช้เวลาในการอบแห้ง 21 ชั่วโมง อัตราการอบแห้ง 0.66 กิโลกรัมน้ำต่อชั่วโมง และอัตราความสิ้นเปลืองพลังงาน 0.64 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

คำสำคัญ: การอบแห้ง กล้วยน้ำว้า ตัวรับรังสี

Abstract

The objectives of this research were to design, to build and to test performance of the banana dryer using hot air from electric heater combined with solar collector. The dryer developed in this research consisted of a cabinet with a dimension of 0.7x1.5x0.6 m^3, capable to hold 12 trays, two heaters, a solar collector made from PVC pipes and a heat exchanger by using a radiator. A temperature controller composed of 2 systems, e.g., set of temperature heater control and water pump for solar collector control. The circulation air system was performed by 1/3 HP blower. A Performance test of the dryer were conducted for 2 purposes. The first test compared energy saving between using only heater and water combined with solar collector. The inlet air temperature at 60°C, with velocity at 0.6 m/s, initial moisture content of 19.4 kg bananas at 244% dry basis, last moisture content at 89.3% dry basis, air circulation at 10% and 11 hour of drying. It was found that drying by using electric heaters combined with solar collector could save energy for 57.7%. The final experiment was tested using folk wisdom integrated heater . The test set inlet air temperature at 60°C, initial moisture content of 23.7 kg bananas at 277.14% dry basis, last moisture content at 52.8% dry basis and air circulation at 10%. It was found that the drying time, drying rate and specific moisture extraction rate were 21 hour, 0.66 kg_{water}/h and 0.64 kg_{water}/kW-h, respectively.

Key words: drying, bananas, solar, collector

คำนำ

กล้วยน้ำว้า พบได้ทุกภาคของไทย ลักษณะทั่วไปลำต้นสูงไม่เกิน 3.5 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร เครือหนึ่งมีประมาณ 7-10 หวี เมื่อสุกเปลือกมีสีเหลือง เนื้อขาว ผลใช้รับประทานสด และแปรรูป กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู (2550) กล่าวว่า ส่วนหนึ่งนิยมแปรรูปคือ ผลิตภัณฑ์กล้วยตาก ซึ่งเมื่อกล้วยสุกได้ที่แล้ว ปอกเปลือก ลอกเส้นใยกล้วยออกให้หมด และใช้มีดตัดปลายลูกเล็กน้อย ป้องกันไม่ให้เกิดสีดำ จุ่มน้ำเกลือแล้วเรียงบนตะแกรง ตากในที่อบพลังแสงอาทิตย์ ซึ่งคลุมด้านบนด้วยพลาสติกแผ่นใหญ่ สามารถปิดกันฝุ่นและแมลงได้ ตกเย็นเก็บรวบรวมกล้วยที่ตากไว้ด้วยกัน ห่อด้วยพลาสติกขนาดใหญ่ เพื่อให้ความร้อนจากกล้วยระอุต่อไป รุ่งเช้าจึงนำไปตากใหม่ ทำเช่นนี้ 6 วัน ก็จะได้กล้วยตากที่มีรูปทรงเป็นแท่งกลมๆ ด้วยวิธีการนี้จะไม่ต้องเสียเวลาในการกลับกล้วยเลย ถ้าต้องการกล้วยแบบผิวเรียบ หลังจากตากได้ 4 วัน ใช้มือคลึงกล้วย บีบให้แบน ตากต่อไปอีก 2 วัน แล้วบรรจุภาชนะแบบต่างๆ ในปริมาณต่างๆ กันตามลักษณะตลาดที่จัดส่ง ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อกล้วยสุกงอมเมื่อยามฝนตก แดดไม่ออกทำให้กล้วยที่กำลังตากแห้ง เกิดเชื้อรา เน่าเสียต้องทิ้งทั้งหมด วิทยาลัยพลังงานทดแทน ได้ทำการวิจัยเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ลักษะต่างๆ เช่น เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์อยู่กับที่เสริมด้วยแหล่งพลังงานอื่น ดังนี้เสริมด้วยขดลวดความร้อน เสริมโดยเตาก๊าซซิฟายเออร์ และเสริมด้วยก๊าซชีวมวล

ส่วนผลการทดสอบการอบแห้งวัสดุไม่มีข้อมูลมากนัก Clement and Castaigne (2004) ได้ศึกษาการอบแห้งกล้วยสุกบนถาดอลูมินียมโดยทดสอบอุณหภูมิที่ 45-90°ซ พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้งและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งคือ อุณหภูมิที่ใช้สูงเวลาการอบแห้งจะลดลง ส่วนความเร็วลมสูงจะมีผลในช่วงแรกอัตราการอบแห้งจะสูง แต่เมื่อกล้วยเริ่มแห้งจะไม่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง ดังนั้นความเร็วลมไม่มีผลต่อการอบแห้ง วุฒิชัย (2550) ได้ศึกษาลักษณะของกล้วยที่ตรงตามความนิยมของผู้บริโภค และมีความสะอาดปลอดภัยดังนี้ ลักษณะกล้วยตากที่นิยมบริโภคต้องสีน้ำตาลทอง สีเข้ม ไม่เหนียวติดมือ รูปร่างสม่ำเสมอ ไม่เหี่ยว ไม่เบี้ยว ไม่มีรอยด่าง หวานธรรมชาติ ไม่หวานแหลม ไม่ฝาด กลิ่นหอมของกล้วยธรรมชาติ กลิ่นน้ำผึ้ง กล้วยแบน ลูกใหญ่ ชุ่มฉ่ำ เหนียวนุ่ม ไม่แข็งมาก ไม่ติดฟัน บรรจุภัณฑ์ดูดี มีโลโก้ยี่ห้อ ส่วนกล้วยตากที่ไม่นิยมบริโภคมีลักษณะกลิ่นหมัก กลิ่นแอลกอฮอล์ มีเกล็ดน้ำตาลหุ้ม (เหมือนเก็บไว้นาน) กลิ่นอับ (กลิ่นกล้วยเก่า) กลิ่นหืน จุดสีขาว (จากเชื้อรา) มีน้ำเยิ้มติดบรรจุภัณฑ์ ผิวแห้ง เนื้อแน่นแข็ง มีกลิ่นควันไฟและสีน้ำตาลเข้มถึงดำ

ดังนั้นมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าแบบใช้ลมร้อนจากขดลวดความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย ราคาไม่แพง ต้นทุนต่ำเหมาะสำหรับชุมชน และชาวบ้านสามารถใช้งานได้สะดวก

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าแบบใช้ลมร้อนจากลมร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์

จากปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อกล้วยสุกงอมเมื่อยามฝนตก แดดไม่ออกทำให้กล้วยที่กำลังตากแห้ง เกิดเชื้อรา เน่าเสียต้องทิ้งทั้งหมด เครื่องอบแห้งที่ออกแบบสามารถแก้ปัญหาได้ โดยมีจุดเด่นของเครื่องอบแห้งคือการนำความร้อนที่ผ่านการอบแห้งวนกลับมาใช้โดยปล่อยอากาศทิ้งออกนอกระบบ 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อลดความชื้นออกจากกระแสอากาศร้อน แต่เมื่อมีแสงแดดเพียงพอก็จะใช้ตัวรับรังสีอาทิตย์เสริมโดย ระบบควบคุมอุณหภูมิ จะต่อให้วงจรปั๊มน้ำทำงาน ส่งผลให้น้ำร้อนจากตัวรับรังสีอาทิตย์ไหลเวียนมายังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในห้องอบแห้ง ทำให้ลดการทำงานของขดลวดความร้อน

เงื่อนไขการออกแบบและทดสอบสมรรถนะ คือ

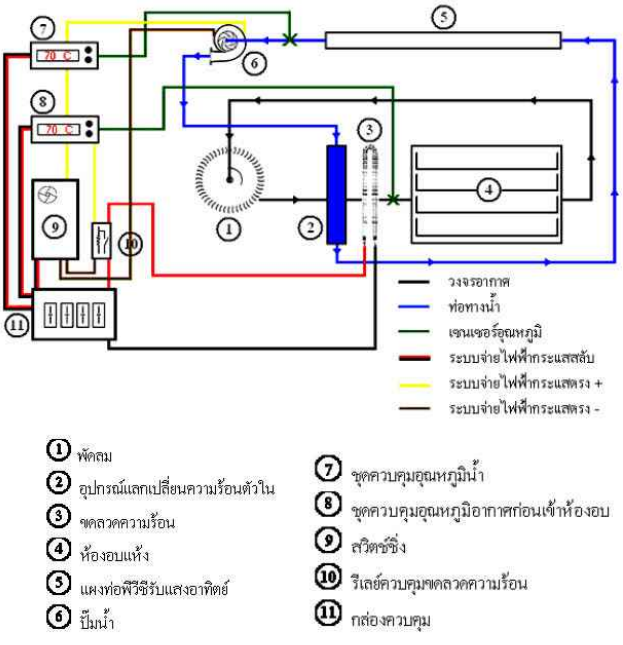
- สามารถอบกล้วยจำนวน 23-25 กิโลกรัม
- สามารถทำอุณหภูมิได้สูงสุด 60°ซ (วุฒิชัย, 2550)
- ความเร็วลมก่อนเข้าห้องอบแห้ง 0.6 เมตรต่อวินาที
- อุณหภูมิอากาศเริ่มต้นเท่ากับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 35°ซ
- ใช้ขดลวดความร้อนเป็นอุปกรณ์หลักเสริมความร้อนด้วยตัวรับรังสีแสงอาทิตย์
- มีระบบควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อน และระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ

รูปแบบการออกแบบเครื่องอบแห้ง

จากเงื่อนไขการออกแบบสภาวะเริ่มต้นระบบอบแห้งจะต้องใช้ความร้อนสูงเนื่องจากมีน้ำอยู่ในผลิตภัณฑ์สูงและส่วนหนึ่งต้องเพิ่มอุณหภูมิในห้องอบซึ่งเท่ากับสภาวะแวดล้อมภายนอก แต่เมื่อทำการ

อบแห้งไประยะหนึ่งจะทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์น้อยลงซึ่งเป็นผลให้การใช้ความร้อนน้อยลงตามไปด้วย ดังนั้นจึงมีวงจรควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในห้องอบแห้งโดยใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิมาควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อน และในส่วนวงจรแลกเปลี่ยนความร้อนจากแสงอาทิตย์จะแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนตัวรับรังสีอาทิตย์ และส่วนที่ระบายความร้อนให้กับอากาศในห้องอบแห้ง โดยมีน้ำเป็นตัวพาความร้อน ASHRAE (2001) ในการเลือกใช้ขนาดของพัดลมหรือปั๊มน้ำนั้น จะขึ้นอยู่กับการเลือกอัตราการไหลของของไหล และการสูญเสียความดันในระบบท่อทางที่ออกแบบใช้งาน ซึ่งจะมีการสูญเสียความดันหลัก คือการสูญความดันในท่อตรง และการสูญเสียรองซึ่งจะเป็นการสูญเสียจากการลดขนาดท่อทาง เพิ่มขนาดท่อทาง การใช้วาล์ว ข้อต่อ ข้องอ ข้อลด เป็นต้น ทั้งนี้ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงเมื่อมีการออกแบบระบบท่อทางของของไหล

ในวงจรควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำซึ่งจะทำงานเมื่ออุณหภูมิน้ำในส่วนตัวรับรังสีอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศร้อนในห้องอบแห้ง และในส่วนวงจรอากาศจะปล่อยอากาศทิ้งออกนอกระบบ 10% วงจรการทำงานดังภาพที่ 1

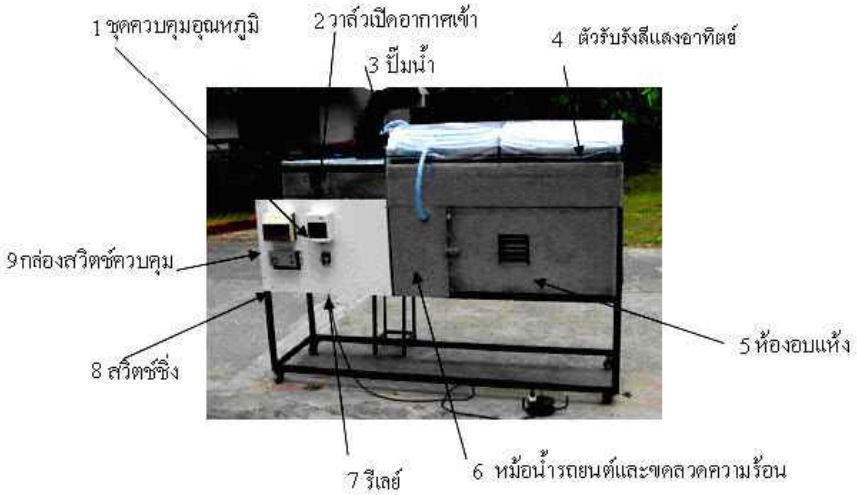


ภาพที่ 1 วงจรน้ำและวงจรอากาศของเครื่องอบแห้ง

ลักษณะเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าแบบใช้ลมร้อนจากลมร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ที่ออกแบบตามเงื่อนไขข้างต้นประกอบด้วย ห้องอบแห้งมีขนาด 0.7x1.5x0.6 ลูกบาศก์เมตร มีถาด จำนวน 12 ถาด ใช้ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ทำจากท่อน้ำพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.03 เมตร ยาว 25 เมตร ใช้น้ำเป็นตัว

พาความร้อนตามภาพที่ 2 ใช้หม้อน้ำรถยนต์ขนาด กว้าง×ยาว (50 เซนติเมตรx50 เซนติเมตร) ซึ่งมีพื้นที่ถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 4.225 ตารางเมตร ใช้ปั๊มน้ำที่มีขายตามท้องตลาดโดยใช้ไฟฟ้า DC 24 โวลต์ 3 แอมป์ 72 วัตต์ 3,200 รอบ/นาที ใช้ขดลวดความร้อนขนาด 1,500 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิ 2 ชุด เพื่อควบคุมอุณหภูมิห้องอบแห้งและควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ และใช้พัดลมแบบแรงเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งหน้าขนาด 1/3 แรงม้า เพื่อให้อากาศไหลวนในระบบตามภาพที่ 3

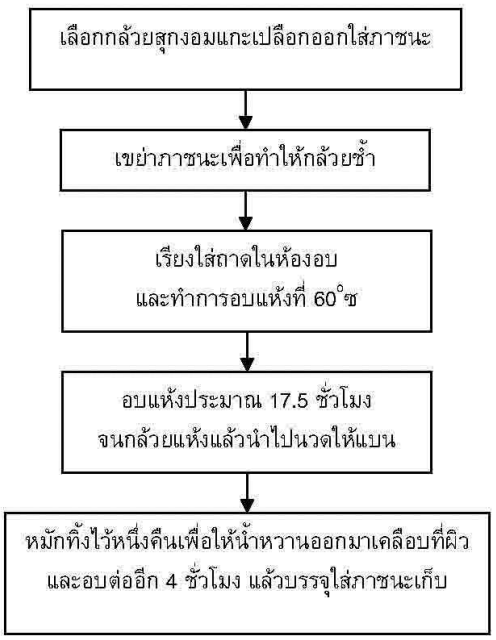
ภาพที่ 2 ตัวรับรังสีอาทิตย์



ภาพที่ 3 เครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าแบบใช้ลมร้อนจากขดลวดความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์

ขั้นตอนการทำกล้วยน้ำว้าอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าแบบใช้ลมร้อนจากขดลวดความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์

ขั้นตอนการทำกล้วยน้ำว้าอบแห้งใช้หลักการตามภูมิปัญญาชาวบ้าน หมู่บ้านใหม่ ต.ท้องฟ้า อ.บ้านตาก จ.ตาก มีขั้นตอนคือ เริ่มต้นด้วยการแกะเปลือกกล้วยใส่ภาชนะเช่นหม้อ หรือถาดจากนั้นเขย่าให้ผลช้ำ เรียงลงบนแผงสำหรับตาก นำไปตากแดดประมาณ 5-7 แดด ทั้งนี้ขึ้นกับความร้อนจากแสงแดดที่ส่องมายังแผงตากกล้วย โดยตอนเช้านำมาตากแดด ตอนเย็นก็เก็บใส่ภาชนะไว้ ซึ่งถือว่าเป็นการหมักกล้วยทำให้น้ำหวานลักษณะคล้ายน้ำผึ้งซึมออกจากผลกล้วยเคลือบอยู่ที่ผิวกล้วยและไหลไปรวมด้านล่างของภาชนะ สังเกตประมาณ 4-5 แดด หากผลเริ่มแห้งจับด้วยมือเปล่าไม่อ่อนก็นำมานวดให้แบนหลังจากนั้นนำมาตากอีกประมาณ 2-3 แดด เก็บใส่บรรจุภัณฑ์ตามตลาดที่จะนำไปจำหน่าย ส่วนความชื้นในเนื้อกล้วยมีผลต่อความเหนียวของเนื้อกล้วยที่รับประทาน (ความชื้นน้อยเกินไปจะเหนียวและแข็ง จากการทดสอบความชื้นที่มีขายในท้องตลาดจะอยู่ประมาณ 51-82 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง) การทำกล้วยตากสีของกล้วยตากที่ดีต้องเป็นสีน้ำตาลอ่อนที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด หากเก็บใส่บรรจุภัณฑ์ทิ้งไว้นานสีของกล้วยตากจะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บ ในการทำกล้วยตากแต่ละแห่งจะมีขบวนการทำแตกต่างกันไปเพื่อให้ได้กล้วยน้ำว้าอบแห้งที่หวานและมีน้ำหวานเคลือบเหมือนกับใส่น้ำผึ้งลงไป ดังนั้นจึงพัฒนากระบวนการเพื่อมาใช้กับเครื่องอบแห้งที่ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการทำกล้วยน้ำว้าอบแห้ง

วิธีการทดสอบ

ในการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าแบบใช้ลมร้อนจากขดลวดความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ได้ออกแบบการทดสอบ 2 ลักษณะ

1) เปรียบเทียบอัตราความสิ้นเปลืองพลังงานระหว่างการใช้ขดลวดความร้อนอย่างเดียวโดยเครื่องอบแห้งวางอยู่ในที่ร่ม และการใช้ขดลวดความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ โดยวางเครื่องอบแห้งบริเวณที่มีแสงแดด แล้วนำกล้วยน้ำว้าจำนวน 19.4 กิโลกรัม มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 244 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง มาทดสอบโดยทำการอบแห้งจนมีความชื้นสุดท้าย 89.3 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง โดยที่อุณหภูมิก่อนเข้าห้องอบแห้ง 60°ซ ความเร็วลมก่อนเข้าห้องอบแห้ง 0.6 เมตรต่อวินาที ระบบอากาศหมุนเวียนปล่อยอากาศออกนอกระบบทิ้ง 10 เปอร์เซ็นต์ หมายถึง อากาศร้อนชื้นที่ออกจากห้องอบแห้งไหลวนกลับมาใช้ใหม่ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยมาผสมกับอากาศภายนอกอีก 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อชดเชยอากาศในส่วนที่ปล่อยทิ้ง และใช้เวลาอบแห้ง 11 ชั่วโมง ทำการเก็บข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาสมรรถนะ

2) อบแห้งกล้วยน้ำว้าตามภูมิปัญญาชาวบ้าน ชาวหมู่บ้านใหม่ ต.ท้องฟ้า อ.บ้านตาก จ.ตาก ตามขบวนการในภาพที่ 4 โดยใช้ขดลวดความร้อนอย่างเดียว และเครื่องอบแห้งวางอยู่ในที่ร่ม อุณหภูมิก่อนเข้าห้องอบแห้ง 60°ซ กล้วยน้ำว้า 23.7 กิโลกรัม อบแห้งจากความชื้นเริ่มต้น 277.14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง จนถึงความชื้นสุดท้าย 52.8 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ระบบอากาศหมุนเวียนปล่อยอากาศออกนอกระบบทิ้ง 10 เปอร์เซ็นต์ และเก็บข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลมาหาสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง

การวิเคราะห์ข้อมูลสมรรถนะเครื่องอบแห้ง

อัตราการอบแห้ง (Drying rate, DR)

DR = (ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุ)/(ระยะเวลาอบแห้ง), (หน่วย: กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง)

ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของระบบอบแห้ง (Energy effectiveness) กำหนดได้ด้วยค่า Specific moisture extraction rate (SMER) ดังนี้

SMER = (ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุ)/(ปริมาณพลังงานที่ใช้), (หน่วย: กิโลกรัมน้ำ/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

การประหยัดพลังงานไฟฟ้า

อัตราการใช้ไฟฟ้าเทียบกับการอบแห้งโดยใช้ขดลวดความร้อน อย่างเดียว

ผลการทดลอง

เปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องอบแห้งระหว่างการใช้ขดลวดความร้อนอย่างเดียว และแบบใช้ขดลวดความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์

จากตารางที่ 1 พบว่า เมื่อควบคุมสภาวะการอบแห้งเหมือนกัน วิธีการใช้ขดลวดความร้อนอย่างเดียวใช้ไฟฟ้า 23.4 กิโลวัตต์-ชั่วโมงและพัดลมหมุนเวียนอากาศใช้ไฟฟ้า 8.45 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ส่วนการอบแห้งโดยใช้ขดลวดความร้อน ร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ขดลวดความร้อนใช้ไฟฟ้า 5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง พัดลมหมุนเวียนอากาศใช้ไฟฟ้า 8.45 กิโลวัตต์-ชั่วโมงและปั๊มน้ำใช้ฟ้า 0.0079 กิโลวัตต์-ชั่วโมง สามารถประหยัดพลังงานฟ้า 57.7 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีความร้อนจากแสงอาทิตย์เสริมจึงทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ แต่เนื่องจากในการทดสอบได้นำอากาศร้อนบางส่วน 90 เปอร์เซ็นต์ ย้อนกลับมาใช้ใหม่ก็สามารถลดพลังงานไฟฟ้าลงไปอีกมากเช่นกันอีกทั้งยังสามารถเพิ่มอุณหภูมิอากาศได้ถึง 60°ซ ได้อย่างรวดเร็วรายละเอียดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมรรถนะของเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าแบบใช้ลมร้อนจากขดลวดความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ โดยอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าห้องอบแห้ง 60°ซ นำอากาศร้อนย้อนกลับมาใช้ใหม่ 90 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาอบแห้ง 11 ชั่วโมง

วิธีการอบแห้ง[1/]	น้ำหนักกล้วย (กก.)		ความชื้น (%มาตรฐานแห้ง)		อัตราการอบแห้ง (กก.น้ำ/ชม.)	ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (กก.น้ำ/กิโลวัตต์-ชม.)	การประหยัดพลังงานไฟฟ้า[2/] (%)
	เริ่มต้น	สุดท้าย	เริ่มต้น	สุดท้าย			
วิธีการที่ 1	19.4	9.2	244	89.3	0.927	0.320	-
วิธีการที่ 2	19.4	9.0	244	86.3	0.945	0.772	57.7

