



รายงานผลงานวิจัย

เรื่อง

เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์

และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน

Technology for aquaculture to increase production for commercial purpose
and improve the competition ability

โดย

ชนกันต์ จิตมนัส และคณะ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2556



รายงานผลงานวิจัย

เรื่อง เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน

Technology for aquaculture to increase production for commercial purpose and improve the competition ability

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2556
จำนวน 1,999,531 บาท

หัวหน้าโครงการ นายชนกันต์ จิตมณีส
ผู้ร่วมโครงการ นายเกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน
นางดวงพร อมรเลิศพิศาล
นางสาวชนนันท์ สุภกิจจานนท์
กระสินธุ์ หังสพฤกษ์
นางสาวจอมสุตา ดวงวงษา
นางทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล
นายชนกันต์ จิตมณีส
นางอุดมลักษณ์ สมพงษ์

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

30 กันยายน 2557

กิตติกรรมประกาศ

ชุดโครงการเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน (Technology for aquaculture to increase production for commercial purpose and improve the competition ability) ได้สำเร็จลุล่วงโดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2555 – 2556 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการทำวิจัยในการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณทางคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกทุกท่าน ทั้งที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการพิจารณาและกำหนดทิศทาง ที่ช่วยชี้แนะและให้คำปรึกษาทั้งด้านแผนการดำเนินงานและข้อมูลงานวิจัยเชิงวิชาการ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลลำคำชี้แนะในเรื่องการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในเชิงพาณิชย์ การตลาดและการแข่งขัน การแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำต่างๆ อาหารและคุณค่าทางโภชนาการสัตว์น้ำ การผลิตอาหารเสริม รวมถึงด้านโรคสัตว์น้ำ คุณภาพน้ำและการจัดการที่ดี เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ที่มุ่งเน้นการเพิ่มผลผลิตในเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันและสอดคล้องกับนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ ของมหาวิทยาลัย ที่มุ่งเน้นการสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนา ทางเศรษฐกิจ ทำให้งานวิจัยที่ออกมามีคุณภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในเชิงวิชาการและการพัฒนาระบบสังคม เศรษฐกิจได้อย่างสูงสุด

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	6
คำนำ	10
วัตถุประสงค์ชุดโครงการวิจัย	13
เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัย	14
เป้าหมายของผลผลิต (output) และตัวชี้วัด	14
เป้าหมายของผลลัพธ์ (outcome) และตัวชี้วัด	15
กรอบแนวคิดของชุดโครงการวิจัย	16
ประโยชน์จากผลการวิจัย	17
แผนการบริหารแผนงานวิจัยและแผนดำเนินงาน	17
แผนการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จากการทำชุดโครงการวิจัย	18
กลยุทธ์ของแผนงานชุดโครงการวิจัย	18
สถานที่และระยะเวลาการทำชุดโครงการวิจัย	19
การตรวจเอกสาร	
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1	ระบบการอนุบาลปลาหน้ลูกผสมในกระชังเชิงพาณิชย์
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2	การเพิ่มมูลค่าปลาหน้ลูกผสมด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไค
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3	การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลาหน้ลูกผสมเพื่อเพิ่มมูลค่า
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4	การประยุกต์ใช้พืชท้องถิ่นพัฒนาสูตรอาหารเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาหมอเชิงพาณิชย์
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5	การศึกษาการเลี้ยงปลานิลด้วยความหนาแน่นสูงในบ่อคอนกรีตที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6	การเลี้ยงปลาหมอเทศเดี่ยวเพื่อผลประโยชน์ทางการค้า
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7	คัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเหงือกในปลานิล (<i>Flavobacterium columnarae</i>) เพื่อพัฒนาเป็นวัคซีนป้องกันโรค
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8	ศักยภาพการเพาะเลี้ยงสาหร่าย <i>Nostoc</i> และ <i>Nostochopsis</i> เพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมในปลาสวยงาม
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1	ระบบการอนุบาลปลาหน้ลูกผสมในกระชังเชิงพาณิชย์
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2	การเพิ่มมูลค่าปลาหน้ลูกผสมด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไค

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3	การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลาหมึกผสมเพื่อเพิ่มมูลค่า
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4	การประยุกต์ใช้พืชท้องถิ่นพัฒนาสูตรอาหารเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาหมอเชิงพาณิชย์
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5	การศึกษาการเลี้ยงปลานิลด้วยความหนาแน่นสูงในบ่อคอนกรีตที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6	การเลี้ยงปลาหมอเทศเดี่ยวเพื่อผลประโยชน์ทางการค้า
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7	การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเหงือกในปลานิล (<i>Flavobacterium columnarae</i>) เพื่อพัฒนาเป็นวัคซีนป้องกันโรค
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8	ศักยภาพการเพาะเลี้ยงสาหร่าย <i>Nostoc</i> และ <i>Nostochopsis</i> เพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมในปลาสวยงาม
ผลการวิจัย	
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1	ระบบการอนุบาลปลาหมึกผสมในกระชังเชิงพาณิชย์
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2	การเพิ่มมูลค่าปลาหมึกผสมด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไค
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3	การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลาหมึกผสมเพื่อเพิ่มมูลค่า
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4	การประยุกต์ใช้พืชท้องถิ่นพัฒนาสูตรอาหารเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาหมอเชิงพาณิชย์
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5	การศึกษาการเลี้ยงปลานิลด้วยความหนาแน่นสูงในบ่อคอนกรีตที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6	การเลี้ยงปลาหมอเทศเดี่ยวเพื่อผลประโยชน์ทางการค้า
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7	การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเหงือกในปลานิล (<i>Flavobacterium columnarae</i>) เพื่อพัฒนาเป็นวัคซีนป้องกันโรค
งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8	ศักยภาพการเพาะเลี้ยงสาหร่าย <i>Nostoc</i> และ <i>Nostochopsis</i> เพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมในปลาสวยงาม
วิจารณ์ผลการวิจัย	
สรุปผลการวิจัยตามกรอบของแผนงานวิจัย	
เอกสารอ้างอิง	

โครงการบริหารแผนงานวิจัย

เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน

Technology for aquaculture to increase production for commercial purpose

and improve the competition ability

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน¹ ดวงพร อมรเลิศพิศาล¹ ธนันทน์ สุภกิจจานนท์ ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล¹

กระสินธุ์ หังสพฤกษ์¹ จอมสุดา ดวงวงษา¹ ชนกกันต์ จิตมนัส¹ อุดมลักษณ์ คงสมพงษ์¹

Kriangsak Mengamphan¹, Doungporn Amornlerdpison¹, Thananan Suppahakitchanon²

Tipsukhon Pimpimol¹, Krasindh Hangsapreurke¹, Jomsuda Duangwongsa¹,

Chanagun Chitmanat¹, Udomluk kongsompong¹

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่¹

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่²

บทคัดย่อ

ชุดโครงการวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อันนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน ประกอบด้วยโครงการย่อยจำนวน 8 โครงการ ดังนี้ : 1) ระบบการอนุบาลปลาหนังกุสุมในกระชังเชิงพาณิชย์ 2) การเพิ่มมูลค่าปลาหนังกุสุมด้วยอาหารเสริมสำหรับรายไถ 3) การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลาหนังกุสุมเพื่อเพิ่มมูลค่า 4) การประยุกต์ใช้พืชท้องถิ่นพัฒนาสูตรอาหารเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาหมอเชิงพาณิชย์ 5) การศึกษาการเลี้ยงปลานิลด้วยความหนาแน่นสูงในบ่อคอนกรีตที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด 6) การเลี้ยงปลาหมอเทศเดี่ยวเพื่อผลประโยชน์ทางการค้า 7) การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเหงือกในปลานิล (*Flavobacterium columnare*) เพื่อพัฒนาเป็นวัคซีนป้องกันโรค 8) ศักยภาพการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis* เพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมในปลาสวยงาม ซึ่งผลการวิจัยของแต่ละโครงการย่อยมีดังนี้

(1) การทดลองเลี้ยงปลาหนังกุสุม (พ่อบึก x แม่สาว) รุ่น F2 ที่มีขนาดแตกต่างกัน ประกอบด้วย ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ (<400, 400-800 และ >800 กรัม) ตามลำดับ โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย เท่ากับ 313.75±6.75, 550.50±5.50 และ 949.00±3.50 กรัม ตามลำดับ ให้อาหารโปรตีน 30% เลี้ยงเป็นเวลา 10 เดือน พบว่า น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย เท่ากับ 1009.37±21.87, 1422.22±55.55 และ 2031.25±6.25 กรัม ตามลำดับ โดยปลาขนาดใหญ่มีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุดเท่ากับ 4.00±0.01 กรัม/วัน และปลาขนาดเล็กมีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด เท่ากับ 2.59±0.01 ส่วนในระดับฮอร์โมนเพศใน

ปลาขนาดใหญ่ (>800 กรัม)มีค่ามากที่สุดในฤดูผสมพันธุ์ (testosterone 1.56 ± 0.75 ng/ml และ 17β -estradiol 69.375 ± 26.72 pg/ml)

(2) จากการทดลองใช้ไคซึ่งเป็นสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวขนาดใหญ่ที่มีฤทธิ์ชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระมาประเมินผลต่อการเจริญเติบโตในปลาหางลูกผสม โดยให้อาหารเม็ดเสริมสาหร่ายไคระดับ 0, 2.5, 5 และ 10% ในปลาหางลูกผสมเลี้ยงในกระชังเป็นระยะเวลา 7 เดือน ผลการทดลองพบว่า ปลาหางลูกผสมในหน่วยทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไคขนาด 5 และ 10% มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่การเสริมสาหร่ายไคทั้ง 2 ระดับนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปลาหางกลุ่มที่ได้รับการเสริมสาหร่ายไค 10% มีค่าของการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก (Weight gain) และการเจริญเติบโตต่อวัน (average daily gain; ADG) สูงสุดในเดือนที่ 7 และมีค่าการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) น้อยที่สุดตลอดการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงในเดือนที่ 7 พบอัตรารอด 100% ทุกหน่วยการทดลอง การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า สาหร่ายไคมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นอาหารเสริมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ และหากพิจารณาจากผลการเจริญเติบโตโดยภาพรวมและการลงทุนค่าอาหารจากการเสริมสาหร่ายไค สูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาหางลูกผสมด้วยการเสริมสาหร่ายไคในระดับ 5% จึงน่าจะเหมาะสมที่สุด

(3) ผลการศึกษาคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อจากการชำแหละปลาหางลูกผสม พบว่า ปลาหางลูกผสมเพศผู้ที่มีน้ำหนักมีชีวิตเฉลี่ย 3,135.06 กรัม และเพศเมียที่มีน้ำหนักมีชีวิตเฉลี่ย 4,788.87 กรัม พบว่า เพศผู้และเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์เนื้อรวมทั้งหมด 51.65 และ 50.64 โดยแบ่งเป็นเนื้อลำตัว 40.21 และ 38.68 และเนื้อท้อง 11.44 และ 11.96 เครื่องใน 10.63 และ 13.29 กระดูกหัวและก้างปลา 36.15 และ 34.73 ตามลำดับ และคุณค่าทางโภชนาของปลาหางลูกผสมมีเปอร์เซ็นต์ความชื้น 76.35 โปรตีน 17.07 ไขมัน 2.42 คาร์โบไฮเดรต 1.17 เถ้า 1.39 และเยื่อใย 0.89 ตามลำดับ

ผลตอบแทนจากการจำหน่ายเนื้อปลาในรูปแบบแบ่งเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ในปลาเพศผู้และปลาเพศเมีย ที่มีปริมาณ 106.60 และ 186.77 กิโลกรัม จำนวน 34 และ 39 ตัว ปลามีชีวิตราคา กิโลกรัมละ 45 บาท คิดเป็นเงิน 4,797 และ 8,404.65 บาท ภายหลังจากการชำแหละ เมื่อแยกจำหน่ายปลาเป็นชิ้นส่วน เนื้อลำตัว เนื้อท้องและไขปลา ราคา กิโลกรัมละ 100 บาท ส่วนตับ หัวและก้างราคา กิโลกรัมละ 40 บาท คิดเป็นเงินทั้งหมด 7,132.80 และ 12,217.20 บาท เมื่อหักค่าปลามีชีวิตแล้วจะได้ผลตอบแทนจากการจำหน่าย 2,335.80 และ 3,812.55 บาท ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ย 68.70 และ 97.75 บาทต่อตัว

ต้นทุนจากการจำหน่ายในรูปแบบแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา เพื่อการเพิ่มมูลค่าของเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ ไส้กรอกอิมัลชัน (ผลิตภัณฑ์ตะวันตก) และ ไส้อั่ว (ผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน) พบว่าการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน 1 กิโลกรัม มีต้นทุนการผลิต 157 บาท ขณะที่การผลิตไส้อั่วปลา มีต้นทุนการผลิต 161 บาท

ผลจากการสำรวจความพึงพอใจของการทดสอบชิมเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากปลาหางลูกผสม จำนวน 300 ราย มีเพศหญิงร้อยละ 57.0 เพศชายร้อยละ 43.0 ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 26-35 ปี ร้อยละ 39.3 รองลงมา มีอายุอยู่ระหว่าง 36-45 ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพ ข้าราชการ ร้อยละ 39.9 มีสถานภาพ

สมรส ร้อยละ 60.0 และสถานภาพโสดร้อยละ 39.3 การศึกษาในระดับปริญญาตรีร้อยละ 74.7 นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 98.6 มีรายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ที่ระหว่าง 10,001-30,000 บาทต่อเดือน มากถึงร้อยละ 63.4 รองลงมา มีรายได้ต่อเดือน <10,000 ร้อยละ 25.2 และ ไม่เคยรับประทานไส้อ้วกที่ทำจากเนื้อปลา ร้อยละ 60.5

ทัศนคติของผู้ทดสอบต่อเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา พบว่า เพราะเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา มีรสชาติดีและอร่อย ร้อยละ 40.3 และเชื่อว่าการรับประทานเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาทำให้สุขภาพดี ร่างกายแข็งแรงร้อยละ 41.6 ระดับคะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 4 (ดี) ในขณะที่บอกว่าเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลามีราคาแพงร้อยละ 50 กลิ่นของเนื้อปลาเกิดจากแหล่งที่มาหรือระบบการเลี้ยงร้อยละ 41.6 และ เนื้อปลาไม่มีความสะอาดและความปลอดภัยกว่าเนื้อสัตว์ประเภทอื่นร้อยละ 40.3 ระดับคะแนน 3 (ปานกลาง)