[1/] วิธีการที่ 1 = ขดลวดความร้อนอย่างเดียว; วิธีการที่ 2 = ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อน

[2/] การประหยัดพลังงานเปรียบเทียบกับการอบแห้งโดยใช้ขดลวดความร้อนอย่างเดียว

การอบแห้งตามภูมิปัญญาชาวบ้าน ชาวหมู่บ้านใหม่ ต.ท้องฟ้า อ.บ้านตาก จ.ตาก

โดยใช้ขดลวดความร้อนอย่างเดียว และเครื่องอบแห้งวางอยู่ในที่ร่ม อุณหภูมิก่อนเข้าห้องอบแห้ง 60°ซ กล้วยน้ำว้า 23.7 กิโลกรัม อบแห้งจากความชื้นเริ่มต้น 277.14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งจนถึงความชื้นสุดท้าย 52.8 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง พบว่า ใช้เวลาในการอบแห้ง 21 ชั่วโมง อัตราการอบแห้ง 0.66 กิโลกรัมน้ำต่อชั่วโมง และอัตราความสิ้นเปลืองพลังงาน 0.64 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งประมวลรูปในแต่ละขั้นตอนตามภาพที่ 5

ภาพที่ 5 กล้วยอบแห้ง แต่ละขั้นตอน

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการออกแบบเครื่องอบแห้ง ในระบบการทำงานสามารถอบแห้งกล้วยตากในช่วงฝนตกได้และกรณีมีแสงแดดก็สามารถลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าลงได้ ส่วนระยะเวลาการอบแห้งนั้นเนื่องจากควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 60°ซ ดังนั้นระยะเวลาการอบแห้งขึ้นอยู่กับสูตรการอบแห้งของแต่ละท้องถิ่น ซึ่งหากต้องการอ่อนนุ่มก็ใช้เวลาการอบแห้งน้อย ซึ่งจากการทดสอบใช้เวลา 21 ชั่วโมง ส่วนในการอบแห้งไม่ชุบน้ำผึ้ง แต่จะอาศัยน้ำหวานจากกล้วยเองจากการเขย่าให้ช้ำก่อนเริ่มการอบแห้ง และการหมักหลังจากการนวดแบน ซึ่งหากใช้เวลาอบแห้งมาก กล้วยอบแห้งจะแข็ง และสีจะออกน้ำตาลเข้ม ข้อเสนอแนะ ถ้าผู้ผลิตกล้วยอบแห้งต้องการจะลดเวลาการอบแห้ง ต้องตั้งค่าอุณหภูมิก่อนเข้าห้องอบแห้งให้สูงขึ้นทั้งนี้กล้วยอบแห้งจะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น หรือถ้าต้องการประหยัดในด้านพลังงานโดยทำการอบแห้งอย่างต่อเนื่อง และไม่ต้องการรอรังสีแสงอาทิตย์ ควรออกแบบระบบเตาเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล เช่น แกลบ เศษใบไม้ หรือกิ่งไม้ นำมาเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำ และออกแบบระบบส่งน้ำร้อนไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในห้องอบแห้งจะสะดวกกว่าการใช้ตัวรับรังสีอาทิตย์ ปัญหาที่ควรระวัง คือ ปั๊มน้ำร้อน หากใช้มอเตอร์ส่งกำลังควรแยกชิ้นส่วนระหว่างปั๊มน้ำกับมอเตอร์ เพราะว่าเมื่อมอเตอร์ร้อนจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ลดลง

สรุปผลการทดลอง

ในการอบแห้งมีนักวิจัยหลายท่านที่ทำงานวิจัยทั้งด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้ง และด้านตัวเครื่องอบแห้ง สำหรับงานวิจัยนี้ได้เสนอผลการทดสอบที่ได้จากผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าอบแห้งอย่างเดียว แต่เครื่องอบแห้งที่ได้ออกแบบ สามารถนำไปประยุกต์ใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอื่นได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ที่สนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ประจำปีการศึกษา 2551

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู. 2550. **ขั้นตอนการทำกล้วยตากโดยใช้แสงแดดธรรมชาติ.** จาก *http://www.doae.go.th/product/banana/banana2.htm* [25พฤษภาคม 2550].

วุฒิชัย โหวธีระกุล. 2550. **การเปรียบเทียบสีของกล้วยน้ำว้าอบแห้ง.** จาก *http://gotoknow.org/blog/dried-banana/134600* [25 พฤษภาคม 2550].

วิทยาลัยพลังงานทดแทน. 2548. **เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ก้าวใหม่สู่ภาคอุตสาหกรรม.** เอกสารประกอบการสัมมนา มหาวิทยาลัยนเรศวร: พิษณุโลก.

Clement, K.S. and F. Castaigne. 2004. **Foaming and drying behavior of ripe banana**. Lebensm-Wiss.u.-Technol. pp. 517-525.

ASHRAE. 2001. **Hand Book of Fundamental**. American Society of Heat, Refrigeration, and Air-Condition Engineers. Atlanta, Ga.

พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ของเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่

Consumers' Behaviors and Needs for Products of Organic Agricultural Producers' Special Market Network, Chiangmai Province

จำเนียร บุญมาก

สาขาวิชาการตลาด คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

E-mail: jamnian@mju.ac.th

บทคัดย่อ

พฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ของเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ส่วนใหญ่ซื้อสัปดาห์ละ 1 ครั้ง นิยมซื้อที่กาดนัดเกษตรอินทรีย์เจเจ และซื้อประเภทผลไม้ ส่วนใหญ่เดินทางไปซื้อเพียงคนเดียว ทำให้ตัดสินใจซื้อได้ด้วยตัวเอง มักจะซื้อครั้งละ 10-100 บาท โดยซื้อเพื่อนำไปประกอบอาหารหรือรับประทานเองและให้เหตุผลในการซื้อ คือ ทำให้สุขภาพร่างกายแข็งแรง ส่วนความต้องการทางด้านการตลาดของผู้บริโภค พบว่า ส่วนใหญ่ต้องการให้มีตรารับรองมาตรฐาน/ปลอดสารพิษ การกำหนดราคาเหมาะสมกับคุณภาพ สถานที่จัดจำหน่ายหาง่ายและสะดวกต่อการเดินทาง และต้องการให้มีการรณรงค์และประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ให้กับผู้บริโภคทั่วไป

คำสำคัญ: พฤติกรรม ความต้องการ เครือข่ายกาดนัด เกษตรอินทรีย์

Abstract

Results of the study revealed that most of the respondents purchased the products at the special market networks once a week and they preferred to purchase the products at JJ organic agricultural product special market. Fruits were found to be purchased most. Most of the respondents went to the special markets alone, which made them be able to make decisions in purchasing by themselves. They spent around 10-100 Baht on the purchase of products each time. The purposes of purchasing products were to cook at home and they reasoned that this made them be physically healthy. In the case of the respondents' marketing needs toward the products of organic agricultural producers' special market network, it was found that most of them needed the products to have a standard/free-toxin assurance label. Besides, they stated that the price determination should conform to the quality of the products. The market place should be easily accessible and convenient for transportation. Lastly, they would like to hear about the campaign or public relations on organic agricultural products to general consumers.

Key words: behavior, needs, special market network, organic agriculture

คำนำ

สหกรณ์เกษตรอินทรีย์เชียงใหม่จำกัด ตั้งขึ้นเนื่องจากบทเรียนของเกษตรกรที่ได้รับการทำการเกษตรในระบบแผนใหม่ หรือเกษตรเชิงเดี่ยวที่เน้นปริมาณของผลผลิตเพื่อการส่งออก ซึ่งต้องพึ่งพิงปัจจัยการผลิตภายนอกไร่นาและชุมชน เช่น ปุ๋ยเคมี สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลง วัชพืช เน้นการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย เกษตรกรต้องใช้ต้นทุนในการผลิตสูง และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรยากจน มีหนี้สินเพิ่มขึ้น สุขภาพร่างกายทรุดโทรมจากการทำงานหนักและพิษภัยของสารเคมี สิ่งแวดล้อมถูกทำลาย อาหารกลายเป็นแหล่งสะสมของสารพิษ โดยมีวัตถุประสงค์ของสหกรณ์ฯ เพื่อส่งเสริมและหนุนช่วยผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ และสังคมของสมาชิก โดยวิธีช่วยตนเองและช่วยเหลือซึ่งกันและกันตามหลักสหกรณ์

การดำเนินงานของสหกรณ์ ประกอบด้วยคณะกรรมการดำเนินการสหกรณ์ จำนวน 15 คน ซึ่งเป็นตัวแทนจากแต่ละพื้นที่ของสหกรณ์ มีการจัดซื้อผลผลิตจากสมาชิก ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากองค์กรพัฒนาเอกชน จำนวน 2 โครงการ คือ โครงการอาหารเชียงใหม่ปลอดภัย ภาคการผลิต แผนงานเกษตรอินทรีย์ และโครงการจัดตั้งธนาคารพันธุกรรมพื้นบ้านที่เอื้อต่อเกษตรกรรมยั่งยืน (สหกรณ์เกษตรอินทรีย์เชียงใหม่ จำกัด, ม.ป.ป)

นอกจากนี้สหกรณ์ฯ ยังมีการดำเนินการที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การบริหารจัดการเรื่องตลาดนัดเพื่อจัดขายผลผลิตของสมาชิก ซึ่งปัจจุบันมีตลาดที่ทางสหกรณ์ได้ส่งเสริมและดูแลทั้งหมด 6 แห่ง คือ กาดนัดเกษตรอินทรีย์ในโรงเรียนดาราวิทยาลัย กาดนัดเกษตรอินทรีย์ในโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย กาดนัดเกษตรอินทรีย์เจเจ กาดนัดเกษตรอินทรีย์ในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ กาดนัดเกษตรอินทรีย์ในหมู่บ้านแลนด์แอนด์เฮ้าส์ และกาดนัดเกษตรอินทรีย์ในโรงพยาบาลนครพิงค์

สำหรับการบริหารจัดการเรื่องตลาดนัด ทางสหกรณ์ฯ จะให้สมาชิกที่ต้องการจำหน่ายผลผลิตตามตลาดต่างๆ ข้างต้น รวมตัวกันเป็นเครือข่ายเรียกว่า “เครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่” เพื่อช่วยกันบริหารจัดการเรื่องตลาดนัดของสมาชิกภายในเครือข่าย ปัจจุบันเครือข่ายฯ มีสมาชิกทั้งหมด 78 ราย เป็นสมาชิกที่มาจากอำเภอต่างๆ ในจังหวัดเชียงใหม่ ทั้งหมด 5 อำเภอ ได้แก่ อำเภอพร้าว อำเภอแม่แตง อำเภอดอยสะเก็ด อำเภอสันกำแพง และอำเภอสะเมิง ส่วนรูปแบบการบริหารจัดการเรื่องตลาดนัดอาศัยเวทีการประชุมของเครือข่าย มีการประชุมเครือข่ายทุก 2 เดือน เพื่อรับทราบถึงผลการดำเนินงาน การกำหนดราคาขาย ปัญหาและอุปสรรค และแนวทางการแก้ไขต่างๆ

อย่างไรก็ตามการบริหารจัดการเรื่องตลาดนัดของเครือข่ายฯ พบว่ามีปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นมากมาย ซึ่งผลจากการประชุมใหญ่สามัญกาดนัดเกษตรอินทรีย์เชียงใหม่ ครั้งที่ 4 เมื่อวันที่ 6 กรกฎาคม 2549 และจากการประชุมเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2550 สถาบันชุมชนเกษตรกรรมยั่งยืน อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ได้สรุปปัญหาของเครือข่ายตลาดนัดฯ ไว้ดังนี้ ผลผลิตมีคุณภาพที่แตกต่างกัน ผู้บริโภคไม่เข้าใจในการบริโภคอาหารตามฤดูกาล การใช้กฎระเบียบของกาดนัดไม่เข้มงวดเหมือนกันทุกที่ การประชาสัมพันธ์ที่ผ่านมาไม่ค่อยได้ผล มีพ่อค้านอกกลุ่มเข้ามาขายร่วมในตลาด การกำหนดช่วงเวลาในการขายของเกษตรอินทรีย์แต่ละกลุ่มไม่เหมาะสม ขาดการวางแผนการตลาดทำให้ผลผลิตบางครั้งไม่พอขาย เป็นต้น ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าวทำให้นักวิจัยสนใจที่จะศึกษาถึงพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ของเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ รวมทั้งศึกษาถึงปัญหาและ

อุปสรรคของผู้บริโภคในการซื้อผลิตภัณฑ์จากเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อจะทำให้สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางด้านการตลาดของเครือข่ายฯ ให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างถูกต้องและทันท่วงที ก่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการดำเนินงานอย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ผู้ซื้อผลิตภัณฑ์ของเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ จากตลาดนัดทั้ง 6 แห่ง แต่เนื่องจากไม่สามารถทราบจำนวนประชากรที่แท้จริงได้ ดังนั้นเพื่อให้ได้จำนวนประชากรที่ใช้สำหรับการศึกษา ผู้วิจัยจึงได้อาศัยวิธีการสัมภาษณ์ผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์จากตลาดนัดทั้ง 6 แห่ง ภายใน 1 สัปดาห์ ทำให้ได้จำนวนประชากรทั้งสิ้น 780 ราย (ตารางที่ 1)

กลุ่มตัวอย่าง

ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่ 0.05 มีจำนวนทั้งสิ้น 260 ราย (บุญชม, 2541) และได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามสัดส่วนของประชากรในแต่ละตลาด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนของประชากรในแต่ละตลาด

สถานที่	จำนวนประชากร/สัปดาห์ (คน)	จำนวนตัวอย่าง (คน)
1. กาดนัดเกษตรอินทรีย์ในโรงเรียนดาราวิทยาลัย	100	33
2. กาดนัดเกษตรอินทรีย์ในโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย	80	26
3. กาดนัดเกษตรอินทรีย์เจเจ	250	83
4. กาดนัดเกษตรอินทรีย์ในมหาวิทยาลัยแม่โจ้	200	66
5. กาดนัดเกษตรอินทรีย์ในโรงพยาบาลนครพิงค์	100	33
6. กาดนัดเกษตรอินทรีย์ในหมู่บ้านแลนด์แอนด์เฮ้าส์	50	19
รวม	780	260

การสุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (cluster or area sampling) โดยแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มๆ ด้วยการใช้อาณาเขตของตลาดเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ตลาด จากนั้นทำ

การเลือกตัวอย่างเพื่อทำการสำรวจในแต่ละตลาด ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (accidental sampling) ให้ได้ตัวอย่างครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ในแต่ละตลาด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถาม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจะเก็บจากข้อมูล 2 ประเภท คือ

1. ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ดำเนินการรวบรวมข้อมูลจากการติดต่อ ประสานงาน และรวบรวมเอกสารต่างๆ เช่น เอกสารของเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ เอกสารของสหกรณ์เกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ จำกัด เอกสารของทางราชการ รายงานการวิจัย และบทความต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้กำหนดไว้โดยใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ ใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) รายงานผลเป็นการบรรยายประกอบการวิเคราะห์ และนำเสนอในลักษณะของตารางที่และแผนภาพ

2. การวิเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิ หลังจากได้รับข้อมูลแบบสอบถามแล้ว นำข้อมูลที่ได้รับมาตรวจสอบความสมบูรณ์ของคำตอบที่ได้รับ และนำมาจัดหมวดหมู่และวิเคราะห์หาค่าสถิติด้วยโปรแกรมทางสถิติ

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาเฉพาะตลาดนัดที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์ของเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 6 แห่ง คือ กาดนัดเกษตรอินทรีย์ในโรงเรียนดาราวิทยาลัย กาดนัดเกษตรอินทรีย์ในโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย กาดนัดเกษตรอินทรีย์เจเจ กาดนัดเกษตรอินทรีย์ในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ กาดนัดเกษตรอินทรีย์ในหมู่บ้านแลนด์แอนด์เฮ้าส์ และกาดนัดเกษตรอินทรีย์ในโรงพยาบาลนครพิงค์

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาดำเนินการวิจัยทั้งสิ้น 14 เดือน คือ ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2549 ถึงเดือนมกราคม 2551

ผลการศึกษาและสรุป

ตอนที่ 1 พฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ของเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่

การวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ของเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ สรุปว่า ส่วนใหญ่ซื้อผลิตภัณฑ์ของเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยนิยมซื้อผลิตภัณฑ์ที่กาดนัดเกษตรอินทรีย์เจเจ ส่วนใหญ่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ประเภทผลไม้ ได้แก่ กล้วย มะละกอ และฝรั่ง รองลงมาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ประเภทผัก ผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์ประเภทข้าว และผลิตภัณฑ์ประเภทแปรรูป ตามลำดับ ส่วนใหญ่เดินทางไปซื้อผลิตภัณฑ์เพียงคนเดียว ทำให้สามารถตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ได้ด้วยตนเอง มีค่าใช้จ่ายในการซื้อผลิตภัณฑ์โดยเฉลี่ยต่อครั้งประมาณ 10-100 บาท ซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปประกอบอาหารหรือรับประทานเอง โดยให้เหตุผลในการซื้อผลิตภัณฑ์ คือ ทำให้สุขภาพร่างกายแข็งแรง

ตอนที่ 2 ความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ของเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่

ความต้องการทางด้านการตลาดของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อผลิตภัณฑ์ของเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ ในแต่ละด้าน สรุปได้ดังนี้

ด้านผลิตภัณฑ์ พบว่า ส่วนใหญ่ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีตรารับรองมาตรฐาน/ปลอดสารพิษ ด้านราคา พบว่า ส่วนใหญ่ต้องการให้กำหนดราคาที่เหมาะสมกับคุณภาพผลิตภัณฑ์ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย พบว่า ส่วนใหญ่ต้องการให้มีสถานที่จัดจำหน่ายที่หาได้ง่ายและสะดวกต่อการเดินทาง และด้านการส่งเสริมการตลาด พบว่า ส่วนใหญ่ต้องการให้มีการรณรงค์และประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ให้กับผู้บริโภคทั่วไป

ตอนที่ 3 ปัญหาและอุปสรรคของผู้บริโภคในการซื้อผลิตภัณฑ์จากเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่

ปัญหาและอุปสรรคทางด้านการตลาดที่เกิดขึ้นกับผู้ซื้อผลิตภัณฑ์จากเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ ในภาพรวมแล้วมีปัญหาและอุปสรรคอยู่ในระดับ ปานกลาง และเมื่อพิจารณาในแต่ละด้านแล้ว สรุปได้ดังนี้

ด้านผลิตภัณฑ์ พบว่า มีปัญหาและอุปสรรคในระดับน้อยถึงปานกลาง ด้านราคา พบว่า ส่วนใหญ่มีปัญหาและอุปสรรคในระดับน้อย ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย พบว่า ส่วนใหญ่มีปัญหาและอุปสรรคในระดับปานกลาง และด้านการส่งเสริมการตลาด พบว่า มีปัญหาและอุปสรรคในระดับน้อยถึงปานกลาง

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยจะพบว่า ปัญหาและอุปสรรคทางด้านการตลาดที่เกิดขึ้นกับผู้ซื้อผลิตภัณฑ์จากเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ ในภาพรวมแล้วมีปัญหาและอุปสรรคอยู่ในระดับน้อยถึงปานกลางเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้เครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ สามารถ

ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างถูกต้องและดำเนินธุรกิจไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทางผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

ด้านผลิตภัณฑ์

จากผลการวิจัย พบว่า ผู้บริโภคต้องการให้เครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ มีผลิตภัณฑ์ที่มีตรารับรองมาตรฐาน เนื่องจากผู้บริโภคยังมีความคิดเห็นว่า ผลิตภัณฑ์บางชนิดยังคงมีสารพิษตกค้างอยู่ รวมทั้งต้องการให้มีผลิตภัณฑ์ที่หลากลายมากขึ้น ดังนั้นทางเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ ควรมีการหาแนวทางสร้างความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้แก่ผู้บริโภค เช่น หาวิธีการสร้างตรารับรองของตนเองโดยตรง หรือการขอตรารับรองคุณภาพที่มีความน่าเชื่อถือจากหน่วยงานราชการหรือเอกชน เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ผู้บริโภคเกิดการยอมรับและสร้างความมั่นใจในการบริโภคได้ว่า เป็นผลิตภัณฑ์ได้รับการรับรองระบบการผลิตและประกันคุณภาพผลผลิตจากแหล่งผลิตที่ผ่านการดูแลตรวจสอบและรับรองคุณภาพผลผลิตแล้ว นอกจากนี้เครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ควรมีการวางแผนการผลิตและการตลาดร่วมกันอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย มีคุณภาพตรงตามที่ผู้บริโภคต้องการ และมีผลิตภัณฑ์จำหน่ายอยู่อย่างสม่ำเสมอ เพื่อที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้หลากหลายมากขึ้น

สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น คณะกรรมการอาหารและยา (อย.) สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร สถาบันการศึกษา และหน่วยงานอื่นๆ ควรที่จะมีการประสานงานเพื่อหาแนวทางร่วมกันในการกำหนดตรารับรองคุณภาพของผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ที่น่าเชื่อถือขึ้นมา โดยอาจจะทำในรูปของการจดลิขสิทธิ์ของตรารับรองดังกล่าว แล้วแจกหรือขายให้แก่ผู้ผลิตที่ผลิตผลิตภัณฑ์เกษตรที่มีระบบการผลิตและคุณภาพผลิตภัณฑ์ตรงตามที่หน่วยงานรับรองคุณภาพได้กำหนดไว้ นอกจากนี้ต้องเข้มงวดตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เกษตรอย่างจริงจังและต่อเนื่อง รวมทั้งมีการประชาสัมพันธ์ให้แก่ผู้ผลิตได้ทราบถึงเงื่อนไขในการขอรับตรารับรองคุณภาพดังกล่าว

ด้านราคา

จากผลวิจัยพบว่า ผู้บริโภคต้องการให้เครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ มีการกำหนดราคาผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับคุณภาพ ผลิตภัณฑ์มีป้ายแสดงราคาที่ชัดเจน และผลิตภัณฑ์มีหลายระดับราคาให้เลือก ส่วนปัญหาด้านราคา พบว่า มีปัญหาผลิตภัณฑ์ไม่แสดงป้ายบอกราคาที่ชัดเจนในระดับปานกลาง อย่างไรก็ตามเนื่องจากผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยจากสารพิษ และในการผลิตนั้นต้องอาศัยกระบวนการดูแลรักษาเป็นพิเศษ ใช้ต้นทุนในการผลิตสูง การกำหนดราคาขายจึงต้องให้คุ้มกับต้นทุนในการผลิต ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่นำมาจำหน่ายนั้นมีราคาสูงไปด้วย ดังนั้นเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ ควรมีการวางแผนร่วมกันเพื่อหาวิธีการใหม่ๆ ที่สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงได้ และพยายามประชาสัมพันธ์ให้เห็นถึงข้อดีหรือจุดเด่นหรือคุณค่าของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ผู้บริโภครู้สึกว่า ถึงแม้ราคาจะแพงแต่ก็คุ้มค่าที่จะจ่ายเงินซื้อผลิตภัณฑ์นั้น

นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ขายควรมีป้ายแสดงราคาที่ชัดเจน เห็นได้ง่าย รวมทั้งควรทำผลิตภัณฑ์ให้มีหลายขนาดมากขึ้น เพื่อที่ผู้บริโภคจะสามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ได้ตรงกับความต้องการทั้งทางด้านผลิตภัณฑ์และด้านราคาที่จะซื้อ ตลอดจนควรมีการประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคได้ทราบถึงราคาของสินค้าที่

ขาย หากมีการเปลี่ยนแปลงราคาสินค้าก็ควรที่จะบอกให้ผู้บริโภคทราบถึงสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงราคาในแต่ละครั้งด้วย

ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย

จากผลวิจัยพบว่า ผู้บริโภคต้องการให้เครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ มีสถานที่จัดจำหน่ายที่หาได้ง่าย การเดินทางสะดวก ต้องการให้มีร้านค้าจำหน่ายผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และต้องการขยายเวลาในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ควรมีการขยายช่องทางการจัดจำหน่ายให้แพร่หลายมากขึ้น โดยสถานที่จำหน่ายแต่ละแห่งอาจจะจำหน่ายผลิตภัณฑ์หลายชนิดหลายประเภทก็ได้ หรืออาจจะเน้นจำหน่ายเฉพาะผลิตภัณฑ์ชนิดใดชนิดหนึ่งก็ได้ ทั้งนี้ต้องให้เหมาะสมกับความต้องการของตลาดเป้าหมายในพื้นที่นั้นๆ ด้วย นอกจากนี้ควรกำหนดช่วงเวลาในการขายให้เหมาะสมกับความต้องการของตลาดเป้าหมายด้วย

ด้านการส่งเสริมการตลาด

จากผลวิจัยพบว่า ผู้บริโภคต้องการให้เครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ มีการรณรงค์และประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ ต้องการให้ผู้จำหน่ายมีการแนะนำความรู้เกี่ยวกับสินค้าเกษตรอินทรีย์ มีการโฆษณาทางวิทยุ และมีการแจกแผ่นพับ/ใบปลิว ดังนั้นเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ ควรมีการโฆษณาหรือการประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ให้ผู้บริโภคได้รับรู้และเรียนรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ดังกล่าวอย่างทั่วถึงและต่อเนื่อง รวมทั้งกระตุ้นให้ผู้บริโภคเห็นถึงความสำคัญของการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีสารพิษเจือปน และหันมาบริโภคผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์แทน

สำหรับสื่อโฆษณาหรือประชาสัมพันธ์นั้นอาจจะเลือกใช้สื่อที่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงนัก เช่น ใบปลิว แผ่นพับ วิทยุ หนังสือพิมพ์ท้องถิ่น เป็นต้น หรืออาจจะใช้กิจกรรมพิเศษต่างๆ เช่น การเปิดโอกาสให้สื่อมวลชนเข้าเยี่ยมชมสถานที่ผลิต หรือร้านค้าที่จำหน่ายสินค้า การเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ที่หน่วยงานภาครัฐหรือเอกชนจัดขึ้น การจัดนิทรรศการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ ตามสถานที่ต่างๆ ที่กลุ่มเป้าหมายอาศัยอยู่หรือชอบไปเป็นประจำ ทั้งนี้เพื่อให้การโฆษณาหรือการประชาสัมพันธ์มีโอกาสเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายได้มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสมาชิกของเครือข่ายกาดนัดผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ เจ้าหน้าที่จากหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและเอกสารต่างๆ รวมทั้งนักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ตอบแบบสอบถามที่เป็นประโยชน์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ และการสนับสนุนทุนวิจัยจากกองทุนสนับสนุนงานวิชาการ (งานวิจัย) คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการกาดนัดเกษตรอินทรีย์เชียงใหม่. 2549. **รายงานการประชุมใหญ่สามัญกาดนัดเกษตรอินทรีย์เชียงใหม่**. ครั้งที่ 4. 6 กรกฎาคม 2549. ม.ป.พ.: เชียงใหม่.

คณะกรรมการกาดนัดเกษตรอินทรีย์เชียงใหม่. 2550. **รายงานการประชุมใหญ่สามัญกาดนัดเกษตรอินทรีย์เชียงใหม่.** 8 กรกฎาคม 2550. ม.ป.พ.: เชียงใหม่.

จารุ ไชยแขวง. 2543. การทดสอบปลูกบร็อคโคลี่และกะหล่ำปลีเป็นผักอามัยปลอดภัยจากสารพิษในช่วงฤดูฝน. **วารสารวิชาการเกษตร**. 2(พฤษภาคม-สิงหาคม): 31-44.

จิตรลดา ไชยเลิศ. 2543. **วิถีการตลาดของผลิตภัณฑ์การเกษตรแปรรูปของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่**. การค้นคว้าอิสระปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

นาลัย มโณวงค์. หัวหน้ากาดนัดเกษตรอินทรีย์ในหมู่บ้านแลนด์แอนด์เฮ้าส์. (ติดต่อส่วนตัว)

บังอร สุขจันทร์. 2544. **การรับรู้และความต้องการผักปลอดภัยจากสารพิษของประชาชนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

บัวจิ๋น สุนันต๊ะ. 2550. หัวหน้ากาดนัดเกษตรอินทรีย์ในโรงพยาบาลนครพิงค์. (ติดต่อส่วนตัว).

บัวผัน อุปปาระ. 2550. หัวหน้ากาดนัดเกษตรอินทรีย์ในมหาวิทยาลัยแม่โจ้. (ติดต่อส่วนตัว).

บุญชม ศรีสะอาด. 2541. **การวิจัยเบื้องต้น**. สุวีริยาสาส์น: กรุงเทพฯ.

ปิยะธิดา สุนทรเภสัช. 2542. **กลยุทธ์การตลาดของธุรกิจผักปลอดภัยจากสารพิษในจังหวัดเชียงใหม่**. การค้นคว้าอิสระปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

พรทิพย์ ติ๊บศรี. 2547. **พฤติกรรมการเลือกซื้อผักปลอดสารพิษของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่**. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

พัชรา วนิชพิสิฐพันธ์. 2544. **ปัจจัยส่วนบุคคลกับส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้ออาหารเพื่อสุขภาพของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่**. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

พัชริน ดำรงกิตติกุล. 2542. การจัดการระบบประกันคุณภาพผักปลอดสารพิษ: สร้างความมั่นใจให้ผู้บริโภค. **นิตยสารสำหรับผู้ส่งออกและผู้บริหาร**. 286(กรกฎาคม): 54-71.

ยุทธพงษ์ กัยวรรณ์. 2543. **พื้นฐานการวิจัย**. สุวีริยาสาส์น: กรุงเทพฯ.

ราชันย์ บุญมาก. 2544. **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผักปลอดภัยจากสารพิษของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

ศุภร เสรีรัตน์. 2544. **พฤติกรรมผู้บริโภค.** ด่านสุทธาการพิมพ์: กรุงเทพฯ.

สหกรณ์เกษตรอินทรีย์เชียงใหม่ จำกัด. [ม.ป.ป.]. "สหกรณ์เกษตรอินทรีย์เชียงใหม่ จำกัด". (แผ่นพับ)

สิงห์แก้ว วงจันทร์. 2550. หัวหน้ากาดนัดเกษตรอินทรีย์ในโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย. (ติดต่อส่วนตัว)

สุดาดวง เรืองรุจิระ. 2541. **หลักการตลาด**. ยงพล เทรดดิ้ง: กรุงเทพฯ.

สุทธิดา ศิริชวนากุล. 2547. **พฤติกรรมการบริโภคผักและผลไม้ให้ปลอดภัยจากสารพิษตกค้างของแม่บ้านในเขตเทศบาลนครลำปาง** . การค้นคว้าอิสระ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

สมศรี สินสุข. 2540. **เครือข่ายการเรียนรู้ของกลุ่มผู้บริโภคอาหารเพื่อสุขภาพในจังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

อังสนา สุริยะ. 2550. หัวหน้ากาดนัดเกษตรอินทรีย์เจเจ. (ติดต่อส่วนตัว)

อารีย์ เสาร์แก้ว. 2550. หัวหน้ากาดนัดเกษตรอินทรีย์ในโรงเรียนดาราวิทยาลัย. (ติดต่อส่วนตัว)

Kotler, Phillip. 2003. **Marketing Management**. 11th ed. Prentice Hall, Inc. Upper Saddle River: New Jersey.

Kotler, P. and G. Armstrong. 2001. **Principles of Marketing**. 9th ed. Prentice Hall, Inc. Upper Saddle River: New Jersey.

Schiffman, Leon G. and Leslie Lazar, Kanuk. 2004. **Consumer Behavior**. 8th ed. Prentice Hall, Inc. Upper Saddle River: New Jersey.

แนวทางการสร้างเครือข่ายครบวงจรของการใช้สารสกัดหนอนตายหยาก ในระดับชุมชน

Guidelines for Completed Networking of Stemona Crude Extracted Product Using in a Community Level

จำเนียร บุญมาก และวิยะดา ชัยเวช

สาขาวิชาการตลาด คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

E-mail: jamnian@mju.ac.th

บทคัดย่อ

แนวทางการสร้างเครือข่ายครบวงจรของการใช้สารสกัดหนอนตายหยาก (เครือข่ายสารสกัดไบโอเพส) ในระดับชุมชน ประกอบด้วยกลุ่มหลักๆ 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มผู้ผลิต ดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปลูกต้นหนอนตายหยากเพื่อขายให้กับกลุ่มผู้แปรรูป 2) กลุ่มผู้แปรรูป ดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปต้นหนอนตายหยากไปเป็นผลิตภัณฑ์ไบโอเพส เพื่อขายให้กับกลุ่มผู้จัดจำหน่าย และ 3) กลุ่มผู้จัดจำหน่าย ดำเนินกิจกรรมทางด้านการตลาด เพื่อขายผลิตภัณฑ์ไบโอเพสให้กับกลุ่มผู้ใช้ในเครือข่าย/ร้านค้า/พ่อค้าคนกลาง อย่างไรก็ตามการดำเนินกิจกรรมของเครือข่ายสารสกัดไบโอเพส ยังต้องอาศัยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่มด้วย รวมทั้งนักวิชาการหรือหน่วยงานภายนอกที่เกี่ยวข้อง จะต้องเข้ามาให้การสนับสนุนองค์ความรู้ด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการเครือข่าย เพื่อจะทำให้การดำเนินงานของเครือข่ายสารสกัดไบโอเพสเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดความเข้มแข็งและยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: เครือข่าย หนอนตายหยาก ไบโอเพส

Abstract

A study on “Guidelines for Completed Networking of Stemona Crude Extracted Product Using in a Community Level” (Bio-est Networking) consisted of 3 groups: 1) production group-this involved in the Stemona trees growing for selling to processing group; 2) processing group-this carried on activities about basic processing of Stemona trees so as to be a Bio-Pest product selling to distribution group; and 3) distribution group-this carried on marketing activities and selling the product to network members / shops / middlemen. Howerver, the activity implementation of the bio-pest network still relied on knowledge exchange among group members and among groups, as well as academicians or concerned external agencies. These people had to support the bio-pest network implementation for a better efficiency, strength, and sustainability.

Key words: network, stemona bio-pest

คำนำ

โครงการวิจัยการพัฒนาการใช้สารสกัดจากต้นหนอนตายหยาก เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ในการเกษตรปีงบประมาณ 2550 เป็นปีที่ 4 ของการศึกษาวิจัยโดยเป็นการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ในปีที่ 1 ของการศึกษาวิจัยได้ประสบความสำเร็จในการผลิตสูตรสารสกัดจากต้นหนอนตายหยากซึ่งขณะนี้อยู่ในระหว่างขั้นตอนการดำเนินการขอจดสิทธิบัตร โดยสูตรสารสกัดนี้มีประสิทธิภาพในการใช้ควบคุมกำจัดศัตรูพืชโดยเฉพาะด้วงหมัดผัก หนอนใยผัก และเพลี้ยอ่อน ซึ่งเป็นศัตรูของพืชผักเศรษฐกิจที่สำคัญและปลูกกันมากในภาคเหนือ จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการและในแปลงทดลองพบว่ามีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้สารเคมีสังเคราะห์ทั่วไปที่เกษตรกรใช้ ทำให้เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการและเกษตรกรที่ได้รับการอบรมสนใจ และมีความพึงพอใจต้องการจะนำสารสกัดดังกล่าวไปใช้ ในปีที่ 2 ของการวิจัยจึงได้ทำการวิจัยการผลิตสารสกัดจากหนอนตายหยากในระดับโรงงานสาธิต (pilot scale) เพื่อเพิ่มกำลังการผลิต และศึกษากระบวนการผลิต ตลอดจนเครื่องมือเครื่องใช้ที่เหมาะสม เพื่อให้การผลิตสามารถทำได้ในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อม (SME) และในปีที่ 3 ของการวิจัยได้ทำการศึกษาถึงความคิดเห็นและความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดจากต้นหนอนตายหยาก พบว่า หลังจากได้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดจากต้นหนอนตายหยากแล้ว เกษตรกรเห็นว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงหมัดผัก เพลี้ยอ่อน และหนอนใยผัก อยู่ในระดับดี มีความพึงพอใจในการใช้ผลิตภัณฑ์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก รวมทั้งเห็นว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพืชดีกว่าสารเคมีหรือพืชสมุนไพรที่ใช้อยู่ นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสรุปว่า แนวทางการส่งเสริมการใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดจากต้นหนอนตายหยากแบบครบวงจรในระยะเริ่มแรก ควรให้เกษตรกรที่ทำการเกษตรแบบเกษตรอินทรีย์และเกษตรแบบผสมมีบทบาทเป็นทั้งผู้ผลิตวัตถุดิบ ผู้แปรรูป และผู้จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ เกษตรกรควรมีการรวมกลุ่มเพื่อทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตวัตถุดิบ ผู้แปรรูปผลิตสินค้า ผู้จัดจำหน่าย และเป็นกลุ่มผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ด้วย รวมทั้งควรมีการพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มโดยการสร้างเครือข่ายเพื่อให้เกิดการดำเนินธุรกิจที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์สารสกัดจากต้นหนอนตายหยากอย่างครบวงจร

ดังนั้นในปีงบประมาณ 2550 ซึ่งเป็นปีที่ 4 ของโครงการศึกษาวิจัยได้เน้นวัตถุประสงค์สำคัญอยู่หลายประการ ซึ่งหนึ่งในนั้นคือ การศึกษาถึงแนวทางการสร้างเครือข่ายครบวงจรของการใช้สารสกัดหนอนตายหยากในระดับชุมชน เพื่อจะทำให้กลุ่มเกษตรกรสามารถสร้างเครือข่ายเพื่อช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ทั้งทางด้านการผลิต ด้านการเงิน ด้านการจัดการ และด้านการตลาด และด้านอื่นๆ และเพื่อให้การดำเนินธุรกิจที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์สารสกัดจากต้นหนอนตายหยากในระดับชุมชนเป็นไปอย่างครบวงจร

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (participatory action research)

ประชากร

กลุ่มเกษตรกรที่ทำการเกษตรแบบเกษตรอินทรีย์ในเขตอำเภอสารภี อำเภอสันทราย อำเภอแม่แตง อำเภอพร้าว และอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการศึกษาสมาชิกทั้งหมดของกลุ่มเกษตรกรในแต่ละอำเภอเป้าหมาย รวมทั้งหมด 41 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การสนทนากลุ่ม (focus group discussion) และการจัดเวทีประชุมกลุ่ม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจะเก็บจากข้อมูล 2 ประเภท คือ

1. ข้อมูลปฐมภูมิ เก็บรวบรวมโดยวิธีการดังนี้

การสัมภาษณ์แบบกลุ่ม กับเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของกลุ่มผู้ผลิต กลุ่มผู้แปรรูป และกลุ่มผู้จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์สารสกัดจากต้นหนอนตายหยาก เพื่อจัดทำข้อตกลงของกลุ่ม การวางแผนการดำเนินงานของกลุ่ม และการแก้ไขปัญหากลุ่มร่วมกัน

การจัดเวทีประชุมกลุ่ม กับเกษตรกรทั้งหมดที่อยู่ในกลุ่มเครือข่ายผลิตภัณฑ์สารสกัดจากต้นหนอนตายหยาก เพื่อจัดทำข้อตกลงของเครือข่าย การวางแผนการดำเนินงานของเครือข่าย และการแก้ไขปัญหาของเครือข่ายร่วมกัน

2. ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลที่รวบรวมจากเอกสารและบทความต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้เป็นแนวทางในการทำวิจัย

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการสนทนากลุ่ม (focus group discussion) และการจัดเวทีประชุมกลุ่ม มาสรุปผลและตีความผลการวิจัยร่วมกันระหว่างนักวิจัยกับกลุ่มเกษตรกรทั้งหมดที่เข้าร่วมโครงการ

ขอบเขตการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ศึกษาในระดับชุมชนเท่านั้น ดังนั้นประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ กลุ่มเกษตรกรที่ทำการเกษตรแบบเกษตรอินทรีย์ในเขตอำเภอสารภี อำเภอสันทราย อำเภอแม่แตง อำเภอพร้าว และอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นกลุ่มเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการวิจัยในปี 2549 อยู่แล้ว

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

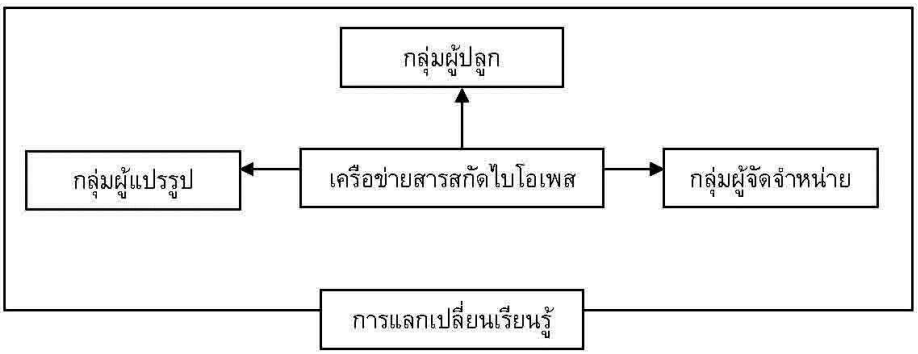
การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาดำเนินการวิจัยทั้งสิ้น 12 เดือน คือตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

ผลการศึกษาและสรุป

ทีมวิจัยร่วมกับกลุ่มเกษตรกร ได้ร่วมกันดำเนินการวิจัยโดยอาศัยกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ การจัดเวทีประชุมกลุ่ม/เครือข่าย การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การประชุมกลุ่มย่อย การศึกษาดูงาน และการออกร้านเพื่อประชาสัมพันธ์ ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

แนวทางร่วมกันในการสร้างเครือข่ายครบวงจรของการใช้สารสกัดหนอนตายหยาก (เครือข่ายสารสกัดไบโอเพส) ในระดับชุมชน จะมีผู้ที่เกี่ยวข้อง (ภาพที่ 1) คือ

1. กลุ่มผู้ปลูกหนอนตายหยาก
2. กลุ่มผู้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สารสกัดจากต้นหนอนตายหยาก
3. กลุ่มผู้จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์สารสกัดจากต้นหนอนตายหยาก



ภาพที่ 1 แนวทางการสร้างเครือข่ายครบวงจรของการใช้สารสกัดหนอนตายหยาก

โดยสมาชิกทั้ง 3 กลุ่ม ตกลงร่วมกันในการจัดตั้งเครือข่ายโดยใช้ชื่อว่า “เครือข่ายสารสกัดไบโอเพส” และได้มีข้อตกลงเบื้องต้นของการทำเครือข่ายฯ คือ จะมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน และสมาชิกแต่ละรายสามารถที่จะเข้าร่วมเป็นสมาชิกได้มากกว่า 1 กลุ่มก็ได้ โดยแต่ละกลุ่ม มีจำนวนสมาชิกและการดำเนินกิจกรรมเบื้องต้น ดังนี้

1. กลุ่มผู้ปลูกหนอนตายหยาก ประกอบด้วยสมาชิกในแต่ละอำเภอ จำนวน 19 คน โดยกลุ่มผู้ปลูกจะทำหน้าที่ปลูกต้นหนอนตายอยากในพื้นที่ที่สมาชิกแต่ละคนอาศัยอยู่ และมีการดำเนินกิจกรรมเบื้องต้นของกลุ่ม ได้แก่

1.1 การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการด้านวิธีการปลูกและการดูแลรักษา

1.2 การศึกษาปริมาณผลผลิตในแต่ละพื้นที่ (ติดตามผลหลังการปลูก)

1.3 การประชุมกลุ่ม เพื่อกำหนดข้อตกลงของกลุ่ม การวางแผนการดำเนินงานของกลุ่ม และวิธีการแก้ไขปัญหาภายในกลุ่ม

1.4 การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

2. กลุ่มผู้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สารสกัดจากต้นหนอนตายหยาก ประกอบด้วยสมาชิกในแต่ละอำเภอ จำนวน 15 คน โดยกลุ่มผู้แปรรูปจะทำหน้าที่รับซื้อผลผลิตต้นหนอนตายอยากจากกลุ่มผู้ปลูก เพื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สารสกัดจากต้นหนอนตายหยากต่อไป และมีการดำเนินกิจกรรมเบื้องต้นของกลุ่ม ได้แก่

2.1 การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการแปรรูป

2.2 การประเมินผลการแปรรูป

2.3 การประชุมกลุ่มเพื่อกำหนดข้อตกลงของกลุ่ม การวางแผนการดำเนินงานของกลุ่ม และวิธีการแก้ไขปัญหาภายในกลุ่ม

2.4 การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

3. กลุ่มผู้จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์สารสกัดจากต้นหนอนตายหยาก ประกอบด้วยสมาชิกในแต่ละอำเภอ จำนวน 7 คน โดยกลุ่มผู้จัดจำหน่ายจะทำหน้าที่รับซื้อผลิตภัณฑ์สารสกัดจากต้นหนอนตายอยากจากกลุ่มผู้แปรรูปเพื่อทำการจัดจำหน่ายให้แก่กลุ่มลูกค้าเป้าหมายต่อไป และมีการดำเนินกิจกรรมเบื้องต้นของกลุ่ม ได้แก่

3.1 การฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด

3.2 การประชุมกลุ่ม เพื่อกำหนดข้อตกลงของกลุ่ม การวางแผนการดำเนินงานของกลุ่ม และวิธีการแก้ไขปัญหาภายในกลุ่ม

3.3 การออกร้านเพื่อประชาสัมพันธ์

3.4 การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

นอกจากนี้ในส่วนของเครือข่ายสารสกัดไบโอเพส ยังได้ร่วมกันกำหนดโครงสร้างของเครือข่ายฯ ที่ชัดเจน (ภาพที่ 2) พร้อมทั้งจัดทำสัญญาซื้อขายผลิตภัณฑ์ไบโอเพส เพื่อนำไปใช้เป็นสัญญาประกอบการซื้อขายผลิตภัณฑ์ไบโอเพสให้กับสมาชิกในเครือข่ายหรือผู้ที่ต้องการผลิตภัณฑ์ไบโอเพสไปจำหน่ายต่อ และเข้ารับการฝึกอบรมด้านการทำบัญชีเครือข่าย เพื่อใช้ในการจัดทำบัญชีของเครือข่ายต่อไป

ภาพที่ 2 โครงสร้างของเครือข่ายสารสกัดไบโอเพส

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ทางทีมผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางการสร้างเครือข่ายครบวงจรของการใช้สารสกัดหนอนตายหยากในระดับชุมชน ดังนี้

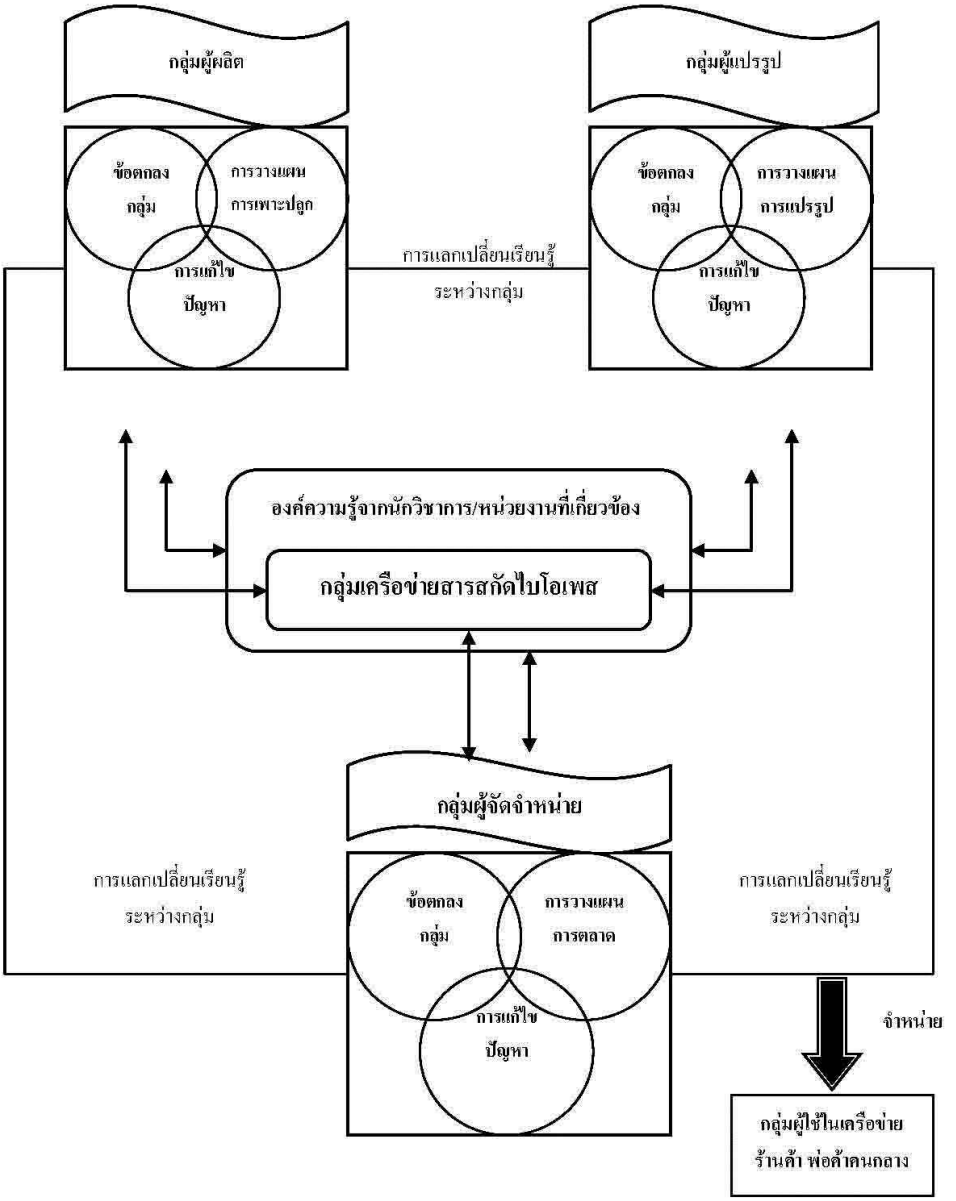
จากภาพที่ 3 แสดงถึงความเชื่อมโยงในการทำงานของกลุ่มเครือข่ายสารสกัดไบโอเพส จะเห็นได้ว่าแนวทางการสร้างเครือข่ายสารสกัดไบโอเพส จะประกอบด้วยกลุ่มสมาชิกหลักๆ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้ผลิต กลุ่มผู้แปรรูป และกลุ่มผู้จัดจำหน่าย โดยในแต่ละกลุ่มจะต้องมีการกำหนดข้อตกลงของกลุ่ม มีการวางแผนการดำเนินงานของกลุ่มที่ชัดเจน และจะต้องอาศัยการแก้ไขปัญหาภายในกลุ่มร่วมกัน รวมทั้งแต่ละกลุ่มจะต้องมีการดำเนินกิจกรรมของกลุ่มให้ชัดเจน คือ

1. กลุ่มผู้ผลิต - จะต้องดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปลูกต้นหนอนตายหยากเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบส่งขายต่อให้กับกลุ่มผู้แปรรูปต่อไป

2. กลุ่มผู้แปรรูป - จะต้องดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปต้นหนอนตายหยากไปเป็นผลิตภัณฑ์ไบโอเพส โดยการรับซื้อวัตถุดิบจากกลุ่มผลิตแล้วนำมาทำการแปรรูป ตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการแปรรูปไปจนถึงขั้นตอนสุดท้ายคือการบรรจุลงในกล่องเพื่อส่งขายต่อให้กับกลุ่มผู้จำหน่ายต่อไป

3. กลุ่มผู้จัดจำหน่าย - จะต้องดำเนินกิจกรรมทางด้านการตลาด โดยการรับซื้อผลิตภัณฑ์ไบโอเพสจากกลุ่มผู้แปรรูป เพื่อนำไปจำหน่ายต่อให้กับกลุ่มผู้ใช้ในเครือข่าย/ร้านค้า/พ่อค้าคนกลางต่อไป

อย่างไรก็ตามการดำเนินกิจกรรมของเครือข่ายสารสกัดไบโอเพส ยังต้องอาศัยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่มด้วย นอกจากนี้นักวิชาการหรือหน่วยงานภายนอกที่เกี่ยวข้อง เช่น มหาวิทยาลัย หน่วยงานภาครัฐ เป็นต้น จะต้องเข้ามาให้การสนับสนุนองค์ความรู้ด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการเครือข่าย เช่น การบริหารการผลิต การบริหารการตลาด การบริหารบัญชีการเงิน การบริหารจัดการกลุ่มให้เข้มแข็ง เป็นต้น เพื่อจะทำให้การดำเนินงานของเครือข่ายสารสกัดไบโอเพสเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดความแข็งแข็งและยั่งยืนต่อไป



ภาพที่ 3 แนวทางการสร้างเครือข่ายครบวงจรของการใช้สารสกัดหนอนตายหยากในระดับชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี และการสนับสนุนทุนวิจัยจากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ สำนักมาตรฐานการศึกษา และสำนักมาตรฐานอุดมศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย. 2545. **ชุดวิชาการจัดการธุรกิจชุมชน หลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิตการจัดการและการประเมินโครงการ**. เอส อาร์ พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์: นนทบุรี.

กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ สำนักมาตรฐานการศึกษา และสำนักมาตรฐานอุดมศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย. 2545. **ชุดวิชาการจัดการและการวางแผนธุรกิจ หลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิตการจัดการและการประเมินโครงการ**. เอส อาร์ พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์: นนทบุรี.

กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ สำนักมาตรฐานการศึกษา และสำนักมาตรฐานอุดมศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย. 2545. **ชุดวิชาการวิจัยชุมชน หลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิตการจัดการและการประเมินโครงการ**. เอส อาร์ พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์: นนทบุรี.

กลุ่มงานวิจัยการปราบปรามศัตรูพืชทางชีวภาพ. 2534. **การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี**. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร: กรุงเทพฯ.

ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ. 2542. พัฒนาหนอนตายหยากเป็นสมุนไพรฆ่าแมลง. **เดลินิวส์**. (17 พฤศจิกายน 2542): 27.

ปาริชาติ วลัยเสถียร. 2546. **กระบวนการและเทคนิคการทำงานของนักพัฒนา**. โครงการเสริมสร้างการเรียนรู้เพื่อชุมชนเป็นสุข: กรุงเทพฯ.

มณฑา วงศ์มณีโรจน์ สุรัตน์วดี จิวะจินดา ศิริวรรณ บุรีคำ และรงรอง หอมหวล. หนอนตายหยาก: พืชที่เรียกชื่อเหมือนกันแต่เป็นพืชต่างชนิดกัน. **วารสารข่าวศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง**. 19(2): 20-23.

ลาวัลย์ จีระพงษ์. 2542. **การเตรียมและการใช้พืชสมุนไพรในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช.** สถาบันส่งเสริมเกษตรชีวภาพและโรงเรียนเกษตรกร กรมส่งเสริมการเกษตร: กรุงเทพฯ.

การมีส่วนร่วมของประชาชนท้องถิ่นในการอนุรักษ์เรือใบโบราณ ในเขตพื้นที่อ่าวละแม ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร

Local People Participation of Local Sailboat Conservation at Lamae Bay Lamae Sub-district, Lamae District, Chumphon Province

อำนาจ รักษาพล ชลดรงค์ ทองสง สมพร มีแสงแก้ว และวีรภรณ์ โตคีรี

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ชุมพร 86170

E-mail: keemook@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาความคิดเห็นและความต้องการของประชาชนท้องถิ่นในเขตพื้นที่อ่าวละแม ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร ต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์เรือใบโบราณ โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูล 2 ขั้นตอน คือ การจัดประชุมระดมความคิดเห็นและสัมภาษณ์เชิงลึก สมาชิกกลุ่มแกนนำ จำนวน 20 คน และใช้แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์ประชาชนท้องถิ่นที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์เรือใบโบราณ จำนวน 21 คน ผลการศึกษา พบว่า สมาชิกทุกคนมีความคิดเห็นร่วมกันว่า มีความต้องการในการอนุรักษ์และฟื้นฟูเรือใบโบราณ และมีความยินดีในการเข้าร่วมกิจกรรมดังกล่าว โดยมีความต้องการดำเนินการภายใต้ชมรม หรือการจัดตั้งเป็นกลุ่ม เพื่อขับเคลื่อนให้เกิดการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และฟื้นฟูเรือใบโบราณอย่างเป็นรูปธรรม สอดคล้องกับผลจากการสำรวจโดยใช้แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์ที่พบว่า สมาชิกส่วนใหญ่มีความต้องการให้มีการอนุรักษ์เรือใบโบราณ และต้องการเข้าร่วมกิจกรรมการอนุรักษ์ดังกล่าวอย่างยิ่ง โดยให้มีหน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมให้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: การมีส่วนร่วมของประชาชนท้องถิ่น เรือใบโบราณ

Abstract

The objectives of this research were to gather the opinions and needs of the local people in the restoration and use of the local sailboat at Lamea bay in Chumphon province, Thailand. The study was carried out 2 methods for collecting data by interview questionnaires from 21 local sailboat conservation leaders at Lamae bay community and the brain-storming meetings among 20 people were also conducted to get the public opinion about the said project. The results of the brain-storming have activities during meeting and interview questionnaires found that, all the respondents agreed and cited their needs to restore the local sailboats and are very interested to start the project by creating a community organization that would facilitate in obtaining support from various external organization and agencies.

Key words: participation of local people, local sailboat

คำนำ

เรือใบโบราณกำเนิดขึ้นสมัยก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นพาหนะที่สำคัญของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่ง เพื่อการสัญจรทางทะเล และประกอบอาชีพด้านการประมง โดยการนำผืนผ้าดิบมาดัดแปลงเป็นใบเรือ เพื่อรับกับกระแสลมให้เกิดแรงขับ ประกอบกับการใช้หางเสือให้สามารถแล่นเรือไปในทิศทางที่ต้องการ แต่ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีต่างๆ มาปรับใช้ทดแทนวิธีดังกล่าว เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการเดินทางและประกอบอาชีพ รวมทั้งการตอบสนองความต้องการด้านเศรษฐกิจ ส่งผลให้เรือใบโบราณค่อยๆ เลือนหายไปจากความทรงจำ และไม่มีการนำมาใช้อีก

เนื่องจากในอดีตพื้นที่อำเภอละแมและอำเภอใกล้เคียง เคยมีการใช้เรือใบโบราณกันอย่างแพร่หลาย และปัจจุบันยังคงมีผู้มีประสบการณ์การใช้เรือใบโบราณ พร้อมทั้งมีความสามารถในการต่อเรือ และทำใบเรือ ขณะที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ซึ่งเป็นหน่วยงานด้านการบริการวิชาการและการศึกษา มุ่งให้เกิดกิจกรรมการเรียนรู้ ฟื้นฟูและเผยแพร่ศิลปและวัฒนธรรมของชาติ โดยมหาวิทยาลัยจะเป็นผู้นำและมีส่วนร่วมในการส่งเสริม สืบสานประเพณี และศิลปวัฒนธรรมท้องถิ่นอย่างต่อเนื่อง ด้วยการร่วมกันอนุรักษ์และฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่นประเภทเรือใบโบราณ นำเสนอผ่านกิจกรรมเปิดโลกทะเลละแม ครั้งที่ 1 ด้วยการจัดแข่งขันเรือใบโบราณขึ้นเมื่อ ปีพ.ศ. 2543 จวบจนปัจจุบันเป็นการจัดกิจกรรมครั้งที่ 7 เมื่อวันที่ 11-14 เมษายน พ.ศ. 2550 แต่ที่ผ่านมายังไม่มีการรวมตัวเกิดขึ้นอย่างชัดเจน มีเพียงการรวมกันเฉพาะกิจก่อนการแข่งขัน

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาความคิดเห็นและความต้องการของประชาชนท้องถิ่นในเขตพื้นที่อ่าวละแม ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร ต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์เรือใบโบราณ เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์และฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่นประเภทเรือใบโบราณอย่างเป็นรูปธรรม อันจะส่งผลให้คนในชุมชนเกิดความภาคภูมิใจในวิถีชีวิตและวัฒนธรรมของตน รวมทั้งก่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันและสร้างความสัมพันธ์ให้กับคนในชุมชนและระหว่างชุมชน และสามารถพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้และปฏิบัติการให้แก่นิสิตและประชาชนในพื้นที่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย เอกสาร และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษา กล้องถ่ายภาพและอุปกรณ์บันทึกภาพ แบบสัมภาษณ์เชิงลึกกลุ่มแกนนำชุมชน แบบสอบถามตามกรอบของวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ความคิดเห็นและความต้องการของประชาชนท้องถิ่นต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่นประเภทเรือใบโบราณ ในเขตพื้นที่อ่าวละแม ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร

วิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยผสมผสานวิธีการแบบเชิงคุณภาพ (qualitative method) และแบบเชิงปริมาณ (quantitative method) เพื่อศึกษาความคิดเห็นและความต้องการของประชาชนท้องถิ่นต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่นประเภทเรือใบโบราณ ในเขตพื้นที่อ่าวละแม ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร โดยมีรายละเอียดของวิธีการศึกษา ดังนี้

1. การคัดเลือกพื้นที่

เนื่องจากอ่าวละแมมีประชากรที่มีความรู้ความสามารถด้านการต่อเรือ และในอดีตเป็นพื้นที่ซึ่งมีการใช้เรือใบโบราณกันอย่างแพร่หลาย ประกอบกับปัจจุบันได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานต่างๆ รวมทั้งมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ในการจัดงานเปิดโลกทะเลละแม โดยกิจกรรมหลักคือ การแข่งขันเรือใบโบราณ ซึ่งครั้งที่ 1 จัดขึ้นเมื่อ ปีพ.ศ. 2543 จวบจนปัจจุบันเป็นการจัดกิจกรรมครั้งที่ 7 เมื่อวันที่ 11-14 เมษายน พ.ศ. 2550 แต่ที่ผ่านมายังไม่มีการรวมตัวเกิดขึ้นอย่างชัดเจน มีเพียงการรวมกันเฉพาะกิจก่อนการแข่งขัน ซึ่งประชาชนที่เข้าแข่งขันส่วนใหญ่ อาศัยอยู่บริเวณเขตพื้นที่อ่าวละแม

2. ประชากร และการสุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณเขตพื้นที่อ่าวละแม โดยการกำหนดขนาดกลุ่มประชากรแบบเฉพาะเจาะจง พิจารณาจากจำนวนประชาชนผู้มีความรู้ความสามารถในการต่อเรือ ทำใบเรือ ผู้ที่มีความสามารถในการแล่นเรือใบ และผู้ที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากผู้วิจัยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการได้มาซึ่งข้อมูล ควบคู่กับการรวบรวมกลุ่มแกนนำในการอนุรักษ์และฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่นประเภทเรือใบโบราณ

3. การสำรวจและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การสร้างเครื่องมือ เครื่องมือในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย

3.1.1 แบบสัมภาษณ์เชิงลึกกลุ่มสมาชิกแกนนำที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการการอนุรักษ์เรือใบโบราณ ครอบคลุมประเด็นด้านความคิดเห็นและความต้องการต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่นประเภทเรือใบโบราณ

3.1.2 แบบสอบถามประชาชนในชุมชนท้องถิ่น ที่อาศัยอยู่บริเวณเขตพื้นที่อ่าวละแม และมีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการอนุรักษ์เรือใบโบราณ ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม และความเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์และฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่นประเภทเรือใบโบราณ ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพปัจจุบันของกิจกรรมการอนุรักษ์เรือใบโบราณ ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและความต้องการต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่นประเภทเรือใบโบราณ ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์และฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่นประเภทเรือใบโบราณ

3.2 การทดสอบเครื่องมือรวบรวมข้อมูล

ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยนำแบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์เสนอคณะผู้เข้าร่วมโครงการพิจารณาและปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ตรงตามเนื้อหาและครอบคลุมวัตถุประสงค์ในการวิจัยตลอดจนการใช้ข้อความที่ง่ายต่อความเข้าใจ และวัดได้

3.3 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 รวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์ประชาชนในท้องถิ่นที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์เรือใบโบราณที่อาศัยอยู่บริเวณเขตพื้นที่อ่าวละแม ทั้งนี้ในขั้นตอนดังกล่าว ผู้วิจัยทำการคัดเลือกนิสิตจำนวน 3 คน เป็นผู้ช่วยวิจัยในการสำรวจข้อมูลภาคสนาม เพื่อให้นิสิตได้ศึกษาเรียนรู้กระบวนการทำงานวิจัยและเกิดการร่วมกันระหว่างคนในชุมชน รวมทั้งการเป็นแหล่งปฏิบัติงานภาคสนามให้แก่นิสิต จากนั้นทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ และถูกต้องของข้อมูล แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์เชิงพรรณนา (descriptive statistics) โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน คือ ค่าร้อยละและค่าเฉลี่ย

3.3.2 รวบรวมข้อมูลและระดมความคิดเห็นจากสมาชิกกลุ่มแกนนำที่มีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการอนุรักษ์เรือใบโบราณ โดยการจัดเวทีชาวบ้านเพื่อระดับความคิดเห็น ในการร่วมกันอนุรักษ์และฟื้นฟูเรือใบโบราณในเขตพื้นที่อ่าวละเม ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่นในการอนุรักษ์เรือใบโบราณในเขตพื้นที่อ่าวละแม ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร แบ่งเป็น 2 ตอน ตามวิธีการรวบรวมข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 การรวบรวมข้อมูลด้านความคิดเห็นและความต้องการจากการระดมความคิดเห็นกลุ่มแกนนำ

ผลการรวบรวมข้อมูลและระดมความคิดเห็นจากสมาชิกกลุ่มแกนนำที่มีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการอนุรักษ์เรือใบโบราณ ซึ่งในการนี้มีสมาชิกกลุ่มแกนนำเข้าร่วม จำนวน 20 คน ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในตำบลละแม ตำบลสวนแตง และตำบลทุ่งหลวง ตามลำดับ ซึ่งผลการประชุม พบว่า สมาชิกทุกคนมีความคิดเห็นร่วมกันว่า มีความต้องการในการอนุรักษ์และฟื้นฟูเรือใบโบราณ และหากมีการดำเนินการก็มีความยินดีในการเข้าร่วมกิจกรรมดังกล่าว ทั้งนี้สมาชิกกลุ่มแกนนำมีข้อคิดเห็นว่า การอนุรักษ์เรือใบโบราณจำเป็นต้องดำเนินการภายใต้ชมรม หรือการจัดตั้งเป็นกลุ่ม โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ประชาชนภายในชุมชนท้องถิ่นเข้ามามีส่วนร่วม ซึ่งจะส่งผลให้คนในชุมชนเกิดความภาคภูมิใจในวิถีชีวิตและวัฒนธรรมของตน ก่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันและสร้างความสัมพันธ์ให้กับคนในชุมชนและระหว่างชุมชน รวมทั้งเป็นแหล่งเรียนรู้และปฏิบัติงานให้แก่นิสิตและประชาชนในพื้นที่ หรือในอนาคตหากสามารถพัฒนาเรือใบโบราณให้เป็นทรัพยากรการท่องเที่ยวก็จะเป็นกิจกรรมที่สร้างงาน และสร้างรายได้เสริมให้กับคนในชุมชนต่อไป

ตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์ประชาชนในท้องถิ่นที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์เรือใบโบราณ

จากแบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์สมาชิก จำนวน 21 คน เกี่ยวกับความคิดเห็นต่อการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่นในการอนุรักษ์เรือใบโบราณภายในพื้นที่อ่าวละแม ด้านต่างๆ พบว่า ด้านการอนุรักษ์เรือใบโบราณควรมาจากความต้องการของชุมชนโดยแท้จริงสมาชิก ส่วนใหญ่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง คิดเป็นร้อยละ 61.9 และคิดเห็นว่าเรือใบโบราณที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์ ควรมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับเรือใบโบราณในอดีต (แบบดั้งเดิม) ให้มากที่สุด ส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างยิ่ง คิดเป็นร้อยละ 42.9 ทั้งนี้ควรมีรูปแบบที่มีทันสมัยเพื่อเพิ่มความเร็วในกรณีการแล่นเรือใบแข่งขัน ส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างยิ่ง คิดเป็นร้อยละ 76.2 โดยการอนุรักษ์เรือใบโบราณถือเป็นการสร้างความมีเอกลักษณ์เฉพาะถิ่นในเขตพื้นที่อ่าวละแม สมาชิกส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างยิ่ง คิดเป็นร้อยละ 90.5 นอกจากนี้ควรมีการอนุรักษ์เรือใบโบราณเพื่อเป็นการศึกษาเรียนรู้สำหรับประชาชนในท้องถิ่น ซึ่งส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างยิ่ง คิดเป็นร้อยละ 90.5 ควบคู่กับควรมีการอนุรักษ์เรือใบโบราณ เพื่อเป็นแหล่งศึกษาแก่คนต่างถิ่น (นักท่องเที่ยว) ส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างยิ่ง คิดเป็นร้อยละ 95.2 ทั้งนี้คิดเห็นว่า การอนุรักษ์เรือใบโบราณให้ประสบผลสำเร็จนั้น ควรมีการดำเนินการในรูปแบบของการจัดตั้งเป็นชมรม ส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างยิ่ง คิดเป็นร้อยละ100 (ตารางภาคผนวกที่ 1)

นอกจากนี้ สมาชิกส่วนใหญ่เห็นด้วยน้อย และไม่เห็นด้วยในประเด็น การอนุรักษ์เรือใบโบราณจำเป็นต้องดำเนินการโดยประชาชนท้องถิ่นเท่านั้น คิดเป็นร้อยละ 33.3 และไม่เห็นด้วยกับการที่บุคคลจะเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์เรือใบโบราณ จำเป็นต้องมีความรู้ความสามารถในการต่อเรือ ทำใบเรือ หรือเป็นผู้ที่มีความสามารถในการแล่นเรือใบเท่านั้น คิดเป็นร้อยละ 33.3 ทั้งนี้สมาชิกส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างยิ่งว่า การอนุรักษ์เรือใบโบราณให้ประสบผลสำเร็จนั้น ควรมีหน่วยงานภาครัฐ คอยให้คำปรึกษาและเป็นหน่วยงานประสานหลัก คิดเป็นร้อยละ 92.5 และเห็นด้วยอย่างยิ่งว่า หากมีการอนุรักษ์เรือใบโบราณเกิดขึ้นในเขตพื้นที่อ่าวละแม ในอนาคตสามารถพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีศักยภาพได้ คิดเป็นร้อยละ 100

ส่วนประเด็นคำถามเกี่ยวกับความต้องการในการมีส่วนร่วมอนุรักษ์เรือใบโบราณภายในพื้นที่อ่าวละแม พบว่า ส่วนใหญ่มีความต้องการอย่างยิ่งให้มีการอนุรักษ์เรือใบโบราณ คิดเป็นร้อยละ 100 และมีความต้องการอย่างยิ่งในการเข้าร่วมกิจกรรมการอนุรักษ์ดังกล่าว คิดเป็นร้อยละ 100 ประกอบกับมีความต้องการอย่างยิ่งให้มีหน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์เรือใบโบราณ คิดเป็นร้อยละ 90.5 และมีความต้องการอย่างยิ่งให้มีการจัดตั้งกลุ่ม/ชมรมอนุรักษ์เรือใบโบราณในการดำเนินการด้านการอนุรักษ์เรือใบโบราณให้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม คิดเป็นร้อยละ 100 ทั้งนี้ สมาชิกส่วนใหญ่เห็นว่า ในการดำเนินการจัดตั้งกลุ่ม/ชมรมเรือใบโบราณ ควรได้รับความช่วยเหลือจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีความต้องการอย่างยิ่งด้านงบประมาณ บุคลากร ผู้ประสานงานระหว่างกลุ่ม/ชมรม กับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สถานที่ในการจัดตั้งชมรม/กลุ่มเรือใบโบราณ และการได้รับการฝึกอบรมและให้ความรู้ด้านการท่องเที่ยวจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง คิดเป็นร้อยละ 76.2, 85.7, 95.2, 81.0 และ 85.7 ตามลำดับ รวมทั้งมีความต้องการอย่างยิ่งในการพัฒนาเรือใบโบราณให้เป็นทรัพยากรการท่องเที่ยวภายในชุมชน คิดเป็นร้อยละ 100 (ตารางภาคผนวกที่ 2)

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาความคิดเห็นและความต้องการของประชาชนท้องถิ่น ต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์เรือใบโบราณ โดยการจัดประชุมระดมความคิดเห็นสมาชิกกลุ่มแกนนำ ซึ่งทุกคนมีความคิดเห็นร่วมกันว่า มีความต้องการอย่างยิ่งในการอนุรักษ์และฟื้นฟูเรือใบโบราณ โดยดำเนินการภายใต้ชมรม หรือการจัดตั้งเป็นกลุ่มขึ้น เพื่อขับเคลื่อนให้เกิดการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และฟื้นฟูเรือใบโบราณอย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้สอดคล้องกับการรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์ประชาชนท้องถิ่นที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเรือใบโบราณ โดยคิดเห็นว่าหากมีการดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์เรือใบโบราณ สมาชิกส่วนใหญ่มีเวลาในการปฏิบัติงานสูง และสามารถปฏิบัติงานได้ทันที เมื่อมีหน้าที่รับผิดชอบและได้รับมอบหมายจากมติที่ประชุม และสามารถเข้าร่วมการประชุมได้ทุกครั้ง เมื่อมีการนัดหมายอย่างเป็นทางการหรือไม่เป็นทางการ โดยที่ผ่านมาสมาชิกส่วนใหญ่มีส่วนร่วมตลอดกระบวนการนับตั้งแต่ การให้ข้อมูล เสนอแนะ และตัดสินใจในการวางแผนการดำเนินงาน เกี่ยวกับการอนุรักษ์เรือใบโบราณ ซึ่งถือเป็นการมีส่วนร่วมในระดับสูง และมีความพึงพอใจมาก กับการดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์เรือใบโบราณที่ผ่านมา

ทั้งนี้การอนุรักษ์เรือใบโบราณควรมีการดำเนินการในรูปแบบของการจัดตั้งเป็นกลุ่ม หรือชมรม และเพื่อให้ประสบผลสำเร็จนั้น ควรมีหน่วยงานภาครัฐ คอยให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือด้านงบประมาณบางส่วน บุคลากร ผู้ประสานงานระหว่างกลุ่ม/ชมรม กับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สถานที่ในการจัดตั้ง

ชมรม/กลุ่มเรือใบโบราณ และการได้รับการฝึกอบรมและให้ความรู้ด้านการท่องเที่ยวจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งในอนาคตสามารถพัฒนาเป็นทรัพยากรท่องเที่ยวภายในชุมชนที่มีศักยภาพได้

ดังนั้นจากผลการศึกษา หากต้องการอนุรักษ์และฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่น ประเภทเรือใบโบราณอย่างเป็นรูปธรรม ชุมชนจำเป็นต้องมีการจัดตั้งองค์กรที่เข้ามารับผิดชอบในการทำงานเนื่องจากลักษณะงานต้องติดต่อสัมพันธ์กับบุคคลภายนอก หรือหน่วยงานภายนอกที่ต้องประสานความร่วมมือด้วย หากชุมชนไม่จัดตั้งองค์กรที่ชัดเจน หรือบอกไม่ได้อย่างชัดเจนว่ากิจกรรมดังกล่าวอยู่ภายใต้โครงสร้างขององค์กรใดในชุมชนก็จะทำให้เกิดความสับสนได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่นำชื่อของชุมชนมาเป็นภาพลักษณ์หนึ่งขององค์กร ยิ่งจำเป็นที่จะต้องสร้างรูปแบบการบริหารงานองค์กรให้ชัดเจน เพื่อบริหารงานและรับผิดชอบในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ให้ชุมชนสามารถเข้ามามีส่วนร่วมและตรวจสอบการทำงานได้ ซึ่งการจัดตั้งองค์กรด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟูเรือใบโบราณควรจะต้องแสดงตนต่อสาธารณะชนได้อย่างน้อย 7 ประเด็น ตามผลการศึกษาของ พจนา (2546) ได้แก่ 1) ชื่อขององค์กร ที่ตั้งสำนักงาน และที่อยู่ 2) วัตถุประสงค์ขององค์กร 3) คุณสมบัติหรือที่มาของสมาชิก 4) คณะกรรมการ 5) ที่ปรึกษา 6) โครงสร้างการทำงาน บทบาทหน้าที่วาระการทำงาน 7) งบประมาณ

เอกสารอ้างอิง

นรินทร์ชัย พัฒนพงศา. 2546. **การมีส่วนร่วม หลักการพื้นฐาน เทคนิค และกรณีตัวอย่าง.** 598 Print: เชียงใหม่.

พีรศิษฐ์ สมแก้ว. 2550. บานคลองเคียน จังหวัดพังงา แหล่งท่องเที่ยวประมงพื้นบ้าน. **เดลินิวส์**. (11 สิงหาคม 2550): 12.

พจนา สวนศรี. 2546. **คู่มือการจัดการท่องเที่ยวโดยชุมชน**. โครงการท่องเที่ยวเพื่อชีวิตและธรรมชาติ: กรุงเทพฯ. 120 น.

ไพรัตน์ เดชะรินทร์. 2527. **นโยบายและกลวิธีการมีส่วนร่วมของชุมชนในยุทธศาสตร์การพัฒนาปัจจุบัน**. ศักดิ์โสภาการพิมพ์: กรุงเทพฯ.

ยุวัฒน์ วุฒิเมธี. 2526. **หลักการพัฒนาชุมชนและการพัฒนาชนบท.** ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไทยอนุเคราะห์ไทย: กรุงเทพฯ.

วินิจ รังผึ้ง. 2533. ล่องเรือแล่นใบ...ตามสายลมตะวันตก. **อนุสาร อสท.** (มีนาคม 2533): 106-119.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ความคิดเห็นของสมาชิกต่อการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่นในการอนุรักษ์เรือใบโบราณในเขตพื้นที่อ่าวละแม ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร

(n = 21)

ตัวชี้วัด	ระดับความคิดเห็น (จำนวน/ร้อยละ)			
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	ไม่เห็นด้วย
1. การอนุรักษ์เรือใบโบราณควรมาจากความต้องการของชุมชนโดยแท้จริง	13 (61.9)	8 (38.1)	0	0
2. เรือใบโบราณที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์ ควรมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับเรือใบโบราณในอดีต (แบบดั้งเดิม) ให้มากที่สุด	9 (42.9)	7 (33.3)	5 (23.8)	0
3. การอนุรักษ์เรือใบโบราณควรมีรูปแบบที่มีทันสมัยเพื่อเพิ่มความเร็วในการแล่นเรือใบแข่งขัน	16 (76.2)	3 (14.3)	1 (4.8)	1 (4.8)
4. การอนุรักษ์เรือใบโบราณถือเป็นการสร้างความมีเอกลักษณ์เฉพาะถิ่นในเขตพื้นที่อ่าวละแม	21 (100)	0	0	0
5. ควรมีการอนุรักษ์เรือใบโบราณเพื่อเป็นการศึกษาเรียนรู้สำหรับประชาชนในท้องถิ่น	19 (90.5)	2 (9.5)	0	0
6. ควรมีการอนุรักษ์เรือใบโบราณ เพื่อเป็นแหล่งศึกษาแก่คนต่างถิ่น (นักท่องเที่ยว)	20 (95.2)	1 (4.8)	0	0
7. การอนุรักษ์เรือใบโบราณให้ประสบผลสำเร็จ ควรมีการดำเนินการในรูปแบบของการจัดตั้งเป็นชมรม	21 (100)	0	0	0
8. การอนุรักษ์เรือใบโบราณจำเป็นต้องดำเนินการโดยประชาชนท้องถิ่นเท่านั้น	3 (14.3)	4 (19.0)	7 (33.3)	7 (33.3)
9. การที่บุคคลจะเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์เรือใบโบราณ จำเป็นต้องมีความรู้ความสามารถในการต่อเรือ ทำใบเรือ หรือเป็นผู้ที่มีความสามารถในการแล่นเรือใบเท่านั้น	6 (28.6)	2 (9.5)	6 (28.6)	7 (33.3)
10. การอนุรักษ์เรือใบโบราณให้ประสบผลสำเร็จ ควรมีหน่วยงานภาครัฐ คอยให้คำปรึกษาและเป็นหน่วยงานประสานหลัก	20 (92.5)	1 (4.8)	0	0
11. หากมีการอนุรักษ์เรือใบโบราณเกิดขึ้น ในเขตพื้นที่อ่าวละแม ในอนาคตสามารถพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีศักยภาพได้	21 (100)	0	0	0

ตารางผนวกที่ 2 ความต้องการในการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่นในการอนุรักษ์เรือใบโบราณในเขตพื้นที่อ่าวละแม ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร

(n = 21)

ตัวชี้วัด	ระดับความต้องการ (จำนวน/ร้อยละ)			
	ต้องการอย่างยิ่ง	ต้องการปานกลาง	ต้องการน้อย	ไม่ต้องการ
1. ต้องการให้มีการอนุรักษ์เรือใบโบราณในเขตพื้นที่อ่าวละแม	21 (100)	0	0	0
2. ต้องการเข้าร่วมในการอนุรักษ์เรือใบโบราณในเขตพื้นที่อ่าวละแม	21 (100)	0	0	0
3. ต้องการให้มีหน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์เรือใบโบราณ	19 (90.5)	2 (9.5)	0	0
4. ต้องการจัดตั้งกลุ่ม/ชมรมอนุรักษ์เรือใบโบราณในการดำเนินการด้านการอนุรักษ์เรือใบโบราณให้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม	21 (100)	0	0	0
5. ความช่วยเหลือจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดตั้งกลุ่ม/ชมรมอนุรักษ์เรือใบโบราณ				
5.1 งบประมาณในการดำเนินการจัดตั้งกลุ่ม/ชมรมอนุรักษ์เรือใบโบราณ	16 (76.2)	5 (23.8)	0	0
5.2 บุคลากรในการเข้าร่วมเป็นสมาชิก/ชมรมอนุรักษ์เรือใบโบราณ	18 (85.7)	3 (14.3)	0	0
5.3 ผู้ประสานงานระหว่างกลุ่ม/ชมรมอนุรักษ์เรือใบโบราณกับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	20 (95.2)	1 (4.8)	0	0
5.4 สถานที่ในการจัดตั้งกลุ่ม/ชมรมอนุรักษ์เรือใบโบราณ	17 (81.0)	4 (19.0)	0	0
5.5 การฝึกอบรมและให้ความรู้ด้านการท่องเที่ยวจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	18 (85.7)	3 (14.3)	0	0
6. ต้องการพัฒนาเรือใบโบราณให้เป็นทรัพยากรการท่องเที่ยวภายในชุมชน	21 (100)	0	0	0

การฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดสำหรับที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ แนวทางการมีส่วนร่วมในพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ เกาะช้าง จังหวัดตราด

Marketing Training and Practice Program for Home stay: A Guideline for Participation of Eco-tourism Sustainable Development Program in Koh Chang Island, Trad, Thailand

วุฒิชาติ สุนทรสมัย และธนาวุฒิ โรจนรุ่งทวี

Vuttichat Soonthonsmai and Tanawut Rojanarungtawee

สาขาการตลาด คณะการจัดการและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

Faculty of Management and Tourism, Burapha University, Chonburi, Thailand 20131

Email: vutmba@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่อง การฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดสำหรับที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ แนวทางการมีส่วนร่วมในพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ เกาะช้าง จังหวัดตราด มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผู้ประกอบการและผู้สนใจประกอบธุรกิจการท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ให้มีศักยภาพด้านการตลาดในการประกอบธุรกิจท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ และศึกษาปัญหาในการประกอบธุรกิจ ตลอดจนส่งเสริมการร่วมมือกันของผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์กับชุมชน ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเป็นการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด โดยกำหนดพื้นที่ วัตถุประสงค์ เนื้อหา สื่อประกอบการสอนเป็นคู่มือ โดยประชากรที่ศึกษา คือผู้ประกอบการและผู้สนใจประกอบธุรกิจการท่องที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ จำนวน 15 ราย โดยมีการเลือกตัวอย่างตามสะดวกและตามความสมัครใจจำนวน 9 คน วิธีวิเคราะห์ข้อมูลพิจารณาจากผลลัพธ์ด้านความพึงพอใจโดยแสดงจำนวนค่าร้อยละและระดับการนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้จากการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดที่เป็นรูปธรรมในด้านโปรแกรมการท่องเที่ยวที่จัดทำขึ้น

ผลการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดพิจารณาโดยอาศัยการจัดการเชิงระบบ 3 ประการ ดังนี้

1. ปัจจัยนำเข้า ผู้วิจัยได้กำหนดแนวคิดในการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดโดยใช้กลวิธีการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงเป็นหลัก การปรึกษาหารือ โดยอาศัยแนวคิดการมีส่วนร่วมของชุมชนในการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด ซึ่งได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากการประชุมชี้แจงแก่ผู้สนใจเข้ารับการอบรม องค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ซึ่งสามารถกำหนดสถานที่ เนื้อหา เทคนิค วิธีการ สื่อและอุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

2. การดำเนินงาน ผู้วิจัยและชุมชนร่วมกันประชาสัมพันธ์โครงการ และดำเนินการฝึกอบรมความรู้แต่ละด้านตามที่กำหนดกันไว้

3. ผลการดำเนินงาน ผู้วิจัยได้ประเมินผลลัพธ์ของโครงการในด้านความพึงพอใจและผลผลิตจากการประยุกต์ใช้ ดังนี้

3.1 ผู้รับการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด จำนวน 9 คน ส่วนใหญ่เป็น เพศหญิง อายุระดับ 41-45 ปี การศึกษาอ่านออกเขียนได้ถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.2 ผู้เข้าร่วมฝึกอบรมประเมินความพึงพอใจจากฝึกอบรมซึ่งใช้เป็นดัชนีชี้วัดผลการฝึกอบรมในด้านเนื้อหา กระบวนการ บรรยากาศและการนำไปใช้ ได้ผลดังนี้ มีความพึงพอใจมากต่อการบรรยายที่สนุกไม่น่าเบื่อ เนื้อหามีความน่าสนใจ ระยะเวลาที่เหมาะสม และการบริการอาหารว่าง/อาหารกลางวัน รวมทั้ง การได้ฝึกปฏิบัติจริง และนำไปใช้ได้จริง

3.3 ผลลัพธ์จากการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเนื้อหาของการฝึกอบรม ซึ่งเน้นความคิดสร้างสรรค์และการมีส่วนร่วม โดยอาศัยสื่อและกระบวนการฝึกอบรมที่ได้ออกแบบไว้ตามกรอบแนวคิดการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ

ผลการศึกษานี้ทำให้ทราบชัดว่าผู้ประกอบการมีความรู้พื้นฐานด้านการบริการอยู่พอสมควร แต่ยังขาดความรู้ด้านการตลาดอย่างถูกต้องซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของการประกอบธุรกิจการท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ของตำบลเกาะช้าง จังหวัดตราด ซึ่งผลการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดสามารถส่งเสริมความร่วมมือของชุมชนทั้งในแง่ที่ผู้ประกอบการและผู้สนใจอาจเป็นญาติพี่น้องกัน หรืออาศัยอยู่ในชุมชนเดียวกันตลอดจนส่งเสริมการประสานกับหน่วยงานระดับท้องถิ่น

ข้อเสนอแนะด้านการวิจัย ได้แก่ การติดตามผลการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดเพื่อให้ผู้รับการฝึกอบรมสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง ทั้งนี้อาศัยความสัมพันธ์เป็นความสัมพันธ์เชิงเครือข่ายชุมชนที่เป็นรูปธรรมที่มิได้มุ่งเน้นเป้าหมายทางเศรษฐกิจเท่านั้น แต่มุ่งการรู้รักสามัคคีเป็นแก่นแท้ นอกจากนี้การศึกษาวิเคราะห์และระบุปัญหาของชุมชนรายรอบที่ได้รับผลกระทบต่อการเข้ามาของนักท่องเที่ยวที่ต้องการที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ ที่เพิ่มขึ้นอย่างยั่งยืนและต่อเนื่อง

คำสำคัญ: การฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด ที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ การพัฒนาการท่องเที่ยว

Abstract

The study of the transference of knowledge of marketing to strengthen and sustain eco-tourism and home stay business in Koh Chang, Trad aimed to develop the entrepreneurs and other interest groups' capacities/efficiency, and to identify problems in conducting businesses in eco-tourism and home stay business. In addition, this research also aimed to promote the cooperation between the entrepreneurs and the community. This study was conducted in the form of participatory action research in order to transfer bodies of knowledge in the fields of marketing skills. 9 samples were conveniently and voluntarily selected from the 15 home stay owners and interest persons.

The study found that:

1. Input factors: the research was mainly conducted through first-hand practices, and consultation. This is performed in accordance with the concept of the participation in transferring of knowledge namely; marketing skills. It is cooperated by the target groups, and the local administrative organization. Accordingly, details, techniques, methodology, and media can be well-determined.

2. Processes: the project is publicized, and the aforementioned skills were transferred.

3. Results: the evaluation of the project is portrayed in terms of satisfaction and the application of the knowledge as follows.

3.1 There were 9 participants in marketing training service. Mostly, the participants were women aged between 41-45 years with literary (primary) education to secondary education.

3.2 The participants were satisfied with an interesting lecture, meals, coffee break service, and the facts that the transference of marketing knowledge is practical and applicable.

3.3 The outputs of the training have evidently achieved the study's objectives. There are creative activities and several tour packages developed through the participative research action approach based on the ecotourism conceptual framework.

The results showed that the entrepreneurs have gained the basic marketing skill; however, they still lack of marketing support, including English communication skills, and the accurate financial and accounting skills. It was acknowledged that the lack of cooperation among the entrepreneurs may be a major problem of ecotourism and home stay business in Koh Chang, Trad.

The suggestion for further research was to monitor whether the marketing knowledge is practical and applicable in a real situation. It might be done through networks in the community and it should not only be focused on economic aspect, but also the harmony of the community. Furthermore, the study of problems raised by surrounding communities affected from continual floods of tourists who want to experience home stay housing should be fruitful to conduct for the future research.