การประเมินระดับคะแนนความพึงพอใจต่อเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา ผู้ให้สัมภาษณ์ส่วนใหญ่พึงพอใจด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์และความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อไส้กรอกอยู่ในระดับ 4 (ดี) ส่วนเนื้อปลาและไส้อ้วก อยู่ในระดับ 3 (ปานกลาง)

(4) จากการศึกษาผลของอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับไขมันสำปะหลังต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของปลาหมอไทย ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง (กลุ่มละ 3 ซ้ำ) ตามระดับไขมันสำปะหลังแห้งที่ 0, 2.0, 3.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 110 วัน ผลการศึกษาพบว่า อาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาหมอไทยสูงกว่าปลาหมอไทยที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับ 5.0 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารไม่ทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง สำหรับปริมาณอาหารที่ปลากิน อัตราการกินอาหาร อัตราการแลกเนื้ออัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง ($P > 0.05$) ส่วนการศึกษาดัชนีทุนและผลตอบแทน พบว่า ผลผลิตทั้งหมดและต้นทุนการผลิตของปลาหมอที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับ 2.0, 3.5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารไม่ทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งมีผลผลิตทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มปลาได้รับอาหารทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับ 5.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นในการเลี้ยงปลาหมอไทยเชิงพาณิชย์เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารควรเติมไขมันสำปะหลังแห้งที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นอัตราที่เหมาะสมต่อผลผลิตรวมที่ได้และคุ้มค่ากับการลงทุน

(5) จากการทดลองเลี้ยงปลานิลในอัตราความหนาแน่นต่างกันที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิดในบ่อซีเมนต์กลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร โดยมีการให้อาหารและเครื่องกรองน้ำ ที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 43, 86 และ 129 ตัว/ลูกบาศก์เมตร มีขนาดลูกปลานิล

แดง 22.73 ± 2.12 กรัม เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ โปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 120 วัน พบว่า ปลานิล มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายเท่ากับ 227.13 ± 22.38 , 251.05 ± 22.72 และ 239.53 ± 21.03 กรัม ตามลำดับ อัตราแลกเนื้อเท่ากับ 1.48 ± 0.07 , 1.26 ± 0.11 และ 1.33 ± 0.06 ตามลำดับ อัตรารอดตายเท่ากับ 93.33 ± 5.77 , 93.33 ± 2.89 และ 94.44 ± 1.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย และอัตรารอดตาย ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่อัตราแลกเนื้อที่ระดับความหนาแน่น 86 ตัว/ลบ.ม. น้อยที่สุดมีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นการเลี้ยงปลานิลแดงที่ระดับความหนาแน่น 86 ตัว/ลูกบาศก์เมตร ให้อัตราแลกเนื้อที่ต่ำกว่า การเลี้ยงที่ระดับ 43 และ 129 ตัว/ลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีที่สุด

(6) จากการศึกษาการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเพศเดี่ยว ทำการทดลองโดยเลี้ยงปลาหมอในบ่อซีเมนต์จำนวน 9 บ่อ เลี้ยงลูกปลาหมอไทยอายุ 1 เดือน ที่มีขนาดใกล้เคียงประมาณ 0.2 – 0.3 กรัม จำนวน 30 ตัวต่อตารางเมตร ทำการสุ่มนับและชั่งน้ำหนัก ลูกปลาเริ่มต้น ก่อนเริ่มทำการทดลอง วางแผนการทดลอง ใช้วิธี CRD (Completely Randomized Design) แบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ชุดการทดลองที่ 1 ปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบคละเพศ ชุดการทดลองที่ 2 ปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเพศเดี่ยว (เพศเมียล้วน) ชุดการทดลองที่ 3 ปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเพศเดี่ยว (เพศผู้ล้วน) และเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ทำการชั่งวัดการเจริญเติบโต เช่น น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ความยาวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการรอด ทำการเก็บข้อมูลจากแต่ละหน่วยการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ วิเคราะห์สถิติโดยวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละหน่วยการทดลอง โดยวิธีของ Duncan Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5.0 ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลาหมอไทยไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ส่วนผลของความยาวที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$) โดยในชุดการทดลองที่ 1 แตกต่างกับชุดการทดลองที่ 2 แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 2 ปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเพศเดี่ยว: เพศเมียล้วน มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 4.98 0.06 และอัตราการรอดตายทั้ง 3 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$)

(7) จากการพัฒนาวิธีการในการแยก เพิ่มจำนวนและเก็บรักษาเชื้อแบคทีเรียดังกล่าว โดยแยกเชื้อแบคทีเรียจากปลาที่แสดงอาการของโรคอย่างชัดเจน เช่น เหงือกเน่า ตัวดำ มีการทดลองปรับใช้อาหารจำเพาะที่เหมาะสมในการแยกและเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียนี้ พบว่า แบคทีเรีย *F. columnare* สามารถเจริญได้บนอาหาร Tryptone-Yeast extract medium ที่มีส่วนผสมของโซเดียมอะซิเตต (sodium acetate) และวุ้น (gelatine) โดยที่เอชที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อคือ 6.2 – 6.4 การเพิ่มความชื้นในอาหารมีส่วนช่วยให้การเก็บรักษาเชื้อชนิดนี้ได้ยาวนานขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังประสบปัญหาในการแยกเชื้อบริสุทธิ์ และเพิ่มจำนวนแบคทีเรียชนิดนี้ให้เพียงพอเพื่อเป็นแอนติเจน (antigen) สำหรับการผลิตวัคซีน

(8) สาหร่ายไซหิน (*Nostoc*) และลอน (*Nostochopsis*) เป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งเป็นทางเลือกในการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหาร เพื่อใช้ในการอนุบาลและเลี้ยงปลาสวยงาม โดย

ทำการเก็บและคัดแยกพันธุ์สาหร่ายในเขตภาคเหนือ เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารแตกต่างกัน ที่ความเข้มข้นประมาณ 2,000 ลักซ์ ให้อากาศตลอด 24 ชั่วโมง ทำการคัดแยกสาหร่ายใน BG-11 สูตรปรับปรุง หลังจากนั้นนำมาศึกษาอัตราการเจริญบนอาหาร BG11 ที่ผสมวุ้น 0.5-1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสาหร่ายเจริญดีที่สุดบนอาหารวุ้น 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยสาหร่าย *Nostoc* sp. FT 1019 (N19) และ *Nostoc* sp. FT 1012 (N12) มีค่าการเจริญสูงที่สุด จากนั้นคัดเลือกสาหร่ายที่เจริญดีที่สุด 5 สายพันธุ์ เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BG11 สูตรปรับปรุงที่ผสมโซเดียมอัลจิเนต (Na alginate) 0-0.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสาหร่ายมีการเจริญบนอาหารที่ผสมโซเดียมอัลจิเนต 0.25-0.5 เปอร์เซ็นต์ ดีที่สุด ($p < 0.05$) N12 มีอัตราการเจริญสูงกว่าเมื่อเลี้ยงบนอาหารวุ้นประมาณ 50 เท่า ทำการคัดเลือกสาหร่าย 3 สายพันธุ์ เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BG11 สูตรปรับปรุงที่ผสมโซเดียมอัลจิเนต 0.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสาหร่ายที่มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดคือ N12 รองลงมาได้แก่ N19 และ *Nostochopsis* sp. FT 1018 (NC18) ทดสอบคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายทั้ง 3 สายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ รวมทั้งศึกษาการเจริญเติบโตในปลาสวยงามที่เลี้ยงโดยอาหารที่ผสมสาหร่ายเป็นขั้นตอนต่อไป

คำสำคัญ : ปลาหนังลูกผสม ปลาหมอไทย ปลานิล การเลี้ยงปลา การเลี้ยงปลาหมอเทศเดี่ยว อาหารปลา สาหร่ายไค การเจริญเติบโต ไบโมันสำปะหลัง ต้นทุนการผลิต ความหนาแน่น วัคซีน โรคตัวดำ โรคเหงือกเน่า *Flavobacterium columnare* สาหร่ายไข่หิน สาหร่ายลอน ปลาสวยงาม

Abstract

The objectives of this research program were to develop the aquaculture technologies leading to improve the commercial productivity and enhance the competitive ability. The research consisted of 8 sub-projects including: 1) The Nursing System of Hybrid Catfish in Cage for Commercial; 2) Value added of hybrid catfish strain with *Cladophora* spp. supplemented pellet feed; 3) Development of increased value-added products from hybrid catfish; 4) Application of local plant in diets formula for cost reduction Climbing perch (*Anabas testudineus*) culture; 5) Potential of *Nostoc* and *Nostochopsis* Alga in development to be supplement in ornamental fish; 6) Study on high stocking density for tilapia culture in close recirculating concrete pond 7) Culture of Monosex Females Climbing Perch (*Anabas testudineus*) for commercialization; 8) The selection of bacterial pathogen causing gill disease (*Flavobacterium columnarae*) in Tilapia (*Oreochromis niloticus*) for vaccine development. The results from each sub-project were.....

(1) The experiment to culture of hybrid catfish (*P. gigas* x *P. hypophthalmus*) F2 with different size was consisted of low-weight, medium-weight, high-weight (<400, 400-800, >800 g). The fish with initial sizes of 1313.75 ± 6.75 , 550.50 ± 5.50 and 949.00 ± 3.50 g in weight, respectively were used. Fish were fed with 30 % protein and cultured for 10 months. The final body weights of fish were 1009.37 ± 21.87 , 1422.22 ± 55.55 and 2031.25 ± 6.25 g, respectively. Fish with the highest initial weight provided the best growth rate of 4.00 ± 0.01 g/day. The low-weight group had the best feed conversion rate of 2.59 ± 0.01 . Fish in the high-weight group had highest sex steroids in spawning season (testosterone 1.56 ± 0.75 ng/ml and 17β -estradiol 69.375 ± 26.72 pg/ml). In conclusion, fish with high-weight (>800 g) was suitable to be a brood stock.

(2) Kai (*Cladophora* spp.) is a green freshwater macroalga and exhibits its antioxidant activity. The alga was evaluated the growth performance in hybrid catfish. Fish-feed supplemented with 0, 2.5, 5 and 10% alga were fed to hybrid catfish which cultured in cage for 7 months. The results revealed that the fish treated with 5 and 10% alga increased body weight, significantly different from those of other groups ($p < 0.05$), however the two levels of supplementation were not significantly different. The 10% alga supplement-treated groups showed the maximum weight gain as well as average daily gain (ADG) and performed the lowest the feed conversion rate (FCR) at 7th month. In all the experiments, the fish showed survival rate of 100% at the end of 7 month period. The findings concluded that Kai could be utilized for a feed supplement in aquaculture. The optimal level suggest that 5% alga in pellet feed formulation when consider from overall of growth performance and expenses of Kai as feed supplement.

(3) Carcass characteristics and meat quality of hybrid catfish found that the average live weight of male hybrid catfish were 3,135.06 g. and female were 4,788.87 g. Fish meat percentage were 51.65 and 50.64% respectively (body= 40.21 and 38.68 %, belly= 11.44 and 11.96, entrails= 10.63 and 13.29%, head and tail=36.15 and 34.73% respectively). Nutritional of hybrid catfish consisted with moistness=76.35%, protein= 17.07%, fat=2.42%, carbohydrate=1.17%, ash=1.39% and fiber=0.89%) The return from selling meat part of thirty four male and thirty nine female fish (106.60 and 186.77 kg, price =45 Baht/kg) were 4,797 and 8,404.65 Baht/kg respectively. The value from sold fish meat in form of body meat and belly meat and spawn (100 Baht/kg.), head and tail (40 Baht/kg) were 7,132.80 and 12,217.20 Baht respectively. Net profit were 68.70 and 97.75 Baht/head

Cost of processed products from fish meat for value added such as emulsion sausage (western style) and Sai Aua (Northern Thai Spicy Sausage) found that cost of emulsion sausage were 157 Baht/kg (not included tool depreciation) and Sai Aua were 161 Baht/kg. (price for raw Sai Aua)

The result of consumers satisfaction in fish meat and products sensory test from three hundred consumers found that most consumers were female (57.0%). they had 26-35 years old (39.3%). They were government officer (39.9%) and married (60.0%). They had bachelor's degree (74.7%). They were Buddhist (39.9%). They had average income were 10,001-30,000 (63.4%). Most consumers never ate Sai Aua from fish (60.5%).

The opinion of consumers to fish meat and meat products found that most score were 4th level (best testy) (40.3%) and believed that eating fish meat and fish products should be made healthy (41.6%). They scored 3rd level on fish meat and fish products were expensive (50.0%). They believed that fish meat odor occurred from resource and raising system (41.6%) and fish meat were clean and safely more than other meat. Most consumers satisfied on sausage in color, odor, taste and texture. They scored 4th level (good). Fish meat and Sai Aua had 3rd level (medium).

(4) The objective of this research was to determine the effect of partial replacement of fish meal with soybean, 15 percent with cassava leaves on growth and yield of Climbing perch (*Anabrus testudineus*). The experimental design was completely randomized (Completely Randomized Design, CRD) by were divided into four experimental groups (each with 3 replicates) based on cassava leaves dried at 0, 2.0, 3.5 and 5.0 percent for a period of 110 days. From the study, the replacement of fish meal with soybean meal, some 15 percent with a 2.0 percent cassava leaves, resulting in a final weight. weight gain and the specific growth rate of Climbing perch than that received food replacement of fish meal with some soy, 15 percent with cassava leaves at a 5.0 percent difference is statistically significant ($P < 0.05$). However, no statistically significant differences with fish fed a fish meal partially replaced with only soy. For the amount of food fish Feeding rate FCR, survival rate did not differ

statistically between experimental groups ($P > 0.05$). On the study about the costs and benefits, that total output and production costs of fish fed the replacement of fish meal with soybean. 15 percent with cassava leaves at 2.0, 3.5 percent, and not a substitute for fish meal with soy, no differences were statistically significant ($P > 0.05$), which has a total output higher than the fish get a meal replacement. fishmeal with soybean, 15 percent with cassava leaves at 5.0 with a statistically significant ($P < 0.05$), so in order to reduce feed cost in commercial culture of this fish, cassava leaves dry at 2 percent should be added to yield a reasonable rate and cost of the investment.