Key words: marketing training and practice program, home stay, eco-tourism sustainable development

คำนำ

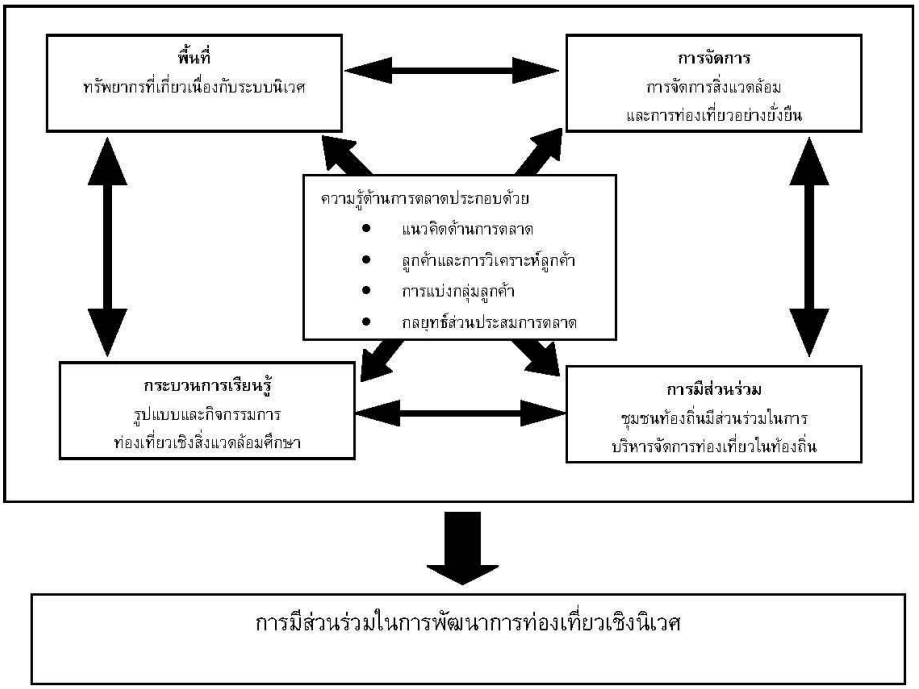
การท่องเที่ยวเชิงนิเวศเป็นรูปแบบหนึ่งของการสร้างแรงจูงใจ เพื่อให้ชุมชนท้องถิ่นใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน ภายใต้หลักการที่ว่าคนที่ดูแลรักษาทรัพยากรย่อมสมควรได้รับประโยชน์จากการดูแลรักษานั้น การท่องเที่ยวเชิงนิเวศจึงเป็นการปรับเปลี่ยนความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติให้มีลักษณะเป็นการอนุรักษ์และพัฒนาอย่างเข้มข้นยิ่งขึ้น โดยเน้นการรักษาสภาพความอุดม

สมบูรณ์ของผืนป่า สายน้ำ ฝูงปลา นก และสัตว์ป่าไว้ให้นักท่องเที่ยวได้ชื่นชม และชุมชนได้ประโยชน์จากกิจกรรมการท่องเที่ยว ในขณะเดียวกันมีการกระจายผลประโยชน์จากการท่องเที่ยวออกไปยังสมาชิกของชุมชน และมุ่งเน้นให้ชุมชนท้องถิ่นมีสำนึกและความภาคภูมิใจในวัฒนธรรมประเพณีของตน สามารถอธิบายให้นักท่องเที่ยวได้รับรู้และเข้าใจในวิถีชีวิต วัฒนธรรมท้องถิ่นว่ามีความสวยงามและมีคุณค่าอย่างไร จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2545-2549) ต่อเนื่องถึงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) ได้ให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์ฟื้นฟูและรักษาสภาพแวดล้อม ชุมชน ศิลปวัฒนธรรม และแหล่งท่องเที่ยว ให้เกื้อหนุนต่อคุณภาพชีวิตและเป็นฐานการพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชน โดยการฟื้นฟูและรักษาสภาพแวดล้อมของแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ แหล่งศิลปกรรมและโบราณคดี เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน และเพื่อให้สอดคล้องกับทฤษฎีชุมชน และแนวความคิดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ

คณะผู้วิจัยได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้จัดทำโครงการวิจัยการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดสำหรับที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ แนวทางการมีส่วนร่วมในพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ เกาะช้าง จังหวัดตราด เพื่อพัฒนาความรู้และความสามารถทางด้านการตลาดในอุตสาหกรรมที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ โดยมีแนวคิดหลักในการสร้างเนื้อหาและกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะของผู้ประกอบการธุรกิจดังกล่าว ให้มีศักยภาพทางด้านการตลาด เพื่อการแข่งขันอย่างยั่งยืน และเป็นการขยายโอกาสและสร้างศักยภาพในการประกอบธุรกิจการท่องเที่ยวพักแรมแบบโฮมสเตย์ โดยมีเป้าหมายในการให้บริการแก่นักท่องเที่ยว เพื่ออำนวยความสะดวกให้นักท่องเที่ยวระหว่างการเดินทางท่องเที่ยว ฉะนั้นการจัดการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดให้แก่ผู้ประกอบการธุรกิจที่พักแรมแบบโฮมสเตย์นี้ จึงเป็นส่วนหนึ่งของการส่งเสริมการท่องเที่ยวที่มีการจัดการโดยชุมชนแบบยั่งยืน

กรอบแนวความคิด

กรอบแนวความคิดในการวิจัยนี้ สอดคล้องกับแนวคิดหลักในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมหลายทฤษฎีด้วยกัน คือ ทฤษฎีชุมชน ทฤษฎีใหม่เศรษฐกิจพอเพียงและแนวความคิดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ การวิจัยนี้ตระหนักว่าองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการในการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ อันได้แก่ พื้นที่ การจัดการ กิจกรรม และองค์กร ควรมีความเชื่อมโยงประสานสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสมเพื่อเป็นพลังผลักดันให้ชุมชนได้รับรู้หรือตื่นตัว เห็นความสำคัญและสำนึกในการอนุรักษ์ชุมชนที่ตนอาศัยอยู่ให้เป็นจุดดึงดูดของแขกผู้เยี่ยมเยือนประทับใจเมื่อมาได้เยือน แสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

วิธีการดำเนินการ

วิธีการศึกษาและการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) เป็นการศึกษาที่เน้นการฝึกอบรมความรู้การตลาดโดยเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อให้ชุมชนร่วมกันจัดการชีวิตของตนเองด้วยการเน้น “คน” และ “กลุ่ม” ที่ชุมชนเข้ามาร่วมกระบวนการวิจัยรายละเอียดเกี่ยวกับศักยภาพของชุมชน การจัดกิจกรรมและการมีส่วนร่วม โดยการเรียนรู้ร่วมกัน ข้อมูลที่ได้นั้นมาโดยการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิจากการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (Depth Interview) และการสังเกต (Observation) วิธีการดำเนินงานของผู้ประกอบการแต่ละราย ตลอดจนการสังเกตสภาพแวดล้อมอย่างมีส่วนร่วม จึงได้ออกแบบวิธีการเก็บข้อมูลในการวิจัยมี 3 ขั้นตอน และใช้เครื่องมือเสริมในการบันทึกข้อมูลเพื่อการศึกษา ได้แก่ เครื่องบันทึกภาพและเสียง กล้องถ่ายภาพ แบบบันทึกและสังเกตสภาพแวดล้อม ดังนี้

ขั้นตอนแรก คือ การศึกษาและวิเคราะห์ความความต้องการตลอดจนปัญหาในการดำเนินธุรกิจการท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกโดยพนักงานสัมภาษณ์ที่ผ่านการฝึกอบรมเทคนิคการสัมภาษณ์ การสังเกต และเข้าใจเนื้อหาของข้อคำถามอย่างชัดเจนโดยกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้ประกอบการธุรกิจการท่องเที่ยวพักแรมแบบโฮมสเตย์ของเกาะช้าง จังหวัดตราด จำนวน 7 ราย ได้แก่ โฮมสเตย์สมบัติของเปิ้ล บ้านคุณสมหมาย บ้านลุงต๊อบทัวร์ ศราวุธโฮมสเตย์ ตั๊กแตนโฮมสเตย์ เกาะช้าง

คันทรีโซน และวจีโฮมสเตย์ รวมทั้งสัมภาษณ์พูดคุยกับนายกองค์การบริหารส่วนตำบลและผู้อำนวยการเขตการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยสำนักงานตราดถึงนโยบายและการส่งเสริมและสนับสนุนการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการการเข้าพักแรมแบบโฮมสเตย์

ขั้นตอนที่สอง คือ ใช้วิธีการรวบรวมและทบทวนสภาพแวดล้อมของชุมชนที่เอื้อต่อการจัดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ และการประกอบธุรกิจด้านการท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ด้วยวิธีการสังเกตอย่างมีส่วนร่วม โดยคณะผู้วิจัยเป็นนักท่องเที่ยวเข้าพักแรมที่โฮมสเตย์และได้เก็บข้อมูลจากการสังเกต จากการเดินชมสภาพแวดล้อมโดยรอบสถานที่พักแรม สภาพแวดล้อมของชุมชนที่อยู่แวดล้อมรายรอบสถานที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ ซึ่งใช้แบบบันทึกการสังเกต จดบันทึกสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ตลอดจนถ่ายภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว เช่น สภาพพื้นที่ ภูมิทัศน์รายรอบ บรรยากาศรายรอบแหล่งที่พักโฮมสเตย์ ตลอดระยะเวลาที่พักอยู่เป็นเวลา 3 วัน จำนวน 5 ครั้ง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดและกิจกรรมการการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดแก่ชุมชน

ขั้นตอนที่สาม การดำเนินกิจกรรมการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรม 2 ประเภทดังนี้

1. กิจกรรมด้านการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด รูปแบบการฝึกอบรมความรู้ในหลักสูตรการตลาดสำหรับกิจการท่องเที่ยวที่พักแรมเป็นการเน้นการให้ความรู้โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน (Participative Community Based Approach) ซึ่งมีวิทยากรทำหน้าที่เป็นผู้เสนอแนะ (Coach) แนวคิดทางการตลาดที่เหมาะสมแก่การประกอบการโฮมสเตย์ โดยการพัฒนาการคิดอย่างมีส่วนร่วมและเสนอแผนการตลาดฉบับชุมชนและการนำไปปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม

2. กิจกรรมด้านฝึกอบรมและสื่อการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด การสอนใช้แบบไม่เป็นทางการ วิธีการฝึกอบรมและสื่อการฝึกอบรม ได้แก่ คู่มือการเรียนที่มุ่งให้เกิดการตระหนักความรู้ ความเข้าใจด้านการจัดการการตลาดท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ โดยมีขอบข่ายเนื้อหาประกอบด้วย 3 หัวข้อ ใช้ระยะเวลา 2 วัน รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง คือ

2.1 แนวคิดด้านการตลาดท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ใช้เวลา 3 ชั่วโมง

2.2 การสร้างความพึงพอใจแก่นักท่องเที่ยวยั่งยืนใช้เวลา 3 ชั่วโมง

2.3 กลยุทธ์การตลาดและการสร้างเครือข่ายชุมชนเพื่อการประชาสัมพันธ์ และการสื่อสารการตลาดการท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ ใช้เวลา 6 ชั่วโมง

ผลการศึกษา

1. จำนวนผู้เข้าร่วมฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด ผู้เข้ารับการฝึกอบรม ซึ่งประกอบด้วย ผู้เข้ารับการอบรม 9 คน ผู้ประกอบการการท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 78 และผู้ที่สนใจประกอบการท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 22 จำแนกเป็นเพศชาย 4 คน คิดเป็นร้อยละ 44 และหญิง 5 คน คิดเป็นร้อยละ 56 อายุระหว่าง 20-25 ปี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 22 อายุระหว่าง 26-30 ปี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยระหว่าง 11 อายุระหว่าง 31-35 ปี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 22 อายุระหว่าง 36-40 ปี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 11 อายุระหว่าง 41-45 ปี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 11 และอายุมากกว่า 51 ปี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 22 โดยไม่มีผู้นำชุมชนเข้าร่วมการ

ฝึกอบรม ระดับการศึกษาอ่านออกเขียนได้และประถมศึกษาปีที่ 4 เป็นส่วนใหญ่จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 60 มัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 30 และระดับปริญญาตรี 1 คน คิดเป็นร้อยละ 10

2. การดำเนินงานฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดแบบมีส่วนร่วมของชุมชน ประกอบด้วยผู้ประกอบการธุรกิจและผู้สนใจประกอบการด้านการท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้นำเสนอรายละเอียดของผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อชุมชนกับที่ประชุมกลุ่ม โดยมีการซักถามและให้ทุกคนในกลุ่มมีโอกาสในการตัดสินใจเข้ารับการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดอย่างสมัครใจ หลังจากนั้นได้มีการดำเนินการ ฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด และวิเคราะห์ผลการศึกษาด้วยการวิเคราะห์จุดแข็งจุดอ่อน โอกาสและอุปสรรคที่เกิดขึ้นของการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด เพื่อการประกอบธุรกิจท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ของเกาะช้าง จังหวัดตราด

ผลลัพธ์และผลผลิตของโครงการ

1. ผลลัพธ์จากผลการประเมินภาพรวมของการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด พบว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการเข้าร่วมการฝึกอบรมถึงร้อยละ 70 และเห็นว่าสื่อเสริมที่จัดทำขึ้น คือ คู่มือการฝึกอบรมการตลาดกับโฮมสเตย์อ่านง่าย สื่อความหมายชัดเจนและนำไปใช้ในการทบทวนความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรมได้

ผู้เข้ารับการอบรม แสดงความคิดเห็นว่าวิธีการบรรยาย สนุกไม่น่าเบื่อ อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.56 (คะแนนเต็ม 5 คะแนน) รองลงมาเป็นเนื้อหามีความน่าสนใจ ระยะเวลาที่เหมาะสม และการบริการอาหารว่าง/อาหารกลางวันอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.44, 4.43 และ 4.33 ตามลำดับ นอกจากนี้ผู้เข้ารับการอบรมยังมีความพึงพอใจการฝึกอบรมในเรื่องต่างๆ อยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.22 เท่ากัน ได้แก่ สถานที่ฝึกอบรมมีความสะอาดและมีความเหมาะสม และการได้เรียนรู้สิ่งใหม่ๆ จากการฝึกอบรมผู้รับการอบรมมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ในด้าน การได้ฝึกปฏิบัติจริง ด้วยคะแนนเฉลี่ย 3.67 และการนำไปใช้ได้จริงมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ด้วยคะแนนเฉลี่ย 3.38

2. ผลผลิตจากการมีส่วนร่วมในการฝึกอบรม พบว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถสร้างโปรแกรมการท่องเที่ยวโดยอาศัยทรัพยากรและภูมิปัญญาของท้องถิ่น อาทิเช่น โปรแกรมการท่องเที่ยวพักค้างคืนที่พักแรมโฮมสเตย์ 2 วัน 1 คืน ประกอบด้วยกิจกรรม วันที่ 1 ตักบาตรตอนเช้า ชมวัดวาอาราม ดำน้ำชมปะการัง ตกปลา รับประทานอาหารค่ำร่วมกับเจ้าของบ้าน วันที่ 2 ปั่นจักรยานชมทิวทัศน์ ชมพิพิธภัณฑ์พื้นบ้าน ชมขนบธรรมเนียมวัฒนธรรมท้องถิ่น ว่ายน้ำเล่นในลำคลองยามเย็น เลือกซื้อของฝากของที่ระลึก กิจกรรมเสริม นวดแผนโบราณ ล่องเรือชมแสงหิ่งห้อย เที่ยวน้ำตกในเขตอุทยานฯ นอกจากผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ ด้านในการจัดการโฮมสเตย์และ ยังได้รับรางวัลเป็นของที่ระลึก เช่น ปากกา สมุด เป็นต้น เมื่อสามารถตอบคำถามและปฏิบัติกิจกรรมได้ตรงตามวัตถุประสงค์และเป้าหมาย

การอภิปรายผล

การวิจัยเรื่องการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดสำหรับที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ แนวทางการมีส่วนร่วมในพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ เกาะช้าง จังหวัดตราด การวิจัยนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และสอดคล้องกับทฤษฎีชุมชน และแนวความคิดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ขอบเขตในการทำวิจัยในครั้งนี้ได้วิเคราะห์ตามองค์ประกอบสำคัญ 4 ด้าน ของการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ประกอบด้วย

1. องค์ประกอบด้านพื้นที่ ผลจากการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด แก่ผู้ประกอบการที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ โดยสะท้อนข้อมูลจากการร่วมกิจกรรมของการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดบริการพบว่า ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ใช้บ้านพักของตนเองจัดเป็นที่พักโฮมสเตย์โดยขึ้นอยู่กับทำเล และธรรมชาติ เช่น บ้านอยู่ริมทะเล บ้านสวน และบ้านติดภูเขา เป็นต้น และใช้ทรัพยากรในพื้นที่ ได้แก่ ทะเล สวนผลไม้ สวนยาง สวนมะพร้าว หรือภูเขา น้ำตก ตลอดจนการป่าชายเลน และป่าโกงกางที่ฝั่งมีสภาพอุดมสมบูรณ์ทางระบบนิเวศเป็นแหล่งดึงดูดนักท่องเที่ยวร่วมกับอาชีพหลักของผู้ประกอบการเอง โดยเป็นการผสมผสานให้เกิดเป็นกิจกรรมการท่องเที่ยวทางธรรมชาติหรือเชิงนิเวศโดยอาศัยทรัพยากรในท้องถิ่นเป็นวัตถุดิบที่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ตามความต้องการและเกิดจากการตัดสินใจจัดสรรทรัพยากรของชุมชนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด ส่วนการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรท่องเที่ยวที่มีอยู่อย่างให้เกิดประโยชน์สูงสุด (ภราเดช, ม.ป.ป.อ้างถึงใน รณกร, 2544) อย่างไรก็ตามชาวบ้านที่เข้าร่วมรับการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดมีการแลกเปลี่ยนความรู้ และประสบการณ์ระหว่างกันอย่างดี ตลอดจนมีการกำหนดแนวทางในการจัดกิจกรรมการท่องเที่ยวจากทรัพยากรธรรมชาติ

2. องค์ประกอบด้านการจัดการ เกาะช้างเป็นชุมชนดั้งเดิมเริ่มเป็นที่รู้จักแก่นักท่องเที่ยว เนื่องจากรัฐบาลให้ความสำคัญและสนับสนุนทางด้านสาธารณูปโภค และสาธารณูปการหลายด้าน หน่วยงานของรัฐจึงสนองนโยบายและดำเนินการในด้านต่าง ๆ ได้แก่ องค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) จัดให้มีการรักษาความสะอาดของถนน ทางน้ำ ทางเดิน และที่สาธารณะ รวมทั้งการกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล การบำบัดน้ำเสีย การป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย การคุ้มครอง ดูแลและบำรุงรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การต่อท่อน้ำด้วยระบบประปาภูเขา นอกจากนี้ เมื่อมีการจัดโครงการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดสำหรับที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ ทำให้ชาวบ้านเกาะช้าง จังหวัดตราด เกิดการรวมกันโดยเริ่มจากการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน โดยปรับเป้าหมายจากเชิงเศรษฐกิจอันได้แก่ มุ่งหวังการกอบโกยรายได้เพียงอย่างเดียวเป็นหลัก หันมาสู่เป้าหมายของการกระจายรายได้และพยายามแบ่งปันผลประโยชน์อย่างยุติธรรมโดยอาศัยการเกื้อหนุนจากปัจจัยด้านการตลาดและการบริการ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาโดย บุษบา (2541) พรหมมินทร์ และคณะ (2544) และจักร (2543) ที่ให้ผลสรุปในทิศทางเดียวกันถึงความจำเป็นและความสำคัญของการใช้ปัจจัยการตลาดและการบริการได้แก่ การศึกษาความต้องการนักท่องเที่ยว เลือกตอบสนองความต้องการ ด้วยการหาจุดเด่นของโฮมสเตย์ตลอดจนจัดทำกิจกรรมการท่องเที่ยวที่มีค่าที่ใช้จ่ายที่เป็นธรรม มีการกระจายข้อมูลดังกล่าวแก่นักท่องเที่ยวโดยสื่อประชาสัมพันธ์ภายใน เช่น หอกระจายข่าว จดหมายข่าว ป้ายประกาศ ป้ายบอกทาง และสื่อประชาสัมพันธ์ภายนอก เช่น โปรชัวร์ แผ่นพับ เวปไซต์ เป็นต้น

3. องค์ประกอบด้านกระบวนการเรียนรู้ การท่องเที่ยวและพักแรมแบบโฮมสเตย์ในเกาะช้าง ทำให้นักท่องเที่ยวได้มีการให้การศึกษาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศที่ช่วยเพิ่มพูนความรู้ ประสบการณ์ ความประทับใจ จากอัธยาศัยใจคอที่เอื้อเฟื้อ เผื่อแผ่ และเป็นกันเองด้วยรอยยิ้ม เพื่อสร้างความตระหนักและปลูกจิตสำนึกที่ถูกต้องและสร้างความประทับใจทั้งต่อนักท่องเที่ยว ประชาชนท้องถิ่นและผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง โดยเริ่มต้นนักท่องเที่ยวที่ต้องการที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ มักจะต้องเดินทางผ่านถนนเข้าหมู่บ้านที่มีเพียงสองเลนรายรอบด้วยสวนเงาะ ทุเรียน และมังคุด ซึ่งยังคงสภาพความเป็นธรรมชาติไว้ได้ และกิจกรรมหลังจากนักท่องเที่ยวเข้าพักแล้วสามารถเดินชมสวนผลไม้ เที่ยวเกาะ ชมการ

ไดหมึกและดำน้ำ กิจกรรมท่องเที่ยวที่เกิดจากกลุ่มแม่บ้านต่างๆ ในพื้นที่บริเวณรายรอบที่รวมตัวกันสร้างอาชีพมากมาย เช่น สามารถเข้ามาศึกษาวิธีแกะปู แกะกุ้ง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมทางวัฒนธรรมและประเพณีตามเทศกาลงานบุญต่างๆ ที่เปิดโอกาสให้นักท่องเที่ยวได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม

นอกจากนี้แล้ว การฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดแก่ผู้ประกอบการและผู้สนใจประกอบกิจการท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์นี้เลือกพื้นที่ที่ชุมชนที่มีความพร้อมและเปิดรับข้อมูลสารจากภายนอกชุมชนอย่างอิสระ ดังนั้น สื่อการสอนจึงพัฒนาขึ้นจากสภาพจริงของชุมชน ทำให้ผู้รับการอบรมเกิดการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมอันเป็นการเสริมศักยภาพของ “คน” ให้ชุมชนในการคิดค้นโปรแกรมการท่องเที่ยวในรูปแบบต่างๆ โดยการปรึกษาหารือกัน วิเคราะห์ ตัดสินใจ แลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกันและกับคณะผู้วิจัยด้วยการทดลองปฏิบัติจริง (Interactive Learning through Action) การดำเนินการเช่นนี้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันอันนำไปสู่การพัฒนาการบริการท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ที่ได้มาตรฐานและสอดคล้องกับผลการศึกษาโดย พรมมินทร์ และคณะ (2544); ชูสิทธิ์ (2544) ที่ได้ข้อมูลคล้ายกันว่าการเรียนรู้ของชุมชนหรือชาวบ้านเกิดจากการวิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม โดยเน้นให้ชาวบ้านร่วมกันคิด วิเคราะห์ตัดสินใจแก้ปัญหาของชุมชนในรูปองค์รวมที่จะนำไปสู่การเรียนรู้ที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนประสบการณ์จริงร่วมกัน หาสาเหตุ ระบุปัญหา สรุปและหาแนวทางแก้ปัญหาทั่วไปในปัจจุบันและอนาคต

4. องค์ประกอบด้านการมีส่วนร่วม การท่องเที่ยวการมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อก่อให้เกิดผลประโยชน์ต่อท้องถิ่น เพื่อการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างมีคุณภาพท้องถิ่นโดยการส่งเสริมของสำนักงานเกษตรเกาะช้าง จังหวัดตราด การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย และองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ที่เข้ามาช่วยด้านการประชาสัมพันธ์และเข้ามาพัฒนาท่าเรือและถนน ให้เข้าถึงที่พักได้สะดวกและปลอดภัย นอกจากนี้ อบต. ยังติดตั้งหอกระจายข่าวเพื่อเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารที่จำเป็นในการดำรงชีวิตของชาวเกาะและเป็นประโยชน์ต่อนักท่องเที่ยวและผู้ประกอบการ

อย่างไรก็ดีการพัฒนาศักยภาพของการท่องเที่ยวพักแรมโฮมสเตย์ของเกาะช้างด้วยการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาด ยังมีข้อจำกัดที่สำคัญยิ่งได้แก่ ด้านการมีส่วนร่วมของชุมชน เพราะผู้เข้าร่วมโครงการมีการกระจุกตัวเฉพาะกลุ่มและครอบครัว ญาติสนิทของผู้ประกอบการเท่านั้น ซึ่งส่งผลทำให้ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจอยู่ในวงจำกัดและไม่สามารถขยายตัวไปในวงกว้างทั่วทั้งชุมชนและทั้งเกาะได้ ดังนั้นด้วยข้อจำกัดในการมีส่วนร่วมอย่างกว้างขวางทำให้ผลการศึกษาอาจไม่สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาศักยภาพการท่องเที่ยวเชิงนิเวศที่ต้องมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของภายในชุมชนอย่างกว้างขวาง (ขนิษฐา และ สาทิศ, 2543; ปิยาภรณ์, 2541) อีกทั้งขาดการประชาสัมพันธ์อย่างทั่วถึงทำให้การพัฒนาที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ถูกขีดวงไว้ในกลุ่มนักท่องเที่ยวจำนวนหนึ่งที่ไม่มากนัก ทำให้ไม่สามารถขยายเครือข่ายและพันมิตรธุรกิจต่อๆ ไปได้ และอาจไม่สามารถจูงใจกลุ่มชาวบ้านในชุมชนมาร่วมลงทุนลงแรงในการท่องเที่ยวหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังเช่น การศึกษาการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ บ้านกำปองกิ่งอำเภอแม่ออน โดยสถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2547) แม้ว่าเกาะช้างจะอุดมไปด้วยทรัพยากรและแหล่งท่องเที่ยวมากมาย ผู้ประกอบการท่องเที่ยวที่พักแรมแบบ โฮมสเตย์ของเกาะช้างจะกระจุกตัวเป็นกลุ่มๆ และไม่กระจายไปทั่วเกาะ นอกจากนี้ ยังขาดการฝึกอบรมความรู้ด้านการจัดการอื่นๆ ด้วย

ข้อจำกัดในการศึกษา

1. การจัดโครงการแม้ว่าจะได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจากทุกๆ ฝ่ายแต่ก็พบอุปสรรคในการเดินทางเข้าร่วมการฝึกอบรม ซึ่งช่วงที่ศึกษาเป็นช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จึงทำให้ผู้เข้าร่วมฝึกอบรมไม่เป็นไปคาดหมาย

2. ในการฝึกอบรมครั้งนี้แม้ว่ามีการประชาสัมพันธ์และได้มีการจัดประชุมร่วมกันล่วงหน้าแล้ว แต่ด้วยจุกตัวเฉพาะกลุ่มและครอบครัวทั้งญาติสนิทของผู้ประกอบการ ทำให้มีการชักชวนสมาชิกในบ้านและเพื่อนบ้านใกล้เคียงมาเข้าร่วมการฝึกอบรมเท่านั้น ทำให้ความรู้ที่ได้ฝึกอบรมยังจำกัดอยู่เฉพาะกลุ่ม

ข้อเสนอแนะ

1. รูปแบบการฝึกอบรมเพื่อเสริมทักษะให้ชุมชนดำเนินกิจการการท่องเที่ยวเชิงนิเวศในรูปแบบความร่วมมือทั้งภายในชุมชน ระหว่างชุมชน รวมถึงลู่ทางการขยายตลาดไปสู่นักท่องเที่ยวชาวต่างชาติเพิ่มมากขึ้น เพื่อดึงเงินตราต่างประเทศ ตลอดจนเป็นการเผยแพร่ศิลปวัฒนธรรม ภูมิปัญญาพื้นบ้านของเกาะช้างอย่างยั่งยืน แต่ในทางปฏิบัติผู้ประกอบการมักคำนึงถึงตัวเลขทางเศรษฐกิจได้แก่รายได้ที่จะได้รับจากการบริการมากกว่ามุ่งให้เกิดความร่วมมือกันในชุมชนและกระจายรายได้กันในชุมชน ดังนั้นการดำเนินการให้เกิด เครือข่ายอย่างเป็นรูปธรรมโดยมีผู้นำกลุ่มที่มีศักยภาพในการนำ มีภูมิรู้ทั้งในด้านการจัดการและจัดการการท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ โดยควรจะต้องได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้ประกอบการอย่างแท้จริง ควรมีการวางแผน กำหนดเป้าหมาย และดำเนินแนวทางในการจัดการและจัดการท่องเที่ยว เช่นนี้ร่วมกันตามวิถีทางของชุมชนเอง

2. ผู้สนใจสามารถศึกษาวิจัยเชิงเปรียบเทียบเรื่องการฝึกอบรมความรู้ด้านการตลาดสำหรับที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ แนวทางการมีส่วนร่วมในการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศในพื้นที่อื่นๆ ในเขตภาคตะวันออกหรือภาคอื่นๆ เพื่อให้ทราบถึงสภาวะการดำเนินการ การจัดการและการแข่งขัน สภาพตลาด สภาวะแวดล้อมต่างๆ ตลอดจน สามารถระบุปัญหาอุปสรรค และการแสวงหาแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างเป็นรูปธรรมและมีประสิทธิภาพต่อไป

3. หน่วยงานของรัฐ ได้แก่ อบต. อบจ. การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย กระทรวงการท่องเที่ยวและการกีฬาควรศึกษาข้อมูลจากนักท่องเที่ยวที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ในพื้นที่เพิ่มเติม เพื่อรับทราบความต้องการในส่วนความคาดหวัง และความพึงพอใจของผู้รับบริการอย่างถูกต้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการขยายตลาดที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ให้ยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ อุปถัมภ์ อธิการบดี ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ พันธุวัฒนา รองอธิการบดีฝ่ายวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชนี นนทศักดิ์ รักษาการคณบดีคณะการจัดการและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยบูรพา ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่เปิดโอกาสและสนับสนุนทุนในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ผู้ประกอบธุรกิจทุกท่าน ตลอดจนผู้ประกอบการธุรกิจที่พักแรมแบบโฮมสเตย์ของพื้นที่เกาะช้าง จังหวัดตราด ที่ให้ความร่วมมือแก่คณะผู้วิจัยอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย กองวิชาการ. 2546. **สถานการณ์การเข้าพักแรมตาสถานที่พักแรมในประเทศไทย.** จาก *http://www2.tat.or.th/tat/e-journal* [14 เมษายน 2546].

ขนิษฐา พอนอ่วม และสาทิศ สุขอ่วมศรี. 2543. **การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ: กรณีศึกษาชุมชนคีรี ตำบลกำโลน อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช.** สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข: กรุงเทพฯ.

ชูสิทธิ์ ชูชาติ. 2544. **โครงการวิจัยรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงนิเวศในเขตลุ่มแม่น้ำวาง.** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยสำนักงานภาค: เชียงใหม่.

จักร กินีสี. 2543. **รูปแบบการท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมที่เชื่อมโยงกับองค์ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของนกของชาวปกาเกอะญอในเขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่.** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สาขาภาคเหนือ: เชียงใหม่.

บุษบา สิทธิการ. 2541. **การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางกายภาพและปัจจัยที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในแหล่งท่องเที่ยววัดพระธาตุดอยสุเทพราชวรวิหาร.** ศิลปกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

ปิยาภรณ์ รัตนเจษฎา. 2541. **การเปรียบเทียบพฤติกรรมที่เกี่ยวกับการท่องเที่ยวอนุรักษ์ของนักท่องเที่ยวที่พัก ค้างแรมและไม่ค้างแรมในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา. มหาวิทยาลัยมหิดล: กรุงเทพฯ.

มิศรา สามารถ. 2543. **การมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น ในการบริหารจัดการด้านการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ:รายงานผลการศึกษาวิจัย.** สถาบันดำรงราชานุภาพ: กรุงเทพฯ.

รณกร ตีรกานนท์. 2541. การท่องเที่ยวเชิงนิเวศเพื่อการพัฒนาป่าชุมชน. **จุลสารการท่องเที่ยว.** 17(2): 38-49.

วุฒิชาติ สุนทรสมัย. 2548. **การพัฒนาศักยภาพ ความเข้มแข็ง และความยั่งยืนของการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการประกอบธุรกิจด้านการท่องเที่ยวหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์แบบโฮมสเตย์ กรณีศึกษาเกาะช้าง จังหวัดตราด.** มหาวิทยาลัยบูรพา: ชลบุรี.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. 2544. **โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนปฏิบัติการพัฒนาอุตสาหกรรมท่องเที่ยวแห่งชาติในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2545-2549).** สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย: กรุงเทพฯ.

สาทิศ สุขผ่องศรี. 2543. **แนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของชุมชนคีรีวง ตำบลกำโลน อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ (การวางผังเมือง). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

ภาคผนวก

กิจกรรมระหว่างการฝึกอบรม

การศึกษาความพร้อมของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรต่อระบบเตือนภัยทางการเงิน

The Study of Cooperatives and Agricultural Groups' Readiness for Financial Surveillance and Warning System

ประเสริฐ จรรยาสุภาพ[1] และวราภรณ์ ศิริโภคากิจ[2]

Prasert Janyasupab[1] and Waraporn Siripokakit[2]

[1]คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

[2]Faculty of Business Administration, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

E-mail: wsiripokakit@hotmail.com

บทคัดย่อ

กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ได้พัฒนา เครื่องมือเตือนภัยและเฝ้าระวังทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร (Cooperative Financial Surveillance and Warning System : Set Standard : CFSAW:ss) หรือ เครื่องมือ CFSAW:ss ซึ่งถือเป็นนวัตกรรมทางการเงิน (Financial Innovation) เพื่อวัดการบริหารจัดการทางการเงิน และ เฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงิน โดยได้เริ่มใช้ตั้งแต่ปี 2550 ดังนั้น ก่อนการนำเครื่องมือ CFSAW:ss ไปใช้ กรมตรวจบัญชีสหกรณ์จึงต้องการศึกษาเพื่อให้ทราบสภาพการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรของสหกรณ์ รวมทั้งปัญหา และอุปสรรคในการที่จะนำเครื่องมือ CFSAW:ssไปใช้ เพื่อจะได้พัฒนาระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรให้มีประสิทธิภาพต่อไป โครงการวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร ปี 2549 เพื่อทดสอบและประเมินขีดความสามารถของระบบเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาระบบเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินที่มีประสิทธิภาพต่อไป โดยการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นสหกรณ์ และกลุ่มเกษตรกร จำนวนทั้งสิ้น 660 แห่ง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Pearson's correlation coefficient

ผลการศึกษาสภาพการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร ปี 2549 พบว่า โดยส่วนใหญ่มีระดับการเฝ้าระวัง และเตือนภัยทางการเงินในระดับมากขึ้น ซึ่งหมายถึง สหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร ต้องวิเคราะห์ถึงความสามารถในการพัฒนาทางการเงินอย่างต่อเนื่อง และมีปัญหาด้านใดด้านหนึ่งหรือสองด้านของความเพียงพอของเงินทุน คุณภาพของสินทรัพย์ ความสามารถในการทำกำไรและความคล่องตัวทางการเงินที่ต้องพัฒนาปรับปรุงให้มากขึ้นและดีกว่าเดิม ผลการทดสอบและประเมินขีดความสามารถของระบบเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร พบว่าสหกรณ์ขนาดใหญ่และใหญ่มาก มีผลการประเมินสภาพทางการเงินที่สหกรณ์เป็นอยู่สอดคล้องกับเครื่องมือมากที่สุด และปัญหาที่พบจากระบบเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงิน ได้แก่ ผู้ให้ข้อมูลยังไม่รู้จักเครื่องมือมากนัก แต่มีความสนใจที่จะใช้เพื่อเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงิน ดังนั้นเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาระบบ

เฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินที่มีประสิทธิภาพต่อไป กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ ควรให้การอบรมการใช้เครื่องมือแก่สหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร และการวิเคราะห์ข้อมูลทางการเงิน เพื่อสหกรณ์ และกลุ่มเกษตรกรจะได้นำข้อมูลทางการเงินไปใช้ในการบริหารจัดการทางการเงิน และเฝ้าระวังทางและเตือนภัยทางการเงินอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

คำสำคัญ: สหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร นวัตกรรมทางการเงิน เครื่องมือเตือนภัยและเฝ้าระวังทางการเงิน CAMELS Analysis

Abstract

The Cooperative Auditing Department developed the Cooperative Financial Surveillance and Warning System which is a financial innovation to measure financial management. This research was conducted to study the state of financial surveillance and warning for cooperatives and agricultural groups, to evaluate the effectively of the warning system, and to study its fundamental information in order to continually develop the financial warning system to be more efficient. The sample of this study was 660 cooperatives and agricultural groups using Pearson's correlation coefficient to analyze the data.

The finding of the study was that most of the cooperatives faced more risky financial problems. The result of comparing the accuracy of evaluating the financial situation by the Cooperative Financial Surveillance and Warning System in evaluating the financial situation by the respondents suggests that large and larger-sized cooperatives were evaluated in the same situation but others were not. Nevertheless, in order to assist the cooperatives in using this tool more effectively, the Cooperative Auditing Department should train the cooperatives to know how to use this tool in analyzing the financial ratios.

Key words: cooperatives and agricultural groups, financial innovation, financial surveillance and warning system, CAMELS analysis

คำนำ

ความเป็นมาของระบบภัยและเฝ้าระวังทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร

กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ได้พัฒนาระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร (Cooperative Financial Surveillance and Warning System; Set Standard; CFSAW:ss) หรือเครื่องมือ CFSAW:ss ซึ่งถือเป็นนวัตกรรมทางการเงิน (Financial Innovation) เพื่อวัดการบริหารจัดการทางการเงิน และ เฝ้าระวังทางและเตือนภัยทางการเงิน โดยได้เริ่มใช้ตั้งแต่ปี 2550 ดังนั้นเพื่อให้ทราบสภาพการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรของสหกรณ์ ก่อนการนำเครื่องมือ CFSAW:ss ไปใช้ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรค เพื่อนำไปพัฒนาระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรให้มีประสิทธิภาพต่อไป โครงการวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรปี 2549 เพื่อทดสอบและประเมินขีดความสามารถของระบบเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาระบบเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินที่มีประสิทธิภาพต่อไป โดยประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับได้แก่ ทำให้ทราบสภาพการกำกับดูแล เพื่อการเฝ้าระวังทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรปี 2549 ทราบขีดความสามารถในการจัดระดับการวิเคราะห์เพื่อเฝ้าระวังทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร และทราบข้อมูลสำคัญเบื้องต้นในการปรับปรุงพัฒนาระบบเตือนภัยทางการเงินให้มีศักยภาพต่อไป

ลักษณะของเครื่องมือเตือนภัยและเฝ้าระวังทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร

เครื่องมือเตือนภัยและเฝ้าระวังทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรได้รับการพัฒนาจากกรมตรวจบัญชีสหกรณ์ตั้งแต่ปี 2548 โดยเริ่มจากการประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงินที่เรียกว่า CAMELS Analysis ซึ่งกรมตรวจบัญชีสหกรณ์นำมาประยุกต์ใช้ เพื่อสร้างมาตรฐานในการวิเคราะห์ภาวะเศรษฐกิจทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร โดยการวิเคราะห์ในมุมมอง 6 มิติ ได้แก่ มิติที่ 1 C-Capital strength: ความเพียงพอของเงินทุนต่อความเสี่ยง หรือความเข้มแข็งของเงินทุน มิติที่ 2 A-Asset quality: คุณภาพของสินทรัพย์ มิติที่ 3 M-Management ability: ขีดความสามารถในการบริหาร มิติที่ 4 E-Earning sufficiency: การทำกำไร มิติที่ 5 L-Liquidity: สภาพคล่องหรือความ เพียงพอต่อความต้องการใช้เงิน และมิติที่ 6 S-Sensitivity: ผลกระทบต่อธุรกิจหรือความอ่อนไหวของธุรกิจ (กรมตรวจบัญชีสหกรณ์, 2548)

จากนั้น กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ได้ใช้ CAMELS Analysis มาวิเคราะห์ภาวะเศรษฐกิจการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรโดยศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปัจจัยพื้นฐานทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรปี 2538-2548 เพื่อพัฒนาอัตราส่วนมาตรฐานทางการเงินในการอ้างอิงและเทียบเคียงทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร และจากนั้นในปี 2548 ได้ใช้แบบจำลอง Data Envelopment Analysis (DEA) เพื่อวัดประสิทธิภาพการดำเนินงานของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร ซึ่งพบว่ามีอัตราส่วนทางการเงินที่สำคัญ 3 ตัวที่ใช้เป็นเครื่องมือเตือนภัยและเฝ้าระวังทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร (กรมตรวจบัญชีสหกรณ์. 2549) ได้แก่

1. อัตราค่าใช้จ่ายดำเนินงานต่อกำไร (ก่อนหักค่าใช้จ่ายดำเนินงาน) โดยอัตราส่วนนี้จะแสดงให้เห็นถึง สหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรที่มีแนวโน้มของอัตราค่าใช้จ่ายดำเนินงานต่อกำไรที่สูงขึ้น และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับประสิทธิภาพการดำเนินงาน และจะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำกำไร สภาพคล่องทางการเงิน และความเข้มแข็งของเงินทุน

2. อัตราลูกหนี้ที่ชำระหนี้ได้ตามกำหนด โดยอัตราส่วนนี้จะแสดงให้เห็นถึง สหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรที่มีอัตราลูกหนี้ที่ชำระหนี้ได้ตามกำหนดมีแนวโน้มลดลงและมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับประสิทธิภาพการดำเนินงานและจะแสดงให้เห็นถึงความสามารถด้านคุณภาพสินทรัพย์ และสภาพคล่องทางการเงิน

3. อัตราส่วนทุนสำรองต่อสินทรัพย์ โดยอัตราส่วนนี้จะแสดงให้เห็นถึงสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรที่มีอัตราส่วนทุนสำรองต่อสินทรัพย์มีแนวโน้มลดลง และมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับประสิทธิภาพการดำเนินงาน จะกระทบต่อแสดงให้เห็นถึงความสามารถด้านความเข้มแข็งของเงินทุน

ในการใช้เครื่องมือ CFSAW:ss มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำการคำนวณอัตราส่วนทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร ในมุมมอง 6 มิติ ของ CAMELS Analysis

ขั้นที่ 2 ทำการเทียบเคียงอัตราส่วนมาตรฐานทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร โดยการเทียบเคียงอัตราส่วนทางการเงินที่ได้จากมาตรฐานทางการเงินกับอัตราส่วน 3 อัตราส่วน ได้แก่ 1. อัตราส่วนค่าใช้จ่ายดำเนินงานต่อกำไร (ก่อนหักค่าใช้จ่ายดำเนินงาน) 2. อัตราลูกหนี้ที่ชำระหนี้ได้ตามกำหนด และ 3. อัตราส่วนทุนสำรองต่อสินทรัพย์ ที่สหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรคำนวณได้ นำมาเทียบเคียงกัน โดยมีระดับการเทียบเคียง 3 ระดับ คือ ระดับสูง แสดงถึงความสามารถที่ล้ำหน้า ควรจะรักษาระดับให้คงอยู่อย่างต่อเนื่อง ระดับปานกลาง แสดงถึงความสามารถเป็นที่พอใช้ อาจจะสามารถปรับปรุงพัฒนาประสิทธิภาพและประสิทธิผลการดำเนินงานให้มากขึ้นได้อีก และระดับต่ำ แสดงถึงความสามารถที่อาจต้องแก้ไข ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงวิธีการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดีขึ้น

ขั้นที่ 3 หลังจากเทียบเคียงอัตราส่วนมาตรฐานทางการเงินเบื้องต้น ก็จะจัดตามระดับวิเคราะห์และเฝ้าระวังสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร 4 ระดับคือ

3.1 ระดับวิเคราะห์และเฝ้าระวังปกติ แต่ก็ต้องวิเคราะห์ถึงความสามารถในการพัฒนาว่าได้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องหรือไม่ ซึ่งอาจมีด้านใดด้านหนึ่งของ CAMELS Analysis ที่ต้องพัฒนาปรับปรุงให้ดีกว่าเดิม

3.2 ระดับวิเคราะห์และเฝ้าระวังมากขึ้น ซึ่งต้องวิเคราะห์ถึงความสามารถในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และสหกรณ์อาจมีปัญหาด้านใดด้านหนึ่งหรือสองด้านของ CAMELS Analysis ที่ต้องพัฒนาปรับปรุงให้มากขึ้นและดีกว่าเดิม

3.3 ระดับวิเคราะห์และเฝ้าระวังพิเศษ ซึ่งต้องวิเคราะห์ให้ชัดเจนว่ามีปัญหาด้านใดของ CAMELS Analysis รุนแรงหรือไม่ รวมทั้งหาสาเหตุว่าคืออะไรและมีความจำเป็นที่ต้องแก้ไขปรับปรุงอย่างรวดเร็วหรือไม่