(5) A study on 3 high stocking densities for Tilapia culture in closed recirculating concrete pond which contained 250 l. capacities was conducted. This experiment was CRD (completely randomized design) with 3 treatments and 3 replications by treatment 1, 2, and 3 was 43, 86 and 129 individuals/m³. During 120 days culture period fed with 40 % protein food, when the experiment terminated the results was the average weight of the fish in treatment 1, 2 and 3 was 227.13 ± 22.38 , 251.05 ± 22.72 and 239.53 ± 21.03 g., FCR was 1.48 ± 0.07 , 1.26 ± 0.11 and 1.33 ± 0.06 , Survival rates (%) was 93.33 ± 5.77 , 93.33 ± 2.89 and 94.44 ± 1.93 respectively but there was not significantly different ($P > 0.05$).

(6) This study aimed to compare the mixed sex and mono-sex growth of Climbing Perch. One-month-old at the size of 0.2 ± 0.01 grams were cultured by 30 fish per square meter in 9 cement tanks. The experiment were designed by Completely Randomized Design (CRD) with 3 replicates. Fish were counted and weighed before the experimental started follow; treatment 1, mixed sex culture (MX), treatment 2, only female culture (FM), and treatment 3, only male culture (MA). The average daily gain (ADG), feed conversion rate (FCR), body length and survival rates were evaluated fortnightly for 12 weeks. Statistic analyzed by analysis of variance (ANOVA) and comparison of each experiment by Duncan Multiple Range Test (DMRT). The results showed that ADG, FCR and survival rates of all treatments were not significant differences ($P > 0.05$), while the average body length of (MX) fish was significant different from (FX) fish ($P < 0.05$), however, it was not different with (FM) fish ($P > 0.05$).

(7) *Flavobacterium columnare* is a causative agent of columnaris disease resulting in an economically significant problem in many warmwater fish species worldwide. Difficulties encountered in the isolation, culture, and maintaining of *F. columnare* have been an obstacle for vaccine production. The objective of this study was to improve the methods for isolation, culture, and maintenance of *F. columnare*. Bacteria were isolated from diseased tilapia with necrotic gills. The evaluation of different culture media selective cytophaga agar was then determined to be the optimum isolation medium. Result showed that *Flavobacterium columnare* grew well in Tryptone-Yeast extract medium with sodium acetate and gelatin. The most appropriate pH for the growth of this fish pathogen was 6.2 – 6.4.

The increased moisture was suitable for maintenance of cultures. The research is underway to purify the antigen for vaccine preparation.

(8) *Nostoc* and *Nostochopsis* are algae with a high nutritional value. They could be possibly be used as the raw material in feed supplement for rearing ornamental fish. Collecting and isolating algae were done in northern part of Thailand. Culturing was done in adjusted BG-11 at a light intensity of 2,000 lux with continuous aeration. The growth rate in BG-11 medium (0.5-1.5% agar) was tested. The highest growth rate was detected in BG-11 with 1.5% agar. *Nostoc* sp. FT1019 (N19) and FT1012 (N12) displayed the highest growth rate for all strains. Five strains of high growth rate algae were selected and cultured in BG-11 broth media consisting of 0-0.5% sodium alginate. The highest growth rate were detected in algae cultured in BG-11 media consisting of 0.25-0.5% Na alginate ($p < 0.05$). The growth rate in broth medium was higher than the agar medium for 50 times. Then, the three best were selected for culturing in BG-11 medium with 0.5% Na alginate. The highest growth rate of all algae was N12, followed by N19 and *Nostochopsis* sp. FT1018 (NC18), respectively. The nutritional value of all 3 strains will be analyzed. Ornamental fish growth will be tested by coating each species of algae on commercial feed pellet and feed to ornamental fish.

Keywords: hybrid catfish, Climbing Perch, *Anabrus testudineus*, tilapia, Monosex Climbing Perch, fish culture, fish feed, *Cladophora* spp., cassava leaves, growth performances, *Flavobacterium columnare*, tilapia diseases, vaccine *Nostoc*, *Nostochopsis*, ornamental fish

คำนำ

ความต้องการบริโภคสัตว์น้ำมีมากขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ ไม่ว่าจะเป็นปลาเนื้อขาวในรูปปลาสดทั้งตัวหรือปลาแล่นเนื้อ (Fillet) ซึ่งได้มีการประมาณความต้องการปลาหนึ่งกลุ่มนี้ไว้สูงถึง 4 พันตัน/ปี (www.nicaonline.com/webboard/index.php) ส่วนในตลาดต่างประเทศ เช่น กลุ่มประเทศแถบยุโรป อเมริกา มาเลเซีย สิงคโปร์ พบว่า มีความต้องการปลาเนื้อขาวและปลาสวายเนื้อขาวประมาณ 5 แสน - 1 ล้านตัน/ปี (www.thefishsite.com/articles/963/recent-trends-in-aquaculture-production-in-asia-and-europe) โดยมีมูลค่าหลายแสนล้านบาท อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่สามารถผลิตปลาหนึ่งลูกผสมเนื้อขาวได้เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยนี้ต้องการผลิตปลาลูกผสมให้เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร ในขณะเดียวกันก็มีการพัฒนาอาหารเสริมสำหรับสัตว์น้ำโดยการนำสาหร่ายไคมาเสริมในอาหารปลาเพื่อช่วยส่งเสริมสุขภาพของปลาให้ดีขึ้น เพิ่มระบบต้านอนุมูลอิสระ ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ทำให้ไม่เป็นโรคง่าย โตเร็ว อัตราการรอดสูง ทำให้ได้ผลผลิตปลาที่มีคุณภาพ ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อการเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันได้เป็นอย่างดี เป็นการพัฒนาปลาให้เป็นอาหารสุขภาพ (functional food) ชนิดใหม่ ซึ่งนอกจากจะเป็นปลาโอเมก้า 3 แล้วยังเป็นปลาต้านอนุมูลอิสระได้อีกด้วยเนื่องจากสาหร่ายไคที่เสริมเข้าไปในอาหารปลานั้นเอง

อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์พร้อมจะบริโภคได้ (ready to eat) และพร้อมปรุง (ready to cook) จากปลาหนึ่งลูกผสมนั้นยังมีน้อย ที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป ผู้บริโภคมักจะมีเวลาน้อยลง และต้องการความสะดวกสบายในการบริโภคอาหารที่ใช้เวลาน้อยในการเตรียมหรือปรุงง่าย จึงต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีความสะอาด คุณภาพดี และรูปแบบที่มีความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งควรมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิมที่คนยอมรับอยู่แล้ว ให้มีรูปแบบหลากหลายมากขึ้นเพื่อเพิ่มมูลค่าของสัตว์น้ำและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน

นอกจากนี้ชนิดของปลาที่หลากหลายก็เป็นอีกตัวเลือกที่ผู้เลี้ยงไม่ควรมองข้าม การเลี้ยงปลาชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงชนิดเดียวอาจจะประสบปัญหาทางการตลาดได้ ปลาหมอ (ปลาคอดอเมริกัน) เป็นปลาน้ำจืดที่นิยมเลี้ยงกันอย่างกว้างขวาง ในประเทศอเมริกา จากการคัดเลือกพันธุ์มาตลอดเวลาทำให้ได้พันธุ์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีมาก ปลาหมอเหล่านี้เข้ามาในประเทศไทย โดยสถาบันพัฒนาแห่งเอเชีย (AIT) และกรมประมง โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ ได้รับพันธุ์ปลาในปี 2533 นำมาเลี้ยงจนสามารถเพาะพันธุ์ได้ในปี 2534 ในปัจจุบันปลาที่เกิดในเมืองไทยสามารถใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ได้จากนั้น จึงได้มีการเลี้ยงเป็นอาชีพในแถบภาคเหนือโดยเฉพาะที่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดใกล้เคียง และขยายไปจนถึงภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีการเพาะลูกปลาหมอและจำหน่าย ได้ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ ใช้ระยะเวลาการเลี้ยง 6 เดือนก็สามารถจับจำหน่ายได้ในราคากิโลกรัมละ 100-140 บาท ปัญหาหนึ่งที่พบในการเลี้ยงปลาหมอคือการเจริญเติบโตที่ไม่เท่ากัน มีขนาดที่แตกต่างกันมาก เวลาเลี้ยงจึงต้องหมั่นคัดขนาดเพื่อป้องกันการกิน

กันเอง ซึ่งจะส่งผลให้มีอัตราการรอดต่ำและผลผลิตน้อย เทคนิคในการเปลี่ยนเพศจึงมีความจำเป็นมาก เพื่อเพิ่มศักยภาพสัตว์น้ำเศรษฐกิจประเภทปลากดหลวงให้ทำรายได้เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งการเพิ่มรูปแบบการเลี้ยงเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากน้ำทิ้งในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ปลาป่นเป็นวัตถุดิบหลักของอาหารสัตว์น้ำ แต่ปัจจุบันการจับสัตว์น้ำเพื่อผลิตเป็นปลาป่นมีปริมาณการจับลดลงเรื่อยๆ ในแต่ละปี ในขณะที่ความต้องการใช้ปลาป่นเพื่อการเลี้ยงสัตว์ภายในประเทศมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นจึงส่งผลให้ราคาปลาป่นเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ราคาอาหารสัตว์สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงได้มีการหาแนวทางการศึกษาหาโปรตีนจากแหล่งอื่นทดแทนปลาป่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้โปรตีนจากพืชตระกูลถั่วซึ่งโปรตีนจากถั่วเหลืองก็เป็นหนึ่งในโปรตีนพืชที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นในสัดส่วนที่ดีและมีศักยภาพที่จะผลิตได้มาก (Lim and Dominy, 1989) แต่การนำมาใช้ในอาหารสัตว์น้ำต้องมีปริมาณที่เหมาะสมจึงจะสามารถทำให้ปลามีการเจริญเติบโตที่ดีและอัตราการรอดตายสูง ใกล้เคียงกับกับสูตรอาหารที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนเพียงอย่างเดียว เช่น ปลากระพงขาว ปลาคาร์ฟ ปลาแรด และปลาเป็ดแดงเป็นต้น (มะลิ และคณะ, 2539 ; เจษฎา, 2549) นอกจากนี้การใช้ถั่วเหลืองยังมีข้อจำกัดบางประการ เนื่องจากถั่วเหลืองดิบมีสารยับยั้งทริปซินซึ่งหากไม่ทำลายเสียก่อนจะไปลดการใช้ประโยชน์ของกรดอะมิโน ควรผ่านความร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที และยังมีกรดอะมิโน Methionine และ Lysine ในปริมาณที่ต่ำ ในชุดการทดลองย่อยนี้จะมีการทดลองปรับสูตรอาหารเพื่อใช้เลี้ยงปลาหมอไทยซึ่งเป็นปลาเศรษฐกิจตัวใหม่ที่เลี้ยงง่าย ทนต่อความแปรปรวนของดินฟ้าอากาศ

ในประเทศไทยนั้นฟาร์มที่เพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดส่วนใหญ่ มักนิยมเลี้ยงในบ่อดินที่มีระบบน้ำแบบเปิด โดยมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ และเลี้ยงในระดับความหนาแน่นสูง ดังนั้นจึงทำให้เกิดโรคระบาดได้ง่าย การเลี้ยงปลาในบ่อคอนกรีตที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด ที่มีการติดตั้งระบบบำบัดของเสีย จึงเป็นแนวทางในการรักษาคุณภาพน้ำ และสามารถควบคุมโรคระบาดได้ และสามารถเลี้ยงปลาได้แม้จะมีพื้นที่จำกัด อย่างไรก็ตามการจับถ่ายของสัตว์น้ำและอาหารที่เหลือตกค้างอยู่ซึ่งจะเป็นของเสียในรูปแอมโมเนีย ซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่สามารถบำบัดได้โดยแบคทีเรียบางชนิดในธรรมชาติ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแอมโมเนียให้กลายเป็น ไนโตรที่ และ ไนเตรตได้ในที่สุด เรียกว่ากระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นได้ดีที่ pH 7-8 และน้ำมีอุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส ไนเตรตอาจถูกไรต์วิซให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจนโดยอาศัยแบคทีเรียประเภท heterotroph เรียกกระบวนการนี้ว่า ดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ซึ่งจะทำให้ไนเตรตลดลง 7-15 % ทุกวัน โดยไนเตรตจะกลายเป็นก๊าซไนโตรเจนลอยขึ้นสู่อากาศ กระบวนการนี้มักเกิดขึ้นในดินก้นบ่อ แต่ส่วนที่เกิดขึ้นในน้ำนั้นพบว่ามีน้อยกว่าในดิน (กระสินธุ์, 2551) งานวิจัยนี้เป็นศึกษาการติดตั้งระบบบำบัดเลียนแบบธรรมชาติเพื่อประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยง

ในอดีตการเลี้ยงปลาหมอไทยของเกษตรกรยังใช้ลูกพันธุ์ปลาที่ยังไม่แปลงเพศ ทำให้ได้ปลาเพศผู้ในปริมาณสูงถึง 40-50% ซึ่งจะมีขนาดตัวที่เล็ก โตช้า ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ส่งผลต่อผลผลิตต่อไร่ให้ต่ำ แต่จากการพัฒนาเทคนิคการผลิตลูกปลาแปลงเพศให้เป็น เพอร์เซ็นต์เพศเมียสูงขึ้น ถึง 85

เปอร์เซ็นต์ โดยปลาหมอเทศเมียจะมีขนาดตัวใหญ่กว่าเพศผู้ โตเร็วและขายได้ราคาที่สูงกว่า เป็นที่ต้องการของตลาดอย่างมาก (www.matichon.co.th/news) Woodland (1967) กล่าวว่า การเลี้ยงแบบปลาชนิดเพศเดียว (monosex) มีการเจริญเติบโตได้เร็วกว่าการเลี้ยงแบบผสมเพศ ปลาเพศผู้ (monosex) มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าเพศผู้ในการเลี้ยงแบบผสมเพศ 17% ในทำนองเดียวกันปลาเพศเมีย (monosex) มีเจริญเติบโตเร็วกว่าเพศผู้ในการเลี้ยงแบบผสมเพศ 31% ซึ่งอาจเกิดจากการผันของพลังงานในการเลี้ยงแบบผสมเพศเพื่อการเจริญเติบโตของร่างกายและสืบพันธุ์ (Curtis and Jones, 1995) จึงเกิดโจทย์คำถามที่ว่า “การเลี้ยงปลาหมอเทศเมีย จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอเทศไทยอย่างไร” ทั้งนี้ก็ยังไม่มีความรู้พื้นฐานทางวิชาการเกี่ยวกับการเลี้ยงปลาหมอเทศเมียที่สามารถระบุได้ชัดเจน