3.4 ระดับพิเศษเร่งด่วน ต้องวิเคราะห์ให้ชัดเจนว่าได้เกิดปัญหาทุกด้านของ CAMELS Analysis รุนแรงหรือไม่ รวมทั้งหาสาเหตุว่าคืออะไร และมีความจำเป็นที่ต้องแก้ไขปรับปรุงอย่างเร่งด่วน มิฉะนั้นจะเกิดผลเสียหายหรือไม่

ขั้นที่ 4 วิเคราะห์ภาวะเศรษฐกิจทางการเงินในมุมมอง 6 มิติของ CAMELS Analysis เพื่อรายงานและให้ข้อเสนอแนะต่อสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรในการปรับปรุง พัฒนาการบริหารจัดการให้ประสบผลสำเร็จ สร้างการดำเนินงานที่เข้มแข็งและมีเสถียรภาพทางการเงินที่มั่นคง

วิธีการดำเนินการ

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ สหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรทั้งหมดในปี 2549 ประกอบด้วยสหกรณ์ จำนวน 5,744 สหกรณ์ และกลุ่มเกษตรกร จำนวน 4,294 กลุ่ม รวมทั้งหมด 10,038 แห่ง ในจำนวนนี้มีสหกรณ์ที่ดำเนินงาน และมีข้อมูลทางบัญชีนำไปศึกษาสภาพการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร ปี 2549 เพียงจำนวน 6,037 นั้น (ข้อมูลจากกรมตรวจบัญชีสหกรณ์ ณ วันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2549) ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คำนวณตามวิธีของยามาเน่ (Yamane, 1973) จากประชากรทั้งหมด 10,038 แห่ง กำหนดขนาดตัวอย่างของสหกรณ์เท่ากับ 523 สหกรณ์ และกลุ่มเกษตรกรเท่ากับ 137 กลุ่ม รวมเป็น 660 กลุ่ม ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง แบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) จากสหกรณ์ในจังหวัดต่าง ๆ ทั่วประเทศ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบสอบถามความคิดเห็น และการสนทนากลุ่ม (Focus group discussion)

2.1 แบบสอบถามความคิดเห็น ใช้แบบสอบถามรวบรวมข้อมูลจากฝ่ายบริหารของสหกรณ์/ กลุ่มเกษตรกร และผู้สอบบัญชีสหกรณ์ ซึ่งทั้งสองกลุ่มถือว่าเป็นผู้ใช้ข้อมูลทางการเงินในการวิเคราะห์เพื่อเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 660 ชุด แบบสอบถามประกอบด้วย 5 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของสหกรณ์/ กลุ่มเกษตรกร ส่วนที่ 2 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม และความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ทางการเงิน ส่วนที่ 3 สอบถามเพื่อประเมินสถานการณ์ทางการเงินของสหกรณ์ ส่วนที่ 4 สอบถามแนวทางในการปรับปรุงระบบเตือนภัยทางการเงินที่มีประสิทธิภาพ ส่วนที่ 5 สอบถามความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับเครื่องมือเตือนภัยเพื่อเฝ้าระวังทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรที่พัฒนาโดยกรมตรวจบัญชีสหกรณ์เพื่อพัฒนาเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล

2.2 การสนทนากลุ่ม เป็นการสนทนาแบบเจาะประเด็นด้วยการเชิญผู้เชี่ยวชาญในวงการสหกรณ์ จำนวน 19 คน สนทนาในประเด็นต่างๆ ได้แก่ ผลการเตือนภัยจากเครื่องมือโดยใช้อัตราส่วนทั้งสามอัตราส่วนว่าเป็นไปตามสภาพที่แท้จริงของสหกรณ์หรือกลุ่มเกษตรกรหรือไม่ สหกรณ์ได้มีการนำผลของการเตือนภัยไปใช้ในการเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตร หรือไม่ อย่างไร และเครื่องมือเตือนภัยที่กรมตรวจบัญชีสหกรณ์พัฒนาควรมีการปรับปรุงเพื่อเสริมสร้างความมั่นคง ความเข้มแข็ง และความมีเสถียรภาพทางการเงินแก่สหกรณ์ อย่างไร

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) เป็นข้อมูลที่รวบรวมโดยการออกแบบสอบถามความคิดเห็นของฝ่ายบริหารสหกรณ์/ กลุ่มเกษตรกร และฝ่ายผู้สอบบัญชีของสหกรณ์/ กลุ่มเกษตรกรและข้อมูลจากการสนทนากลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

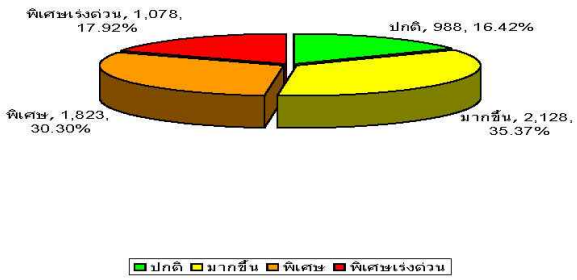
3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) เป็นข้อมูลที่รวบรวมจากงบการเงินในปี 2549 เพื่อศึกษาสภาพการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร ปี 2549 จำนวน 6,017 แห่ง จากสหกรณ์ทั่วประเทศซึ่งดำเนินธุรกิจ และมีข้อมูลทางการบัญชีที่สามารถนำไปคำนวณระดับเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินได้ รวมทั้งเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่รวบรวมได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการพรรณนา และใช้ Pearson's correlation coefficient วิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างระดับการประเมินที่ผู้ตอบแบบสอบถามประเมินและเครื่องมือเตือนภัยฯ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

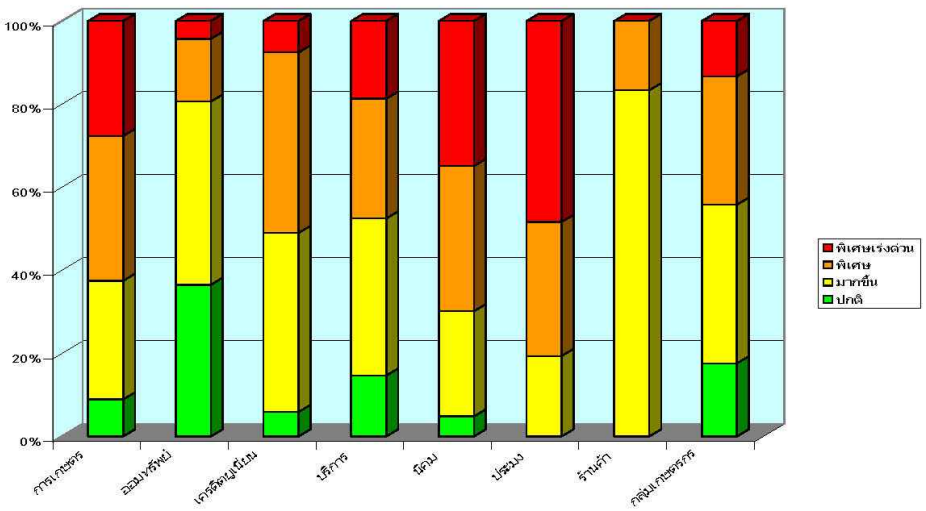
ผลการศึกษา

1. สภาพการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร ปี 2549

จากการศึกษาสภาพการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร ปี 2549 จำนวน 6,017 แห่ง จากสหกรณ์ทั่วประเทศซึ่งดำเนินธุรกิจ และมีข้อมูลทางการบัญชีที่สามารถนำไปคำนวณระดับเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินได้ (ภาพที่ 1) พบว่า ในภาพรวมสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรส่วนใหญ่มีระดับวิเคราะห์และเฝ้าระวังมากขึ้น (ร้อยละ 35) รองลงมาเป็นระดับพิเศษ (ร้อยละ 30) ระดับพิเศษเร่งด่วน (ร้อยละ 18) และระดับปกติ (ร้อยละ 16) ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์แบ่งระดับการวิเคราะห์เพื่อเฝ้าระวังทางการเงินแยกตามประเภทของสหกรณ์ทั้ง 7 ประเภท และกลุ่มเกษตรกร (ภาพที่ 2) พบว่า สหกรณ์การเกษตร มีระดับการวิเคราะห์เพื่อเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินในระดับพิเศษมากที่สุด (ร้อยละ 35) สหกรณ์ออมทรัพย์เป็นสหกรณ์อยู่ในระดับมากขึ้นมากที่สุด (ร้อยละ 44) สหกรณ์เครดิตยูเนี่ยนเป็นสหกรณ์ที่อยู่ในระดับพิเศษและมากขึ้นมากที่สุดโดยมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 44 และ 43 ตามลำดับ) สหกรณ์บริการเป็นสหกรณ์ที่อยู่ในระดับมากขึ้นมากที่สุด (ร้อยละ 38) ในสหกรณ์นิคม เป็นสหกรณ์ที่อยู่ในระดับพิเศษเร่งด่วนและพิเศษในจำนวนที่เท่ากัน (ร้อยละ 35 เท่ากัน) สหกรณ์ประมง อยู่ในระดับพิเศษเร่งด่วนมากที่สุด (ร้อยละ 48) สหกรณ์ร้านค้า สหกรณ์จำนวน 5 ใน 6 สหกรณ์ อยู่ในระดับมากขึ้น ที่เหลืออีก 1 สหกรณ์ อยู่ในระดับพิเศษ สำหรับกลุ่มเกษตรกร พบว่า ส่วนมากอยู่ในระดับ มากขึ้น รองลงมาอยู่ในระดับพิเศษและปกติ ตามลำดับ (ร้อยละ 38, 31 และ 18 ตามลำดับ)



ภาพที่ 1 ภาพรวมของระดับการวิเคราะห์เพื่อเฝ้าระวังทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร ปี 2549



ภาพที่ 2 ระดับการวิเคราะห์เพื่อเฝ้าระวังทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรประเภทต่างๆ ในปี 2549

2. ผลการทดสอบและประเมินขีดความสามารถของระบบการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร

ผลการทดสอบและประเมินขีดความสามารถของระบบการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรที่พัฒนาโดยกรมตรวจบัญชีสหกรณ์ จากการสอบถามความคิดเห็นโดยใช้

แบบสอบถามจากฝ่ายบริหารของสหกรณ์/กลุ่มเกษตรกร และผู้สอบบัญชีสหกรณ์ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 660 ชุด และการสนทนากลุ่ม พบว่า ส่วนใหญ่ผลการประเมินสถานการณ์ของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรไม่สอดคล้องกับผลการประเมินของเครื่องมือเตือนภัยฯ โดยส่วนใหญ่ผู้ให้ข้อมูลฝ่ายสหกรณ์ กลุ่มเกษตรกร และผู้สอบบัญชีประเมินสถานการณ์ทางการเงินในระดับที่ดีกว่า ในส่วนที่ผลการประเมินตรงกัน พบว่า สหกรณ์ขนาดใหญ่และใหญ่มาก มีผลการประเมินที่สอดคล้องกับเครื่องมือมากที่สุด เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของผลการประเมินพบว่า ผู้ให้ข้อมูลทุกกลุ่มมีความสัมพันธ์ทางสถิติ สาเหตุที่ทำให้สหกรณ์ กลุ่มเกษตรกร และผู้สอบบัญชีประเมินสถานการณ์ทางการเงินมีความเห็นที่ไม่สอดคล้องกับจากระดับที่กำหนดของเครื่องมือเตือนภัยฯ อาจเนื่องมาจากความไม่เข้าใจในเครื่องมือ และผู้ให้ข้อมูลมีผู้ไม่เคยผ่านการอบรมเรื่องงบการเงินมาก่อน

3. ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาระบบเตือนภัยทางการเงิน

ในการศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาระบบเตือนภัยทางการเงินมีดังนี้ ผู้ให้ข้อมูลฝ่ายสหกรณ์ส่วนใหญ่ไม่รู้จักเครื่องมือเตือนภัยฯ แต่มีความสนใจที่จะใช้เครื่องมือเตือนภัยฯ เพื่อจะนำมาพัฒนาการบริหารงานของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรให้มีประสิทธิภาพ และผู้ให้ข้อมูลไม่เข้าใจวิธีการใช้เครื่องมือเตือนภัยฯ

ในกรณีที่ไม่ใช้เครื่องมือเตือนภัยฯ ที่พัฒนาโดยกรมตรวจบัญชีสหกรณ์ พบว่า ฝ่ายสหกรณ์ใช้กระแสเงินสดสุทธิมากที่สุด รองลงมาเป็นกำไรจากการดำเนินงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ตามลำดับ แต่ผู้สอบบัญชีสหกรณ์จะใช้กำไรจากการดำเนินงานมากที่สุด รองลงมาเป็นกระแสเงินสดสุทธิ และอัตราส่วนหนี้สินต่อทุน ตามลำดับ สำหรับกลุ่มเกษตรกรกำไรจากการดำเนินงาน เป็นเครื่องมือเตือนภัยฯ อันดับแรก ฝ่ายผู้สอบบัญชีส่วนมากใช้กำไรจากการดำเนินงานและอัตราส่วนหนี้สินต่อทุน เป็นเครื่องมือเตือนภัยฯ

ผู้ให้ข้อมูลให้ความเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ปัจจัยอื่นนอกจากข้อมูลทางการเงินที่นำมาใช้ประกอบเครื่องมือเตือนภัยและเฝ้าระวังทางการ ได้แก่ สหกรณ์ที่ไม่มีการวางแผนด้านงบประมาณและนำแผนมาใช้ควบคุมการดำเนินงาน รองลงมาคือ กรณีที่สหกรณ์มีความบกพร่องทางการเงิน และการที่สหกรณ์ไม่มีผู้จัดการ ตามลำดับ สำหรับผู้สอบบัญชีเห็นว่าปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาประกอบในเฝ้าระวังฯ มากที่สุดได้แก่ กรณีที่สหกรณ์มีความบกพร่องทางการเงิน สหกรณ์ไม่มีการนำข้อมูลทางการบัญชีมาใช้ในการเปรียบเทียบแผนงานและผลการปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอ และกรณีที่ผู้สอบบัญชีได้รายงานข้อบกพร่องต่างๆ ในรายงานของผู้สอบบัญชี ตามลำดับ จากการสอบถามความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูลกลุ่มเกษตรกรและผู้สอบบัญชีเกี่ยวกับประเด็นที่ควรนำมาประกอบในการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินของสหกรณ์ พบว่า กลุ่มเกษตรกรและผู้สอบบัญชีมีความเห็นตรงกันว่า ปัจจัยที่สำคัญที่ควรนำมาใช้ประกอบได้แก่ กรณีที่กลุ่มเกษตรกรไม่มีพนักงานบัญชี กรณีที่มีความบกพร่องทางการเงิน และมีการรายงานข้อบกพร่องจากผู้สอบบัญชี

สรุปผลการศึกษา

1. การประเมินสถานการณ์ทางการเงินของสหกรณ์ และกลุ่มเกษตรกรพบว่าโดยส่วนใหญ่ ผลการประเมินสถานการณ์ของสหกรณ์ และกลุ่มเกษตรกรไม่สอดคล้องกับผลการประเมินของเครื่องมือ โดยผู้ให้ข้อมูลฝ่ายสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรประเมินสถานการณ์ทางการเงินในระดับที่ดีกว่าระดับการประเมินโดยเครื่องมือเตือนภัยฯ ซึ่งอาจเนื่องจากเป็นการสอบถามความคิดเห็นจากสถานการณ์ที่ประเมินโดยภาพรวม ทำให้อาจจะคลาดเคลื่อนจากสิ่งที่ปรากฏในงบการเงิน แต่อย่างไรก็ตามจากการทดสอบทางสถิติโดยพิจารณาจากภาพรวมของผลการประเมินโดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากเครื่องมือเตือนภัยฯความเห็นจากการประเมินของผู้ให้ข้อมูลจากสหกรณ์ และความเห็นจากการประเมินของผู้สอบบัญชีนั้นปรากฏว่าผลการประเมินเป็นไปในทิศทางเดียวกันโดยมีความสัมพันธ์ทางสถิติ โดยมีข้อสังเกตว่าสหกรณ์ที่มีขนาดใหญ่จะมีผลการประเมินของผู้ให้ข้อมูลและเครื่องมือเตือนภัยฯ สอดคล้องกันมากกว่าสหกรณ์ขนาดเล็ก

2. อัตราส่วนทางการเงิน 3 อัตราส่วน ได้แก่ 1. อัตราส่วนค่าใช้จ่ายดำเนินงานต่อกำไร (ก่อนหักค่าใช้จ่ายดำเนินงาน) 2. อัตราลูกหนี้ที่ชำระหนี้ได้ตามกำหนด และ 3. อัตราส่วนทุนสำรองต่อสินทรัพย์ ที่ใช้ในการประเมินระดับการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงินนั้น จะเห็นว่าจากการสอบถามผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือเตือนภัยฯ ในกรณีที่ไม่ใช้เครื่องมือเตือนภัยฯ ที่พัฒนาโดยกรมตรวจบัญชีสหกรณ์พบว่าฝ่ายสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรรวมทั้งผู้สอบบัญชีให้ความเห็นว่า จะใช้กระแสเงินสดสุทธิและกำไรจากการดำเนินงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานซึ่งความเห็นดังกล่าว จะสอดคล้องกับการที่เครื่องมือเตือนภัยทางการเงินนั้นเลือกใช้อัตราส่วนค่าใช้จ่ายดำเนินงานต่อกำไร (ก่อนหักค่าใช้จ่ายดำเนินงาน) และอัตราลูกหนี้ที่ชำระหนี้ได้ตามกำหนด ที่เป็นอัตราส่วนที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำกำไร และความคล่องตัวทางการเงิน ตามลำดับ อนึ่งมีข้อสังเกตจากอัตราส่วนทางการเงินที่ใช้ในการประเมินระดับการเฝ้าระวังและเตือนภัยทางการเงิน คือ อัตราส่วนทุนสำรองต่อสินทรัพย์ ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่า การประเมินของอัตราส่วนทุนสำรองต่อสินทรัพย์ ของฝ่ายสหกรณ์/กลุ่มเกษตรกรและผู้สอบบัญชีไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการประเมินของเครื่องมือเตือนภัยฯ อย่างไรก็ตาม การใช้อัตราส่วนทุนสำรองต่อสินทรัพย์เป็นการวัดความเพียงพอของทุนได้ดี ทั้งนี้เพราะทุนของสหกรณ์นั้นสามารถลดลงเนื่องจากสมาชิกลาออกได้ ดังนั้นเพื่อเพิ่มความเข้มแข็งของสหกรณ์นั้น โดยการดำรงไว้ซึ่งความเพียงพอของทุนสำรองย่อมจะทำให้สหกรณ์มีความเข้มแข็งทางการเงินในระยะยาว

3. เครื่องมือเตือนภัยฯ ไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย จากการศึกษาพบว่า ผู้ให้ข้อมูลจากสหกรณ์ และกลุ่มเกษตรกรโดยส่วนใหญ่ ไม่รู้จักและไม่เคยใช้เครื่องมือเตือนภัยฯ ที่พัฒนาโดยกรมตรวจบัญชีสหกรณ์ บางส่วนที่เคยใช้พบว่ามีความยุ่งยากในการใช้ จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า การวิจัยเพื่อประเมินเครื่องมือในครั้งนี้ ทำขึ้นหลังจากการพัฒนาเครื่องมือได้ไม่นาน อาจจะเป็นไปได้ว่า ยังไม่มีการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ในขณะนั้น

4. ผู้ใช้ไม่เข้าใจในความหมายของระดับการเตือนภัยว่ามีความรุนแรงในระดับใด เช่น พิเศษเร่งด่วนพิเศษ ทั้งนี้ ถ้ามีการใช้คำที่มีความหมายที่สื่อให้เห็นความเข้าใจได้ง่ายขึ้น จะทำให้ผู้ใช้มีความเข้าใจและใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยเพื่อให้นำไปสู่การพัฒนาเครื่องมือเตือนภัยทางการเงิน ควรทำการสร้างความเข้าใจในเครื่องมือเตือนภัยฯ รวมทั้งการให้ความรู้เกี่ยวกับการบริหารการเงินเป็นสิ่งที่สำคัญ และอาจจะแบ่งขั้นตอนในการประเมินระดับการประเมินสถานการณ์ทางการเงินเพื่อให้สหกรณ์ได้ทราบสถานการณ์ทางการเงินก่อนโดยจัดระดับการประเมินเป็น 4 ระดับ ได้แก่ระดับปกติ ระดับไม่เข้มแข็ง ระดับอ่อนแอ และระดับวิกฤติ เมื่อทราบสถานการณ์แล้ว จากนั้น จึงกำหนดเป็นระดับการเฝ้าระวังทางการเงินเป็น ระดับปกติ ระดับมาก ระดับมากขึ้น และระดับเร่งด่วน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เกิดที่ดีต่อสหกรณ์ นอกจากเครื่องมือเตือนภัยทางการเงินแล้ว อาจจะใช้กระบวนการบริหารอื่นควบคู่กับการใช้เครื่องมือ เช่น การวางแผนและการควบคุมการดำเนินงานด้วยงบประมาณ เป็นต้น ในโอกาสต่อไปกรมตรวจบัญชีสหกรณ์อาจพัฒนาเครื่องมือเตือนภัยทางการเงินตามประเภทสหกรณ์ เช่น สหกรณ์ประเภทร้านค้า ที่มีการดำเนินธุรกิจหลัก เน้นที่การขายสินค้า ดังนั้นการดำเนินธุรกิจจะประสบสำเร็จย่อมขึ้นอยู่กับการบริหารสินค้าให้มีประสิทธิภาพ เครื่องมือการเฝ้าระวังฯ ทางการเงิน ที่เหมาะสมควรจะมุ่งเน้นที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์การหมุนเวียนของสินค้าคงเหลือ จะทำให้การเฝ้าระวังทางการเงินเกิดผลสัมฤทธิ์มากขึ้น รวมทั้งควรมีการกำหนด อัตราส่วนใน CAMELS Analysis ที่เหมาะสำหรับสหกรณ์แต่ละประเภท ย่อมทำให้การวิเคราะห์งบการเงินมีความชัดเจน และสะท้อนให้เห็นสถานการณ์ทางการเงินของแต่ละประเภทอย่างแท้จริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ ที่สนับสนุนทุนการวิจัยในปีงบประมาณ 2551

เอกสารอ้างอิง

กรมตรวจบัญชีสหกรณ์. 2548. **คู่มือการประยุกต์ใช้ CAMELS ANALYSIS วิเคราะห์ภาวะเศรษฐกิจทางการเงินของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร: กรุงเทพฯ.

_____. 2549. **ข้อมูลและอัตราส่วนสำคัญของสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรเฉลี่ย ปี 2549**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร: กรุงเทพฯ.

Yamane, T. 1973. **Statistics: An introductory analysis**. 3rd ed. Heper Row: Tokyo.

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY
อดีตที่งามเยี่ยมโจ้ ความสดใสในอนาคต
GLORIOUS PAST & PROMISING FUTURE

สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
โทร.0-5387-5115-6 โทรสาร.0-5387-5115