อุปสรรคในการเลี้ยงปลาให้ประสบความสำเร็จที่สำคัญคือ โรคสัตว์น้ำ การระบาดของโรคมักจะเกิดขึ้นกับปลาที่เลี้ยงหนาแน่นมาก และเลี้ยงในสภาพที่มีออกซิเจนในน้ำต่ำ อุณหภูมิสูงหรืออุณหภูมิต่ำ ๗ องศาเซลเซียส ปริมาณสารอินทรีย์และแอมโมเนียในน้ำสูง การรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียทำได้ยากมากและเสียค่าใช้จ่ายสูง (Munday, 1994) มีการพัฒนาวัคซีนขึ้นมาใช้เพื่อป้องกันโรคดังกล่าว เช่น การทำวัคซีนเชื้อตายจากฟอร์มาลิน (Moore *et al.* 1990) งานวิจัยนี้จะมีศึกษาแนวทางการพัฒนาวัคซีนป้องกันโรคเหงือกเน่าซึ่งระบาดในการเลี้ยงปลานิลทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยด้วย เพื่อช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคระบาดดังกล่าวข้างต้น

สาหร่าย *Nostoc* หรือ ไข่หิน ดอกหิน เห็ดหิน เห็ดลาบ เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อุดมไปด้วยโปรตีน ซึ่งน่าจะเป็นวัตถุดิบทางเลือกในการผลิตอาหารปลาเพื่อทดแทนการใช้โปรตีนจากปลาป่น วว. ได้ทำการศึกษาและผลิตสาหร่ายไข่หิน ซึ่งมีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่า 100 กรัม ของสาหร่าย *Nostoc* มีโปรตีนไม่เกิน 33.78% ไขมัน 0.28% คาร์โบไฮเดรต 51.19% วิตามิน A, B1, B2 แคลเซียม เหล็ก กรดอะมิโน โปแตสเซียม โซเดียม ไนโตรเจน โพแทสเซียม ไทโรซีน อะลานีน เป็นต้น (*Nostoc* Algae. ออนไลน์ [เข้าถึงได้จาก] www.21Food.com วันที่ 25 กรกฎาคม 2554) สาหร่ายลอน *Nostochopsis* หรือ ไข่หิน ดอกหิน อองลอน เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบมีเพียง 2 ชนิดคือ *Nostochopsis hansgrig* และ *N. lobatus* พบมากในลำน้ำนาน ทลัสมีลักษณะเป็นก้อน ภายในมีเส้นสายจำนวนมากฝังอยู่ เมื่อยังอ่อนจะอยู่เป็นก้อนตัน เมื่ออายุมากขึ้นตรงกลางจะกลวง มีการแตกแขนงไปหลายทิศทาง แขนงสั้นๆประกอบด้วย 2-3 เซลล์ เซลล์มีเฮทเทอโรซิสต่ออยู่ตรงปลายแขนงสั้นๆ สาหร่ายชนิดนี้ขึ้นอยู่บนก้อนหินหรืออากาศเย็นที่มีน้ำไหลผ่าน เช่น ทางภาคเหนือของประเทศไทย ยุติและคณะ (2547) พบสาหร่ายชนิดนี้เจริญอย่างรวดเร็วเป็นปริมาณมากในแม่น้ำนาน ช่วงฤดูแล้ง ตุลาคม – พฤษภาคม ของทุกปี โดยเจริญอยู่บนก้อนหิน นำมาขายเป็นอาหาร และเชื่อว่าเป็นยาแก้โรคร้อนใน สาหร่ายชนิดนี้มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับสาหร่ายไค โดยมีปริมาณโปรตีนราว 20% ใกล้เคียงกับเนื้อปลา มีวิตามินและเกลือแร่หลายชนิด โดยเฉพาะซีลีเนียมซึ่งมีสารป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระอยู่ถึง 409.8 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง นอกจากนี้มีแคลเซียมสูงมากถึง 12,378.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง (ยุติ พิรพรพิศาล, 2549)

วัตถุประสงค์ชุดโครงการวิจัย

1. คัดเลือกขนาดปลาหน้ลูกผสมที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาลูกผสมในกระชังเชิงพาณิชย์
2. ศึกษาผลของอาหารที่เสริมสาหร่ายไคต่อการเจริญเติบโตและระบบต้านอนุมูลอิสระในปลาหน้ลูกผสม
3. เพื่อศึกษาคุณภาพซากและองค์ประกอบของเนื้อปลาหน้ลูกผสมที่ได้จากการชำแหละ
4. เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากรูปแบบการแปรรูปปลาหน้ลูกผสมเป็นผลิตภัณฑ์
5. เป็นแนวทางในการจัดตั้งฟาร์มเลี้ยงปลาลูกผสมในกระชังระดับชุมชนเชิงอาชีพ
6. ศึกษาผลของการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองร่วมกับไขมันสำปะหลังต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอที่ใช้เป็นแนวทางในการผลิตสูตรอาหารที่เหมาะสม
7. ศึกษาต้นทุนของการเลี้ยงปลาหมอไทย เพื่อพัฒนาการเลี้ยงปลาหมอให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด
8. พัฒนา
9. ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลในบ่อกอนกรีตที่มีระบบไหลเวียนแบบปิด
10. ศึกษาผลของวัสดุและองค์ประกอบของระบบบำบัดในการบำบัดคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลในบ่อกอนกรีตที่มีระบบไหลเวียนแบบปิดในอัตราความหนาแน่นสูง
11. ศึกษาความคุ้มค่าในการใช้ระบบน้ำไหลเวียนแบบปิดที่มีระบบบำบัดคุณภาพน้ำในการนำมาใช้เชิงพาณิชย์
12. ศึกษาผลการเจริญเติบโต เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงหมอไทยเทศเมียล้วน การเลี้ยงแบบคละเพศ
13. คัดแยกเชื้อแบคทีเรีย *Flavobacterium columnare* จากปลานิลที่เป็นโรคเพื่อพัฒนาวัคซีนเพื่อป้องกันโรคเหงือกเน่า หางกร่อนในปลานิล
14. พัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยง *Nostoc* และ *Nostochopsis* เพื่อขยายไปสู่การเพาะเลี้ยงขนาดใหญ่
15. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของ *Nostoc* และ *Nostochopsis* ที่เก็บรวบรวมในบริเวณภาคเหนือจากแหล่งต่างๆจำนวน 5 แหล่ง เพื่อคัดเลือกชนิดที่เหมาะสมนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำ
16. ศึกษาผลการเจริญเติบโตของปลาสร้อยงามด้วยอาหารที่ผสมสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis*

เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัย

คณะผู้วิจัยมีเป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัยที่จะผลิตสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตศักยภาพในการแข่งขัน โดยการนำกลุ่มปลาหนัง (catfish) มาพัฒนาสายพันธุ์ให้โตเร็ว มีคุณภาพเนื้อที่ดี รวมทั้งมีการพัฒนาอาหารที่จะทำให้ปลาโตเร็วและมีสาระสำคัญที่เป็นประโยชน์ทั้งต่อปลาและผู้บริโภค สร้างเสริมองค์ความรู้เพื่อเป็นพื้นฐานข้อมูลการสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศอย่างสมดุลและยั่งยืน โดยคำนึงถึงหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง รวมทั้งเพิ่มศักยภาพการผลิตให้แข่งขันในตลาดโลกได้ การสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าและถนอมอาหารเป็นสิ่งจำเป็น ผลผลิตที่ได้จากปลาหนังลูกผสมจะมีการพัฒนาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบันอาจจะยากในการควบคุมคุณภาพน้ำ การพัฒนาระบบปิดในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อประหยัดน้ำ ประหยัดพลังงานและง่ายต่อการบริหารจัดการในฟาร์ม

การผลิตสัตว์น้ำเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน ประกอบไปด้วยโครงการวิจัยย่อยจำนวน 8 โครงการ โดยแต่ละโครงการย่อย จะมุ่งเน้นวิจัยเพื่อตอบโจทย์ของการเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน ลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ลดการใช้ยาและสารเคมี ลดความเสี่ยงจากการขาดน้ำหรือความแปรปรวนของคุณภาพน้ำ โดยการเลี้ยงในระบบปิด

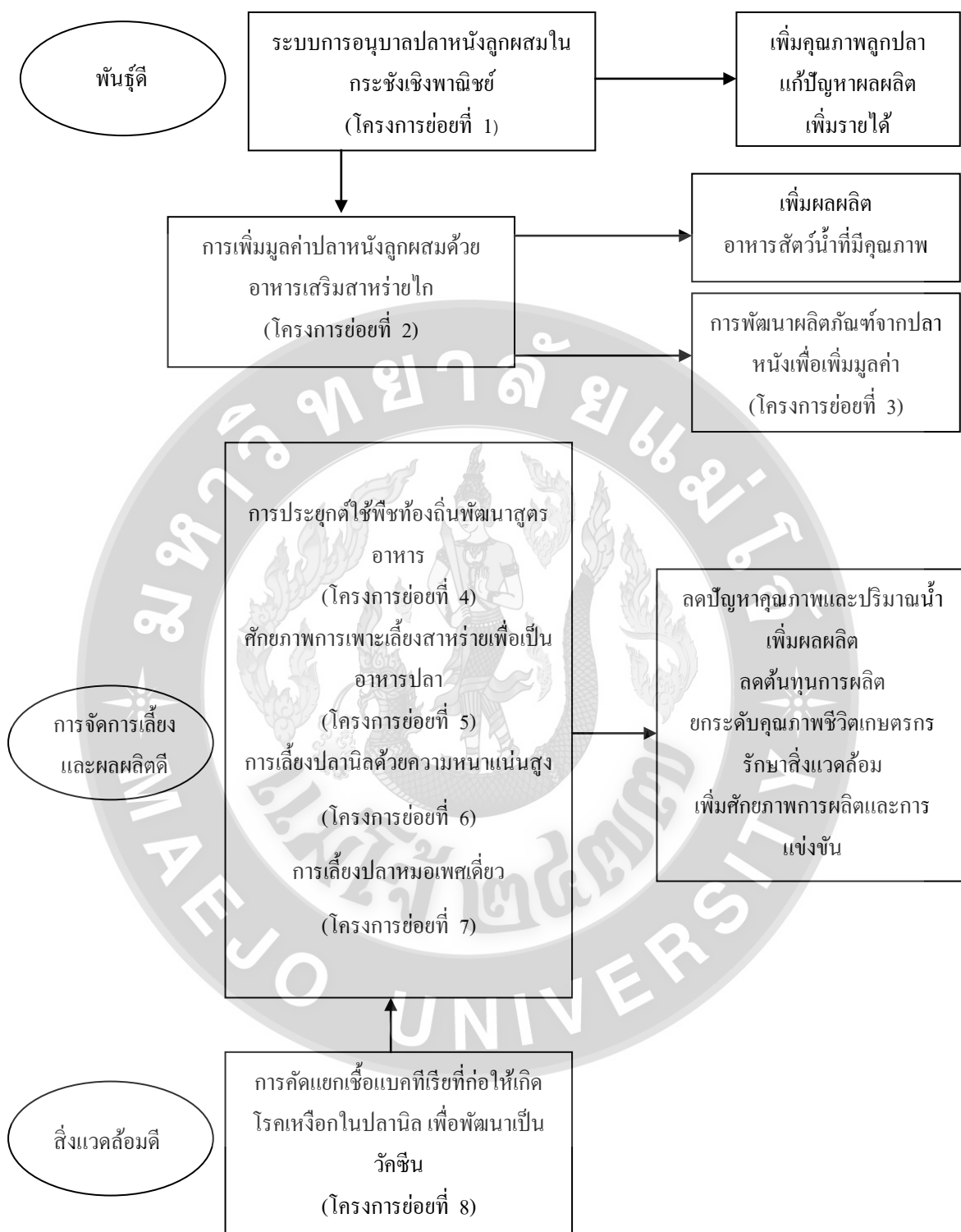
เป้าหมายของผลผลิต (output)

1. ได้ลูกพันธุ์ปลาหนังลูกผสม
2. ได้อาหารที่เสริมสาหร่ายไคต่อการเจริญเติบโตและระบบด้านอนุมูลอิสระในปลาหนังลูกผสม
3. ทราบคุณภาพซากและองค์ประกอบของเนื้อปลาหนังลูกผสม
4. ทราบต้นทุนและผลตอบแทนจากรูปแบบการแปรรูปปลาหนังลูกผสมเป็นผลิตภัณฑ์
5. ได้แนวทางในการจัดตั้งฟาร์มเลี้ยงปลาลูกผสมในกระชังระดับชุมชนเชิงอาชีพ
6. ได้แนวทางในการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองร่วมกับไบโมันสำปะหลังเพื่อผลิตสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาหมอไทย
7. ทราบต้นทุนของการเลี้ยงปลาหมอไทย เพื่อพัฒนาการเลี้ยงปลาหมอให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด
8. ทราบความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลในบ่อคอนกรีตที่มีระบบไหลเวียนแบบปิด
9. ทราบผลการเจริญเติบโต เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงหมอไทยเทศเมียล้วน
10. วัคซีนป้องกันโรคเหงือกเน่า หางกร่อนในปลานิล
11. ได้สูตรอาหารที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยง *Nostoc* และ *Nostochopsis*
12. ทราบคุณค่าทางโภชนาการของ *Nostoc* และ *Nostochopsis*
13. ทราบผลการเจริญเติบโตของปลาสวายงามด้วยอาหารที่ผสมสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis*

เป้าหมายของผลลัพธ์ (outcome)

ผลผลิต	ตัวชี้วัด		
	เชิงปริมาณ	เชิงคุณภาพ	เวลา
1. เพื่อเพิ่มเศรษฐกิจให้กับประเทศ	-เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาและสาหร่ายไคมีรายได้เพิ่มขึ้น -ผลิตภัณฑ์เนื้อปลาหนัง -ลูกผสมที่หลากหลาย	เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน	2 ปี
2. เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ในด้านวิชาการ	-ได้รูปแบบการผลิตปลาต้านอนุมูลอิสระเป็นอาหารสุขภาพ -สูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงปลาหนังลูกผสมและปลาหมอไทย -วัคซีนป้องกันโรคเหงือกเน่าสำหรับปลานิล	-ได้ปลาหนังสายพันธุ์ที่มีคุณภาพ -ได้ผลิตภัณฑ์อาหารปลาที่มีคุณภาพและลดการใช้ยาและสารเคมีในการเพาะเลี้ยงปลา	1 – 2 ปี
3. เพื่อสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่	อย่างน้อย 10 คน	ได้นักวิจัยที่มีคุณภาพและสร้างงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง	1 – 2 ปี
4. เพื่อเพิ่มระดับงานวิจัยให้มีมาตรฐานในระดับสากล	- ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับประเทศ - สากลอย่างน้อย 8 เรื่อง	การนำเสนอผลงานในระดับชาติหรือนานาชาติ	1 – 2 ปี

กรอบแนวคิดของชุดโครงการวิจัย



ประโยชน์จากผลการวิจัย

1. สามารถใช้เป็นข้อมูลที่ได้นำไปวางแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาหมึกผสมได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพียงพอกับความต้องการของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา
2. เพื่อใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในการผลิตอาหารปลาหมึกและปลาสวยงาม
3. เพิ่มมูลค่าปลาหมึกในแง่ของคุณค่าทางอาหารและผลิตภัณฑ์แปรรูป
4. ลดผลกระทบของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาต่อแหล่งน้ำสาธารณะ
5. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ทั้งด้านผลผลิตและต้นทุนการผลิตปลาหมึกไทยโดยวัตถุดิบจากพืชของเกษตรกร
6. เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาหมึกโดยการเลี้ยงแยกเพศ
7. ได้แนวทางในการผลิตวัคซีนป้องกันโรคเหงือกเน่าและหางกร่อนในปลานิล
8. เกิดองค์ความรู้ในการผลิตสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis* เพื่อเป็นอาหารปลาสวยงาม

แผนการบริหารแผนงานวิจัยและแผนดำเนินงาน

1. แผนบริหารการวิจัย

1.1 ระยะที่ 1: การวางแผนบริหารโครงการวิจัย ทบทวนเอกสาร และเตรียมพื้นที่ วัตถุประสงค์และประชุมบุคลากร

1. ค้นหาและรวบรวมข้อมูลงานวิจัย และหนังสือต่างๆ ที่เกี่ยวกับเนื้อหาของโครงการ
2. ตั้งโจทย์ปัญหาและวางแผนวิจัยร่วมกับบุคลากร นักศึกษาและเกษตรกรที่มีส่วนร่วมในโครงการ
3. วางแผนการดำเนินงาน และขออนุมัติโครงการวิจัย

1.2 ระยะที่ 2: ระยะศึกษา และการทดลองในปีที่ 1 (ตุลาคม 2555 - กันยายน 2556)

ทำการทดลองบันทึกผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองตามแผนการทดลองของแต่ละโครงการย่อย จำนวน 8 โครงการ ดังนี้

- 1) ระบบการเลี้ยงปลาหมึกผสมในกระชังเชิงพาณิชย์
- 2) การเพิ่มมูลค่าปลาหมึกผสมด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไค
- 3) การแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาหมึกผสม
- 4) การลดการใช้ปลาป่นในการผลิตอาหารอย่างง่ายสำหรับการเลี้ยงปลาหมึกในชุมชน
- 5) การศึกษาการเลี้ยงปลานิลด้วยความหนาแน่นสูงในบ่อคอนกรีตที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด
- 6) การเลี้ยงปลาหมึกเทศเดี่ยวเพื่อผลประโยชน์ทางการค้า
- 7) การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเหงือกในปลานิล (*Flavobacterium columnarae*) เพื่อพัฒนาเป็นวัคซีนป้องกันโรค
- 8) การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis* เพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมแก่สัตว์น้ำ

1.3 ระยะที่ 3: ระยะศึกษา และการทดลองในปีที่ 2 (ตุลาคม 2556 - กันยายน 2557)

สรุปผลที่ได้จากการวิจัยในปีที่ 1 ปรับแก้ไขและทำการทดลองต่อเนื่องในแต่ละโครงการย่อย จำนวน 8 โครงการ ดังนี้

- 1) ระบบการเลี้ยงปลาหน้าลูกผสมในกระชังเชิงพาณิชย์
- 2) การเพิ่มมูลค่าปลาหน้าลูกผสมด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไค
- 3) การแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาหน้าลูกผสม
- 4) การลดการใช้ปลาป่นในการผลิตอาหารอย่างง่ายสำหรับการเลี้ยงปลาหมอในชุมชน
- 5) การเลี้ยงปลาหมอเทศเดี่ยวเพื่อผลประโยชน์ทางการค้า
- 6) การศึกษาการเลี้ยงปลานิลด้วยความหนาแน่นสูงในบ่อคอนกรีตที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด
- 7) การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเหงือกในปลานิล (*Flavobacterium columnare*) เพื่อพัฒนาเป็นวัคซีนป้องกันโรค
- 8) การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc* spp. เพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมแก่สัตว์น้ำ

แผนการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จากการทำการวิจัยตามแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยนี้ ทำให้คณาจารย์สามารถผลิตบัณฑิตระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษา เป็นนักวิจัยรุ่นใหม่ของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ และคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้ปีละประมาณ 5 – 7 คน ซึ่งมีความรู้ในการผลิตสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เพื่อสร้างอาหารปลอดภัย เป็นการสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ เพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตร เพื่อการส่งออกและลดการนำเข้า ตาม แผนงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับประมงและการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและนำไปสู่การแข่งขันและการพึ่งพาตนเอง เป็นการพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีศักยภาพและมีประสิทธิภาพ

กลยุทธ์ของแผนงานวิจัยชุดโครงการ

ชุดโครงการวิจัยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน มุ่งเน้นวิจัยเพื่อตอบโจทย์ของการผลิตสัตว์น้ำเศรษฐกิจให้ยั่งยืน โดยหาแนวทางในลดต้นทุนการผลิต คัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์ รวมทั้งมีการคิดค้นสูตรอาหารต่าง ๆ ให้ได้สัตว์น้ำโตเร็ว แข็งแรง เพื่อการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันและการพึ่งพาตนเอง เป็นการสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศต่อไป

ระยะเวลา และสถานที่ทำการวิจัย

ระยะเวลา เริ่มต้นดำเนินการ ตุลาคม 2555 สิ้นสุดโครงการ กันยายน 2556

สถานที่ทำการวิจัย

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ แม่โจ้

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ภาควิชาสัตววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การตรวจเอกสาร

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1 ระบบการอนุบาลปลาหมักลูกผสมในกระชังเชิงพาณิชย์

ในการอนุบาลลูกปลาโม่ง อายุ 2-7 วัน ในบ่อซีเมนต์ระดับน้ำลึก 0.30 เมตร โดยใช้อัตราปล่อย 25 ตัว/น้ำ 1 ลิตร ให้ไรแดงเป็นอาหารวันละ 6 ครั้ง ลูกปลา อายุ 7-21 วัน อนุบาลในบ่อซีเมนต์ ระดับน้ำลึก 0.30 เมตร โดยใช้อัตราปล่อย 12.5 ตัว/น้ำ 1 ลิตร ให้ไรแดง ร่วมกับไข่อุ่นเป็นอาหารวันละ 6 ครั้ง พบว่ามีอัตราการรอด 65 % การอนุบาลลูกปลา อายุ 21-35 วัน ในกระชังตาข่ายมุ้งสีฟ้าที่กางบ่อดิน ระดับน้ำลึก 0.60 เมตร โดยใช้อัตราปล่อย 2.5 ตัว/น้ำ 1 ลิตร ให้ไรแดงร่วมกับไข่อุ่นและปลาป่นเป็นอาหารวันละ 4 ครั้ง พบว่ามีอัตราการรอด 75 % การอนุบาลลูกปลา อายุ 35-60 วัน จะอนุบาลในบ่อดิน โดยใช้อัตราปล่อย 80 ตัว/ตารางเมตร ให้ไรและปลาป่นเป็นอาหารวันละ 3 ครั้ง พบว่ามีอัตราการรอด 75 % การอนุบาลลูกปลา อายุ 60-90 วัน จะอนุบาลในบ่อดินโดยใช้อัตราปล่อย 62.5 ตัว/ตารางเมตร ให้อาหารปลาชุกเล็กเป็นอาหารวันละ 1 ครั้ง พบว่ามีอัตราการรอด 75 % (วรिता, 2549)

การอนุบาลลูกปลาแบบหนาแน่น 25, 35 และ 45 ตัว/ลูกบาศก์เมตร โดยให้อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำที่ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ปลาหมักน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 51.56 กรัม ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 17.8 เซนติเมตร เลี้ยงในกระชังขนาด 3.0x4.0x2.5 เมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายเท่ากับ 1,060.91, 954.65 และ 944.38 กรัม น้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 2.76, 2.48 และ 2.45 กรัม/วัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 0.83, 0.80 และ 0.80 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ ปลาโม่งทุกชุดการทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และมีอัตราแลกเนื้อเท่ากับ 2.59, 2.41 และ 2.27 ตามลำดับ ปลาที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 45 ตัว/ลูกบาศก์เมตร มีอัตราแลกเนื้อน้อยกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 25 ตัว/ลูกบาศก์เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทุกชุดการทดลองมีอัตราการตายเท่ากับ 100 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) ต้นทุนการผลิตของปลาโม่งที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 25, 35 และ 45 ตัว/ลูกบาศก์เมตร มีค่าเท่ากับ 60.42, 55.56 และ 51.46 บาท/กิโลกรัม รายได้ทั้งหมดเท่ากับ 38,192.80 , 48,114.40 และ 61,196.00 บาท/กระชัง รายได้สุทธิเท่ากับ 11,201.20 , 16,552.32 และ 23,683.59 บาท กำไรสุทธิเท่ากับ 9,349.54 , 14,700.66 และ 21,831.93 บาท และผลตอบแทนต่ออาหาร

ลงทุนเท่ากับ 38.83, 49.54 และ 60.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตพบว่าอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาโพงในกระชัง คือ 45 ตัว/ลูกบาศก์เมตร (กทาวุช และคณะ, 2545) มีการสำรวจต้นทุนในการผลิตการเลี้ยงปลาโพงในกระชังขนาด 10 ม³ ในจังหวัดนครพนม อัตราการปล่อยปลาขนาด 2.5 นิ้ว 125 ตัว/ม³ เลี้ยงนาน 11 เดือน ได้ขนาด 568 กรัม มีต้นทุน 28,285 บาท ขายได้ 52,335 บาท รายได้สุทธิ 20,049 บาท (ศิริณี และวิระวรรณ, 2550)

การเจ็บป่วยและตายของปลาในกระชังเกิดจากสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง คุณภาพน้ำไม่ดี ซึ่งเป็นเหตุให้ปลาเกิดภาวะความเครียด ป่วยเป็นโรค และตายได้ง่าย โดยความเครียดส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต ระบบสืบพันธุ์ของปลา ตลอดจนขนาดปริมาณของน้ำเชื้อและไข่ ความสมดุลในร่างกายปลา ความเครียดที่เกิดขึ้นเกิดจากผลของฮอร์โมนคอร์ติซอลที่มีบทบาทในการลดระดับฮอร์โมนที่สำคัญในปลา เช่น ฮอร์โมน Testosterone และ Estradiol สิ่งแวดล้อมที่เป็นสาเหตุทำให้ปลาเกิดความเครียด ได้แก่ อาหาร คุณภาพน้ำ โดยเฉพาะความหนาแน่นในการปล่อยปลาในกระชัง ซึ่งมีผลให้อนุมูลอิสระซึ่งเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียร และไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี จึงมีบทบาทในการก่อให้เกิดการอักเสบ และการทำลายเนื้อเยื่อ มีผลต่อความเสื่อมของเซลล์ ทำให้เกิดการตายของปลา ในภาวะที่มีสารอนุมูลอิสระมากเกินไปไม่สมดุลกับสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) เกิดขึ้น โดยอาจเป็นผลมาจากการสร้างสารอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และ/หรือมีการลดลงของสารและเอนไซม์ที่ต้านอนุมูลอิสระลดลงในตัวปลา ภาวะ oxidative stress มีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม การปนเปื้อนจากสารพิษหรือโลหะหนัก การได้รับอาหารไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระที่มีผลเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxic effect) หรือต่อ membrane phospholipids ที่มีทั่วตัวปลา อาทิเช่น การเกิด lipid peroxidation ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของโปรตีนต่างๆ ทั้งที่อยู่ในเซลล์และที่อยู่พื้นผิวของเซลล์ได้ เช่น ภาวะที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระตัวหนึ่ง ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของภาวะ lipid peroxidation จากสาเหตุดังกล่าวจะส่งผลให้เกิดการทำลายของไขมัน โปรตีน และดีเอ็นเอขึ้น โดยปกติในตัวปลาจะมีกลไกที่จะลดสารอนุมูลอิสระโดยอาศัยเอนไซม์ที่มีบทบาทเกี่ยวกับการทำลายสารอนุมูลอิสระ (antioxidant enzymes) ได้แก่ superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) และ glutathione peroxidase (GSH-Px) เพื่อปกป้องเซลล์จากภาวะ oxidative stress ได้ (van der Oost, et al, 2003)

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2 การเพิ่มมูลค่าปลาหางนกยูงผสมด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไค

สาหร่ายไค (*Cladophora* spp.) เป็นสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวขนาดใหญ่ อยู่ใน Division Chlorophyta ลักษณะเป็นเส้นสาย สีเขียวสดใส (ภาพที่ 1) พบได้มากในลำน้ำโขง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย และในลำน้ำน่าน จังหวัดน่าน มีการกระจายของสาหร่ายไคทั่วไปโดยเฉพาะที่พื้นที่ตื้นน้ำที่มีลักษณะเป็นก้อนหินและมีกระแสน้ำไหลไม่แรงมาก ชาวบ้านมีความเชื่อว่าสาหร่ายไคทำให้สุขภาพแข็งแรง อายุยืนยาว มีการนำมาใช้เป็นยาบรรเทาอาการโรคได้หลายชนิด เช่น โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร โรคผิวหนัง

รักษาบาดแผล จากความเชื่อดังกล่าวนี้นำให้ชาวบ้านนิยมนำไผ่มาประกอบอาหารโดยใช้ไผ่ทั้งสดและแห้งทำเป็นอาหารพื้นเมืองแบบง่าย ๆ เช่น ไผ่ก้อย ไผ่ก้อยแกง ไผ่ก้อยเจียว ไผ่ก้อยห่อหมก ไผ่ก้อยยำ และแปรรูปเพื่อจำหน่าย เช่น ไผ่ก้อยอบแห้ง ข้าวเกรียบไผ่ น้ำพริกไผ่ เครื่องดื่มสาหร่ายไผ่ จากการศึกษาศักยภาพของสาหร่ายไผ่ในลำน้ำน่านในการนำมาเป็นอาหารและยาของยูวดี และคณะ (2548) พบว่า สาหร่ายไผ่มีคุณค่าทางโภชนาการประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน วิตามิน เกลือแร่ และกากใยอาหาร นอกจากนั้นในสาหร่ายไผ่ยังมีซิลิเนียมซึ่งเป็นเกลือแร่ (trace element) ที่มีความสามารถด้านการเกิดอนุมูลอิสระในปริมาณที่สูง มีการทดสอบฤทธิ์เบื้องต้นทางเภสัชวิทยาของสาหร่ายไผ่พบว่า ส่วนสกัดแอลกอฮอล์ของสาหร่ายไผ่มีฤทธิ์ด้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ขยายหลอดลม ยับยั้งการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ ด้านการอักเสบ ระวังปวดและลดความดันโลหิต (Peerapornpisan et al., 2006) ส่วนสกัดน้ำของสาหร่ายไผ่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบในการทดลอง 3 การทดลอง คือ ฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH ฤทธิ์กำจัดอนุมูล superoxide และฤทธิ์ยับยั้งการเกิด lipid peroxidation (ยูวดี และคณะ, 2552)



ภาพที่ 1 สาหร่ายไผ่

อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่ จึงทำให้โมเลกุลนั้นไม่เสถียรและพยายามจับอิเล็กตรอนจากโมเลกุลข้างเคียงให้มีอิเล็กตรอนครบคู่เพื่อความเสถียร เมื่อโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงถูกดึงอิเล็กตรอนออกไปต้องไปจับเอาอิเล็กตรอนจากอะตอมหรือโมเลกุลข้างเคียงตัวอื่นต่อไปเป็นเช่นนี้ต่อเนื่องไปเป็นแบบปฏิกิริยาลูกโซ่โดยไม่มีที่สิ้นสุดเพื่อให้ตัวอะตอมหรือโมเลกุลมีความเสถียร อนุมูลอิสระที่มีผลต่อฤทธิ์ทางชีวภาพเช่น hydrogen radical, hydroxyl radical และ superoxide anion radical

อนุมูลอิสระเกิดได้ทั้งภายในและภายนอกร่างกาย ถ้าอนุมูลอิสระมีมากทำให้เกิดภาวะเสื่อมระดับเซลล์เสียหายได้หลายรูปแบบ เช่น การเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อ ตลอดจนอาจทำลายโครงสร้างทางเคมีของ DNA หรือ โครโมโซม อนุมูลอิสระสร้างความเสียหายต่อชีวโมเลกุลมากโดยเฉพาะการออกซิไดซ์ไขมันซึ่งเป็น ส่วนประกอบหลักของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียหายได้ สิ่งมีชีวิตจะ

มีระบบป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระอยู่ปริมาณหนึ่ง ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติในร่างกายมีหลายชนิดได้แก่เอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) พบในเม็ดเลือดแดง เอนไซม์ catalase (CAT) พบในไซโทซอลของเซลล์ และสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ แต่สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีปริมาณจำกัด เมื่อร่างกายมีอนุมูลอิสระมากขึ้น จะเกิดการขาดความสมดุลระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและอนุมูลอิสระในร่างกาย ดังนั้นจึงควรรหาแหล่งอาหารหรือสิ่งที่ช่วยเพิ่มเสริมให้ร่างกายมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น เช่น วิตามิน ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีน กลีโธรเร่ ได้แก่ ทองแดงและสังกะสี ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ SOD และซีลีเนียมเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ glutathioneperoxidase (GSH) สารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ ได้แก่ โคเอนไซม์ เอนไซม์ คิวเทน สารสกัดจากเมล็ดองุ่น สารสกัดจากเปลือกสน และสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) ซึ่งเป็นสารประกอบที่หาได้จากการเมทาบอลิซึมในพืชทั่วไปประกอบด้วยสารประกอบสำคัญได้แก่ โพรแอนโทไซยานิดินส์ (proanthocyanidins) อนุพันธ์ของกรดแกลลิก (gallic acids) และอนุพันธ์ของกรดเฮกซะไฮดรอกซีไดฟีนิค (hexahydroxydiphenic acid) โดยสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญคือ ฟลาโวนอยด์ ประกอบด้วย catechin, proanthocyanins, anthocyanidins, flavone, flavonols และ glycosides (โอภาและคณะ, 2549)

สารต้านออกซิเดชันในธรรมชาติ ได้แก่

สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่พบได้ในพืชทั่วไป มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อยหนึ่งหมู่หรือมากกว่านั้น สามารถละลายน้ำได้ ที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycosides) และพบได้ในส่วนของช่องว่างภายในเซลล์ (cell vacuole) สารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด มีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบจะเป็นสารประกอบพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoids) นอกจากนั้นยังมีสารประกอบต่างๆ เช่น simple monocyclic phenol, phenyl propanoid, phenolic quinine และ polyphenolic ซึ่งได้แก่พวก lignin, tannin เป็นต้น รวมทั้งยังพบว่ามีสารประกอบที่มีกลุ่มฟีนอล (phenolic unit) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีนอัลคาลอยด์ (alkaloid) และเทอร์ปีนอยด์ (terpenoid) เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และ แทนนิน เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกทำหน้าที่เป็นตัวจับไล่ออนุมูลอิสระที่สำคัญคืออนุมูล peroxy โดยมีกลไก 2 แบบคือ เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นต่ำเมื่อเทียบกับสารออกซิไดซ์ สารประกอบฟีนอลิกจะป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาจะถูกทำให้เป็นสารที่มีความเสถียร ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการเกิดขั้นตอนพลอพาเกินได้ นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกบางชนิดยังทำหน้าที่เป็นสารคีเลต ดักจับไอออนของโลหะเข้าไปในโมเลกุล เช่น เควอร์ซีทิน (quercetin)

สารประกอบฟีนอลิกยังทำหน้าที่ทั้งเป็นสารให้อิเล็กตรอน หรือเป็นตัวให้ไฮโดรเจน และกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูปแอกทีฟ ด้วยหน้าที่ต่างๆ ดังกล่าวจึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านออกซิเดชัน ที่สำคัญชนิดหนึ่งในพืชทั่วไป

วิตามินซี

มีชื่อทางเคมีว่า กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) เป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ จะสลายตัวเมื่อถูกความร้อนหรือหากทิ้งไว้ในอากาศที่มีความชื้นนานๆ วิตามินซีมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน โดยจะเข้าทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อนุมูล hydroxyl และอนุมูล peroxy

นอกจากวิตามินซีสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นตัวส่งเสริมประสิทธิภาพของสารต้านออกซิเดชัน ของวิตามินอีด้วย โดยทำให้อนุมูล α -tocopherol $^{\bullet}$ (TO $^{\bullet}$) เปลี่ยนกลับไปเป็น α -tocopherol (TOH) ดังเดิม ดังสมการ



ซิลิเนียม

เป็นสารต้านออกซิเดชัน ทางอ้อม เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน มีการศึกษาวิจัยที่แสดงว่าการใช้ซิลิเนียม และวิตามินอีร่วมกันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการป้องกันการเกิดโรคเมเร็งบางชนิด ที่กล่าวมานี้เป็นตัวอย่างของสารต้านออกซิเดชัน ซึ่งพบได้ในอาหารตามธรรมชาติ เนื่องจากสารต้านออกซิเดชัน มีหน้าที่หลายอย่าง เช่น ทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) เป็นตัวจับอนุมูลอิสระ จับกับไอออนโลหะที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยหน้าที่ต่างๆ เหล่านี้ จึงทำให้มีผลต่อการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือสามารถหยุดปฏิกิริยาถูกโซ่ และทำให้เป็นสารที่มีความเสถียร หรือเป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกต่อไป หรือเป็นสารที่ไม่ใช้อนุมูลอิสระ (non-radical product)

สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ (โอภาและคณะ, 2549)

สารต้านออกซิเดชันที่พัฒนาสังเคราะห์ขึ้นส่วนใหญ่จะออกแบบให้มีโมเลกุลขนาดเล็ก และใช้โครงสร้างของสารต้านออกซิเดชัน ที่มีในธรรมชาติ นำมาดัดแปลงให้มีคุณสมบัติทางเคมีและมีฤทธิ์ที่ดีขึ้น เช่นสารต้านออกซิเดชันที่พัฒนาจากสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ โดยพัฒนามาจากโครงสร้างของวิตามินอี และโครงสร้างสารโพลีฟีนอล

Glutathione (GSH)

กลูตาไทโอนจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มที่มีหมู่ไทออล GSH มีโครงสร้างเป็นเปปไทด์ที่ประกอบด้วยอะมิโน 3 ตัว โดยในร่างกายมีกลูตาไทโอนอยู่ใน 2 รูปแบบ คือ กลูตาไทโอนในรูปรีดิวส์ (GSH) และกลูตาไทโอนในรูปออกซิไดส์ คือ กลูตาไทโอนไดซัลไฟด์ (GSSH)

GSH ละลายน้ำได้ดีมีอยู่ในปริมาณมากในเซลล์ โดยอยู่ที่ไซโทซอลในปริมาณความเข้มข้น 1-11 มิลลิโมลาร์ และอยู่ในนิวเคลียสและไมโทคอนเดรียในปริมาณ 3-15 มิลลิโมลาร์ และ 5-11 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ

กลูตาไทโอนมีบทบาทสำคัญในการป้องกันเซลล์จากภาวะถูกออกซิไดส์ดังนี้ คือ

- 1) เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์หลายชนิดที่ทำหน้าที่กำจัดอนุมูลและการเกิดออกซิเดชันได้แก่ เอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสและเอนไซม์กลูตาไทโอนทรานซ์เฟอเรส เป็นต้น
- 2) ช่วยในการขนส่งกรดอะมิโนผ่านพลาสมาเมมเบรน
- 3) ขจัดหรือสลายอนุมูลไฮดรอกซีโดยตรง และเร่งการทำงานของเอนไซม์ในการกำจัดอนุมูลลิพิดเปอร์ออกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์โดยตรง
- 4) รีดิวส์ อนุมูลวิตามินซีและอนุมูลวิตามินอีให้กลับอยู่ในรูปที่ต้านอนุมูลอิสระ

Trolox (6-Hydroxy-2, 5, 7, 8- tetramethylchroman-2-carboxylic acid)

มีสูตรโมเลกุลทางเคมีคือ $C_{14}H_{18}O_4$ เป็นอนุพันธ์ของวิตามินอีที่ดัดแปลงโครงสร้างโดยการเปลี่ยนสายอัลเคนเป็นหมู่คาร์บอกซิลิก มีสูตรโครงสร้างทำให้มีความสามารถละลายได้ดีในน้ำ แต่เนื่องจากความสามารถในการละลายน้ำได้ดีจึงทำให้การออกฤทธิ์เร็วกว่าวิตามินอี โดยวิตามินอีต้องใช้เวลานานเป็นชั่วโมงหรือเป็นวัน ในขณะที่ Trolox ออกฤทธิ์เกือบจะทันทีในวิธีการตรวจสอบหลายวิธีในการวิจัยนิยมใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐานในการตรวจสอบกิจกรรมต้านออกซิเดชัน

Gallic acid (3,4,5-hydroxybenzoic acid)

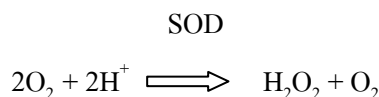
เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลทางเคมีคือ $C_7H_6O_5$ Gallic acid เป็นส่วนประกอบของแทนนิน พบมากในองุ่น ใบชา เปลือกไม้โอ๊ค และพืชอื่นๆ โดยทั่วไปจะเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทางยา (Reynolds and Wilson, 1991) คุณสมบัติของ Gallic acid คือ สามารถยับยั้งเชื้อรา เชื้อไวรัส และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันได้ดี

เอนไซม์ในการควบคุมปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (โอภาและคณะ, 2549)

โดยธรรมชาติแล้วจะมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นในเซลล์และร่างกายหลายชนิด มีทั้งเป็นประโยชน์และโทษอันประกอบด้วย อนุมูลที่หลุดรอดออกมาจากการเผาผลาญออกซิเจนเป็นพลังงานและในระดับเซลล์เอนไซม์เป็นกลไกสำคัญขั้นแรกที่ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในสมดุล เอนไซม์ที่สำคัญได้แก่

1. Superoxides dismutase (SOD)

เอนไซม์ SOD จะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย คือ อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน $O_2^{\cdot-}$ โดยเร่งปฏิกิริยาคิสมิวเตสในการเปลี่ยน O_2 ให้เป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์



ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะถูกกำจัดโดยเอนไซม์คาร์ตาเลสและเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส ลักษณะสำคัญของเอนไซม์ SOD คือมีโลหะทรานซิชันที่บริเวณที่ใช้จับซับสเตรต ทำหน้าที่ในการออกซิไดส์และรีดิวซ์กลับไปมา

2. Catalase (CAT)

เอนไซม์ CAT เป็นเอนไซม์ซึ่งอยู่ในเปอร์ออกซิโซมมี ฮีม คือ ferriprotoporphyrin เป็นองค์ประกอบ โครงสร้างเอนไซม์ CAT ประกอบด้วยหน่วยย่อยของโปรตีน ฮีม 4 หน่วยย่อยที่เหมือนกัน แต่ละหน่วยมีขนาด 60 กิโลดัลตัน การจัดเรียงตัวของหน่วยทั้งสี่เป็นแบบเตตระฮีดรัล ดังนั้นเอนไซม์นี้จึงมีฮีมจำนวน 4 กลุ่มต่อ 1 โมเลกุลของเอนไซม์ มีน้ำหนักโมเลกุลรวมเท่ากับ 240 กิโลดัลตัน เอนไซม์ CAT ทำหน้าที่เปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นโมเลกุลของน้ำและออกซิเจน โดยใน 1 นาทีสามารถเปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1 ล้านโมเลกุลไปเป็นน้ำและออกซิเจน



ภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress)

สาเหตุที่ทำให้ปลาเกิดความเครียด ได้แก่ อาหาร คุณภาพน้ำ ความหนาแน่นในการปล่อยปลาในกระชัง และสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ความเครียดมีผลทำให้อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียร ถูกปล่อยออกมาในรูปของโมเลกุลที่ไม่ครบวงจรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี จึงพร้อมที่จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลตัวอื่น มีบทบาทในการก่อให้เกิดการอักเสบ และการทำลายเนื้อเยื่อ มีผลต่อความเสื่อมของเซลล์ ทำให้เกิดการตายของปลา ในภาวะที่มีสารอนุมูลอิสระมากเกินไปสมดุลกับสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) เกิดขึ้น โดยอาจเป็นผลมาจากการสร้างสารอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และ/หรือมีการลดลงของสารและเอนไซม์ที่ต้านอนุมูลอิสระลดลงในตัวปลา ภาวะ oxidative stress มีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม การปนเปื้อนจากสารพิษหรือโลหะหนัก การได้รับอาหารไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระที่มีผลเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxic effect) หรือต่อ membrane phospholipids ที่มีทั่วตัวปลา อาทิเช่น การเกิด lipid peroxidation ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของโปรตีนต่างๆ ทั้งที่อยู่ในเซลล์และที่อยู่พื้นผนังของเซลล์ได้ เช่น ภาวะที่มีไฮโดรเจนเปอร์

ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระตัวหนึ่ง ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของภาวะ lipid peroxidation จากสาเหตุดังกล่าวจะส่งผลให้เกิดการทำลายของไขมัน โปรตีน และดีเอ็นเอขึ้น โดยปกติในตัวปลาจะมีกลไกที่จะลดสารอนุมูลอิสระโดยอาศัยเอนไซม์ที่มีบทบาทเกี่ยวกับการทำลายสารอนุมูลอิสระ (antioxidant enzymes) ได้แก่ superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) และ glutathione peroxidase (GSH-Px) เพื่อปกป้องเซลล์จากภาวะ oxidative stress ได้ (van der Oost, et al, 2003).

มีการศึกษาวิจัยจำนวนมากพบว่า การเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation, LPO) และภาวะถูกออกซิไดส์มีบทบาทสำคัญในการเกิดและพัฒนาของโรค ปริมาณ LPO ที่เกิดขึ้นมากใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงภาวะถูกออกซิไดส์ที่มากเกินไปจนผิดปกติ วิธีที่หาผลผลิตที่เกิดจากการเกิด LPO คือ การวัดระดับ Malondialdehyde (MDA) ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้อย่างกว้างขวางเพราะการหาปริมาณเป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อน การหาปริมาณ MDA ที่เกิดขึ้นทำได้โดยการเติมกรดไทโอบาร์บิทริก ในสภาวะกรด MDA จะทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทริกที่ได้เป็นสารสีเรียกว่า TBARS (thiobarbituric acid reactive substances) (โอภาและคณะ, 2549)

ปลาหนังลูกผสมบิกสยาม

เป็นปลาหนังลูกผสมรุ่นที่ 2 ที่เกิดจากการผสมระหว่างพ่อปลากับแม่ปลาสวาย ได้เป็นปลา ลูกผสม รุ่นที่ 1 (F1) ที่สามารถเจริญพันธุ์ได้ และนำพ่อแม่ปลาลูกผสมรุ่นที่ 1 มาผสมพันธุ์กันได้เป็นรุ่น ลูกปลา ลูกผสม รุ่นที่ 2 หรือบิกสยาม (F2) ปัจจุบันปลากลุ่มนี้กำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคเนื่องจากเป็นอาหาร (เกรียงศักดิ์ และคณะ, 2555) สุขภาพที่มีรสชาติอร่อย เนื้อมีคุณภาพดี และมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแสดงลักษณะของปลาบิกสยามที่นำมาใช้ในการทดลอง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ปลาบิกสยาม

จากความต้องการของผู้บริโภคต่อปลากลุ่มนี้ที่มีเพิ่มขึ้น ทำให้ให้เกษตรกรประสบปัญหาการผลิตปลาให้เจริญเติบโตได้เร็วและให้เพียงพอับความต้องการที่มากขึ้นดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงนำสาหร่าย ไกมาเสริมในอาหารปลาเพื่อช่วยส่งเสริมสุขภาพของปลาให้ดีขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระบบต้านอนุมูลอิสระจากคุณสมบัติของสาหร่ายไก่อจะช่วยทำให้ปลามีภูมิคุ้มกันที่ดี ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ทำให้ไม่เป็นโรคร่าย โตเร็ว อัตราการรอดสูง ทำให้ได้ผลผลิตปลาที่มีคุณภาพ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันได้เป็นอย่างดี เป็นการพัฒนาปลา

ให้เป็นอาหารสุขภาพ (functional food) ชนิดใหม่ วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลการเจริญเติบโตของปลาหนังลูกผสมหรือปลาบึกสยามที่เสริมสาหร่ายไค

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลาหนังลูกผสมเพื่อเพิ่มมูลค่า

ปลาลูกผสมในปัจจุบันมีความต้องการมากขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ มีความต้องการปลาเนื้อขาวปีละประมาณ 1 ล้านตันมูลค่าหลายแสนล้านบาท ในรูปปลาแล่นเนื้อ (fillet) จากสถิติการนำเข้าและส่งออก ปี 2553 ประเทศไทยได้มีการส่งออกปลาแล่นเนื้อ คิดเป็นมูลค่า 4,700 ล้านบาท (กลุ่มวิเคราะห์การค้าประมงระหว่างประเทศ, 2553) แต่มีการนำเข้าปลาแล่นเนื้อ จำนวน 20 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 2,200 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรโดยความร่วมมือของกรมศุลกากร) เนื่องจากกลุ่มปลาหนังลูกผสมเนื้อขาวได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นอาหารสุขภาพ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ และกรดไขมันที่ดีเช่น ไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 โดยเฉพาะ กรดไขมันชนิด DHA (docosahexaenoic acid) และ EPA (eicosapentaenoic acid) ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาของสมอง และช่วยป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ พบว่าตลาดในปี 2553 มีความต้องการนำเข้าปลาหนังกลุ่มและสวายในรูปชื่อการค้า Dolly จากเวียดนามนี้ประมาณ 12,000 พันตัน/ปี (www.nicaonline.com/webboard/index.php) ส่วนในตลาดต่างประเทศเช่น กลุ่มประเทศแถบยุโรป อเมริกา มาเลเซีย สิงคโปร์

เกรียงศักดิ์และคณะ (2554) ได้มีการสาธิตการเลี้ยงที่มีประสิทธิภาพในบ่อ ผลการเจริญเติบโตและผลตอบแทนเบื้องต้นจากการเลี้ยงปลาบึกและปลาหนังลูกผสมเนื้อขาว (พ่อบึก x แม่สวาย) ในบ่อดินสาธิตขนาด 300 ตารางเมตร พบว่าปลาบึกมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลาลูกผสม ผลตอบแทนเบื้องต้น 84,816 บาท/ไร่/ปี ส่วนการเลี้ยงปลาลูกผสมในกระชังสาธิตขนาด 60 ตารางเมตร พบว่าปลาลูกผสมมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงในบ่อดิน โดยมีผลตอบแทนเบื้องต้น 7,602 บาท/กระชัง/ปี ผู้เข้าร่วมโครงการมีความพึงพอใจเท่ากันในระดับที่ดีมาก และสามารถนำประโยชน์และความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ได้จริงในหลายพื้นที่

จังหวัดเชียงใหม่เป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่มีพื้นที่การเกษตรทั้งสิ้น 1,611,283 ไร่ได้รับการพัฒนาเป็นพื้นที่ชลประทานจำนวน 495,996 ไร่ และเป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน จำนวน 1,115,287 ไร่ มีประชากรประกอบอาชีพภาคการเกษตรจำนวน 654,300 คน และมีครัวเรือนภาคเกษตรกรรม 195,598 ครัวเรือน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่ มีมูลค่าเพิ่มเท่ากับ 201.45 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปีก่อน 75.81 ล้านบาท ขยายตัวร้อยละ 170.71 ล้านบาท เนื่องมาจากการส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเช่น ปลานิล ปลาตะเพียน และปลาดุก เพิ่มมากขึ้นกิจกรรมจับสัตว์น้ำจืดจากแหล่งน้ำธรรมชาติ มูลค่าเพิ่มเท่ากับ 50.14 ล้านบาท ลดลงจากปีก่อน 9.32 ล้านบาทหดตัวร้อยละ 13.40 เป็นผลมาจากปริมาณการจับสัตว์น้ำจืดจากธรรมชาติลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติหลายแห่งลดลงการเพาะพันธุ์และการอนุบาลปลาลดลง และยังมีการนำลูกพันธุ์จากจังหวัดใกล้เคียงเข้ามาเลี้ยงในจังหวัดเพิ่มขึ้น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดได้รับการส่งเสริมมาก ทั้งบ่อดิน กระชัง และบ่อพลาสติก

โครงสร้างการผลิตประกอบด้วย การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ร้อยละ 79.17 การจับสัตว์น้ำจืดจากแหล่งน้ำธรรมชาติร้อยละ 19.71 และการเพาะพันธุ์และการอนุบาลปลาน้ำจืดร้อยละ 1.1 เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ขึ้นทะเบียนจำนวน 12,468 ราย มีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประมาณ 9,355 ไร่ และมีพื้นที่ทำการประมงน้ำจืด ประมาณ 1,394,515 ไร่ ผลผลิตสัตว์น้ำของจังหวัดเชียงใหม่ ประมาณ 18 ตัน/วัน (จากการเพาะเลี้ยง 11 ตัน จับจากแหล่งน้ำธรรมชาติ 7 ตัน) ปริมาณความต้องการบริโภคสัตว์น้ำในจังหวัดเชียงใหม่ ประมาณ 40 ตัน/วัน ส่วนที่เหลือนำเข้าจากต่างจังหวัด(ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์) ได้แก่ เชียงราย ลำปาง นครสวรรค์ สุพรรณบุรี พิษณุโลก อุตรดิตถ์ เป็นต้น (ตารางที่1)

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลด้านการประมงและจำนวนการขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของจังหวัดเชียงใหม่

อำเภอ	การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด				
	จำนวน(ราย)	จำนวนบ่อ	เนื้อที่(ไร่)	ปริมาณ(กก.)	มูลค่า(บาท)
เมืองเชียงใหม่	87	369	58	163,082	6,523,280
จอมทอง	1,064	1,741	454	956,372	38,254,880
แม่แจ่ม	179	192	32	13,580	543,200
เชียงดาว	711	1,196	420	425,862	17,034,480
ดอยสะเก็ด	650	1,118	240	746,003	29,840,120
แม่แตง	813	1,115	497	934,989	37,399,560
แม่วิม	456	651	383	108,451	4,338,040
สะเมิง	91	107	18	32,450	1,298,000
ฝาง	1,649	2,775	1,358	433,681	17,347,240
แม่อาย	1,130	1,502	1,242	482,516	19,300,640
พร้าว	1,240	1,788	956	368,231	14,729,240
สันป่าตอง	560	1,235	583	53,764	2,150,560
สันกำแพง	412	874	352	24,172	966,880
สันทราย	365	412	645	871,825	34,873,000
หางดง	206	338	177	65,344	2,613,760
ฮอด	170	252	168	44,502	1,780,080
ดอยเต่า	320	410	205	705,142	28,205,680
อมก๋อย	140	152	37	28,031	1,121,240
สารภี	541	981	591	210,703	8,428,120
เวียงแหง	207	277	121	23,341	933,640
ไชยปราการ	476	756	326	387,511	15,500,440

แม่วาง	163	289	122	86,233	3,449,320
แม่ออน	397	514	214	92,767	3,710,680
คอยหล่อ	459	2,047	156	4,021,325	160,853,000
รวมยอด	12,486	21,091	9,355	11,279,877	451,195,080

ที่มา : สำนักงานประมงจังหวัดเชียงใหม่ (2554)

โดยมีทั้งการเลี้ยงแบบเชิงพาณิชย์ และเพื่อบริโภคในครัวเรือน โดยมีรูปแบบการเลี้ยงดังนี้

1. การเลี้ยงปลาในบ่อดินเลี้ยงหนาแน่นในพื้นที่ อ.ฝาง, อ.พร้าว ปลาที่นิยมเลี้ยงได้แก่ ปลานิล ปลาตะเพียน ปลาดุก ส่วนที่ อ.สันทราย มีกลุ่มผู้เลี้ยงปลานิลในบ่อดิน ผลผลิตประมาณ 700-800 ตัน/ปี เกษตรกรนิยมเลี้ยงในบ่อขนาด 1-5 ไร่ ปล่อยุ่ปลาขนาด 3-5 นิ้ว อัตรา 5,000 ตัว/ไร่ เลี้ยงประมาณ 5-7 เดือน ผลผลิต 2-2.5 ตัน/ไร่

2. การเลี้ยงปลาในกระชัง นิยมเลี้ยงปลานิล ปลาตะเพียน ขนาดกระชังที่นิยม คือ 3x3, 4x4, 3x6 ตารางเมตร โดยปล่อยปลาขนาด 3-5 นิ้ว อัตรา 100-120 ตัว/ตารางเมตร โดยใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงประมาณ 4 เดือน ผลผลิตประมาณ 500-700 กิโลกรัม/กระชัง

3. การเลี้ยงปลาในบ่อพลาสติก เป็นการเลี้ยงเพื่อบริโภคในครัวเรือน มักเลี้ยงในพื้นที่ที่บ่อไม่สามารถเก็บกักน้ำได้ ปลาที่เลี้ยงส่วนใหญ่เป็นปลาดุกขนาดบ่อ 3x6 ตารางเมตรปล่อยปลาขนาด 3-5 นิ้ว อัตรา 500-700 ตัว/บ่อ ผลผลิตประมาณ 50-70 กิโลกรัม/บ่อ (สำนักงานประมงจังหวัดเชียงใหม่, 2554) จะเห็นได้ว่าในจังหวัดเชียงใหม่ มีปริมาณการเลี้ยงปลาในจำนวนมาก แต่มีการนำปลาไปใช้ประโยชน์โดยการนำเนื้อปลาที่ผลิตได้ และซื้อขายกันในท้องถิ่นไปบริโภคแบบสดมากกว่าการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 2) ส่วนรูปแบบของผลิตภัณฑ์ก็ยังไม่เป็นที่น่าสนใจและไม่หลากหลายสำหรับผู้บริโภคในปัจจุบัน เนื่องจากยังเป็นผลิตภัณฑ์แบบดั้งเดิม และมีการซื้อขายกันในตลาดสดหรือตลาดที่มีการขายอาหารปรุงสุกหรืออาหารบรรจุถุงสำเร็จเท่านั้น (กรมประมง, 2553)

ตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์สัตว์น้ำจืด เป็นร้อยละ (%) จำแนกเป็นรายชนิดสัตว์น้ำ ปี 2551

ชนิดสัตว์น้ำ Species		สัตว์น้ำสำหรับใช้บริโภค Food used									เป็นอาหารสัตว์ Non Food used
		รวม (ร้อยละ)	บริโภคสด Fresh Consumption	ทำเค็มตากแห้ง Salted & Dried	นึ่ง ย่าง Steamed or Smoked	หมัก,ดอง Fermenting				อื่น ๆ Others	
						น้ำปลา Fish sauce	ปลาร้า ปลาเจ่า Fermented	กะปิ Shrimp paste	อื่น ๆ Others		
รวม	Total	100	79.22	8.10	5.06	0.42	6.32	0.05	0.57	0.24	0.02
ปลาช่อน	Striped snake-head	100	79.00	11.73	4.90	-	4.31	-	-	0.06	-
ปลาดุก	Walking catfish	100	82.47	6.79	7.55	-	3.10	-	0.01	0.08	-
ปลาหมอ	Common climbing perch	100	69.92	4.20	2.99	-	22.86	-	-	0.03	-
ปลาตะเพียน	Common silver barb	100	71.84	7.93	3.95	0.08	12.70	-	2.94	0.56	-
ปลานิล	Nile tilapia	100	82.92	7.03	5.06	0.06	4.54	-	0.21	0.18	-
ปลาไน	Common carp	100	85.92	3.47	4.68	-	5.10	-	0.23	0.60	-
ปลาสลิด	Snake skin gourami	100	56.92	41.08	0.33	-	1.64	-	-	0.03	-
ปลาสาขาว- เทโพ	Catfish	100	70.73	18.05	7.72	-	2.26	-	0.09	1.15	-
ปลาแรด	Giant gourami	100	71.65	17.78	10.41	-	0.11	-	-	0.05	-
ปลาไหล	Swamp eel	100	99.32	0.03	0.65	-	-	-	-	-	-
ปลาอื่นๆ	Other fish	100	71.03	8.15	5.08	2.93	11.68	0.20	0.70	0.15	0.08

ที่มา : กรมประมง (2553)

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4 การประยุกต์ใช้พืชท้องถิ่นพัฒนาสูตรอาหารเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาหมอเชิงพาณิชย์

ปลาหมออาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดทั่วไปของทุกภาคของประเทศไทย ทั้งในแหล่งน้ำนิ่งและน้ำไหล เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง คู นาข้าว เป็นต้น โดยธรรมชาติปลาหมออาศัยอยู่ในแม่น้ำ หนอง บึง และแหล่งน้ำทั่วไป เป็นปลาที่มีความทนทานเพราะมีอวัยวะพิเศษช่วยหายใจ (labyrinth organ) จึงอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีน้ำน้อยๆ หรือที่ข่มขึ้นได้เป็นเวลานาน สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำกร่อยหรือน้ำที่มีสภาพค่อนข้างเป็นกรดได้เป็นอย่างดี และยังสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำกร่อย ที่ลุ่มดินเค็มชายฝั่งทะเลที่น้ำมีความเค็มไม่เกิน 10 ppt ตลอดจนมักฝังหรือหมกตัวอยู่ในโคลนตมได้เป็นระยะเวลานานๆ รวมทั้งมีการอพยพแหล่งที่อยู่อาศัยในช่วงหน้าฝนจากแหล่งน้ำหนึ่งไปยังอีกแหล่งน้ำหนึ่งในบริเวณใกล้เคียง (สมพงษ์, 2542; สุจินต์, 2550) จากข้อมูลทางสถิติผลผลิตปลาน้ำจืดของไทย พบว่า ผลผลิตปลาหมอไทยเพิ่มสูงขึ้น โดยในปีพ.ศ. 2552 ผลผลิตปลาหมอไทยทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 16,400 ตัน คิดเป็นมูลค่า 643.3 ล้านบาท (กรมประมง, 2553) อีกทั้งปลาหมอไทยเป็นปลาที่มีรสชาติดี เนื้อแน่นสามารถประกอบอาหารหรือแปรรูปผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย นิยมนำมาบริโภคในรูปปลาสด ประมาณ 69.92 เปอร์เซ็นต์ ปลาร้า ประมาณ 22.86 เปอร์เซ็นต์ และทำปลาเค็ม ดากแห้ง และอื่นๆ อีกประมาณ 7.22 เปอร์เซ็นต์ ปลาหมอสามารถขนส่งและจำหน่ายในรูปปลาสดมีชีวิตระยะทางไกลๆ และความต้องการของตลาดก็มีเพิ่มมากขึ้นทำให้มีราคาแพง โดยเฉพาะปลาขนาดใหญ่ (3-5 ตัวต่อกิโลกรัม ราคา กิโลกรัมละ 100-120 บาท) ทั้งตลาดภายในและต่างประเทศ เช่น ตลาดตะวันออกกลาง จีน ไต้หวัน เกาหลีและมาเลเซียมีความต้องการไม่ต่ำกว่า 100 เมตริกตันต่อปี ในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมของทุกปี นับได้ว่าปลาหมอไทยเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ (สัตว์น้ำจืด, 2547; สราวุธ และคณะ, 2547)

การเพาะเลี้ยงปลาหมอไทย

ปลาหมอไทยวางไข่ในช่วงฤดูฝนตั้งแต่ปลายเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไปชอบวางไข่ในน้ำใหม่หรือฝนแรกปลาหมอเพศเมียจะมีส่วนท้องอูมเป่งและนูน เมื่อบีบส่วนท้องเบาๆ จะเห็นไข่มีลักษณะกลมสีเหลืองอ่อน ส่วนเพศผู้จะมีลักษณะท้องปกติ รังไข่และถุงน้ำเชื้อของปลามีลักษณะยาวเป็นคู่ หากได้รับกระตุ้นด้วยน้ำใหม่ปลาหมอก็จะผสมพันธุ์วางไข่ ในฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป (สุจินต์, 2550)

ส่วนใหญ่เกษตรกรทำการเลี้ยงในบ่อดินซึ่งการเลือกลูกพันธุ์ปลาหมอที่เหมาะสมในการปล่อยเลี้ยงในบ่อดิน เกษตรกรนิยมลูกปลา ขนาด 2-3 เซนติเมตร (อายุ 20-30 วันหรือ 1-2 เดือน) เรียก ลูกปลาโม่ขาม อัตราปล่อย 30-50 ตัวต่อตารางเมตร หรือ 50,000-80,000 ตัวต่อไร่ หากใช้วิธีปล่อยพ่อแม่พันธุ์ปลาให้ผสมพันธุ์วางไข่ อนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกันดังกล่าวมาข้างต้น โดยใช้อัตราพ่อแม่

ปลา 40-60 คู่ต่อไร่ จะได้ลูกขนาดใบมะขามประมาณ 80,000-150,000 ตัวต่อไร่ แต่ถ้าเกษตรกรไม่มีความชำนาญก็อาจเลือกลูกปลานขนาด 2-3 นิ้ว (อายุ 60-75 วันหรือ 2-3 เดือน) อัตราปล่อย 20 ตัวต่อตารางเมตร หรือ 32,000 ตัวต่อไร่ สำหรับการเลี้ยงปลาหมอระบบพัฒนา ใช้บ่อขนาด 2 งานพร้อมติดตั้งระบบการเพิ่มออกซิเจนแบบทำน้ำพุหรือแบบสปริงเกอร์ก็ได้ อัตราปล่อยลูกปลาประมาณ 40,000 ตัว โดยจะต้องอนุบาลในคอกที่ทำด้วยมุ้งเขียวก่อนย้ายลงเลี้ยงในบ่อดินและให้อาหารอย่างสม่ำเสมอ ความทั่วถึงของอาหารที่ปลาจะได้รับในช่วงอนุบาลจะมีผลต่อการแตกไข่ของปลาได้ ดังนั้นการแก้ปัญหา คือการผสมอาหารและปั่นใส่ขยไ้ว (ประมาณ 20 ขย) เพื่อให้ปลามาตอดกินอาหารทั่วถึงทั้งบ่อพร้อมกับการหว่านอาหารด้วย

การเลี้ยงปลาหมอแบบธุรกิจเชิงพาณิชย์นั้นนิยมใช้ลูกปลานขนาดใบมะขามเป็นปลารุ่น (อายุ 1-2 เดือน) ซึ่งมีความต้องการอาหารที่มีโปรตีนสูงมาก ไม่ต่ำกว่า 40เปอร์เซ็นต์ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หลังจากนั้นเมื่ออายุ 2-3 เดือน ต้องการอาหารระดับโปรตีนต่ำลงมากคือ 35-37 เปอร์เซ็นต์ โดยการให้อาหารในอัตรา 3-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว วันละ 3-4 มื้อ หลังจากเลี้ยงได้ 2 เดือนก็เปลี่ยนเป็นอาหารเม็ดปลาคูใหญ่โดยหว่านอาหารให้รอบบ่อ ระยะเวลาการเลี้ยงขึ้นอยู่กับขนาดปลาที่ตลาดต้องการ สภาพสิ่งแวดล้อมภายในบ่อและสุขภาพปลาทั่วไปใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 90-120 วัน หรือ 4-5 เดือน (สราวุธ และคณะ, 2547; ไชย, 2547; สมเจตน์, 2549)

อาหารและอัตราการให้อาหาร

ปลาหมอไทยเป็นปลากินเนื้อ (carnivorous fish) จึงเป็นปลาผู้ล่า (predator) สัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กกว่าเช่น ตัวอ่อนแมลง สัตว์หน้าดิน ลูกกุ้งและลูกปลาวัยอ่อนทั้งยังสามารถกินเมล็ดข้าวธัญพืชปลวก ตัวอ่อนแมลงน้ำด้กัแตนกึ่งฝอยหรือลูกปลาเล็กปลาน้อยที่มีชีวิตหรือตายแล้วเป็นอาหารตลอดจนอาหารสำเร็จรูปเป็นอาหารได้ปลาหมอมิพฤติกรรมการกินอาหารที่ผิวน้ำและกลางบ่อ ชอบอาหารใหม่ สด รสชาติ และมีกลิ่นที่ดึงดูด โดยปลาจะกินอาหารภายในเวลา 20-30 นาที มีนิสัยกินอาหารอย่างว่องไวตะกละ และกินจุ (สมพงษ์, 2542)

การเลี้ยงปลาหมอไทยแบบยังชีพหรือแบบหัวไร่ปลายนานอกจากอาหารตามธรรมชาติแล้ว เกษตรกรนิยมให้อาหารสมทบจำพวกเศษอาหารจากครัวเรือนรำละเอียดปลาสดับปลวกและการใช้ฟัลล่อแมลงกลางคืนตลอดจนอาหารสำเร็จรูปบางส่วนส่วนการเลี้ยงปลาหมอไทยเชิงพาณิชย์นั้นในช่วงแรกจากลูกปลารุ่นอายุ 1-2 เดือนต้องการอาหารที่มีโปรตีนสูงมาก ไม่ต่ำกว่า 40เปอร์เซ็นต์ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เมื่ออายุ 2-3 เดือน ต้องการอาหารระดับโปรตีนต่ำลงมากคือ 35-37 เปอร์เซ็นต์หรืออาหารเม็ดปลาคูเล็ก โดยให้ในอัตรา 3-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว วันละ 3-4 มื้อ หลังจากเลี้ยงได้ 2 เดือนก็เปลี่ยนเป็นอาหารเม็ดปลาคูใหญ่ โดยการให้อาหารต้องหว่านให้รอบบ่อ ระยะเวลาการเลี้ยงขึ้นอยู่กับขนาดปลาที่ตลาดต้องการสภาพสิ่งแวดล้อมภายในบ่อและสุขภาพปลาใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 90-120 วัน หรือประมาณ 4-5 เดือน (วิทย์, 2533; สราวุธและคณะ, 2547)

ใบมันสำปะหลัง (Cassava Leaf)

ใบมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลัง ซึ่งมีเป็นปริมาณมากและมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแต่ยังมีการนำมาใช้ประโยชน์น้อย โดยน้ำหนักใบมันสำปะหลังจะมีปริมาณประมาณ 10-40 เปอร์เซ็นต์ของส่วนที่อยู่เหนือดิน (Khajareern *et al.* , 1977) เมื่ออายุมากขึ้นมันสำปะหลังจะมีส่วนของใบลดลง โดยเมื่ออายุประมาณ 4 เดือน จะมีอัตราส่วนก้านและกิ่งประมาณ 42 เปอร์เซ็นต์ ใบ 36 เปอร์เซ็นต์ ก้านและยอดประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าอายุประมาณ 12 เดือน จะมีอัตราส่วนของต้นและกิ่งประมาณ 81 เปอร์เซ็นต์ ใบ 7 เปอร์เซ็นต์ และก้านใบ 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะให้ผลผลิตสดทั้งต้นและใบประมาณ 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ (Montaldo, 1977)

คุณค่าทางโภชนาการของใบมันสำปะหลัง

ใบมันสำปะหลังสดทั่วไปมีความชื้นอยู่สูงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับไซยาไนด์อยู่สูงไม่ควรนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ในสภาพที่ยังสดอยู่ อย่างไรก็ตามใบมันสำปะหลังแห้ง ที่ผ่านการผึ่งแดด 2 – 3 แดด หรือทำการอบแห้งให้มีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถลดระดับไซยาไนด์ในใบมันสำปะหลังให้ต่ำลงเหลือประมาณ 30 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งเป็นระดับที่ไม่ทำให้เป็นพิษกับสัตว์ ดังนั้นการนำใบมันสำปะหลังแห้งมาใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารที่ดีได้ โดยไม่เพียงแต่เป็นแหล่งของโปรตีนและเยื่อใยในสูตรอาหารเท่านั้น แต่ยังเป็นแหล่งให้สารสีหรือสารแซนโทฟิลล์ในอาหารสัตว์อีกด้วย (อุทัย และ สุกัญญา, 2547) ใบมันสำปะหลังจึงจัดอยู่ในวัตถุดิบอาหารที่ใช้โปรตีน สารสี หรือเยื่อใย ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการและองค์ประกอบทางเคมีของใบมันสำปะหลังตากแห้ง (ตารางที่ 3) รายงานของเจริญศักดิ์ และคณะ (2531) ได้กล่าวว่า ระดับโปรตีนในใบมันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทย 13 สายพันธุ์ พบว่ามีโปรตีนอยู่ในช่วง 21.6-25.4 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าโปรตีนในใบมันสำปะหลังนี้มีความผันแปรเกี่ยวข้องกับหลายอย่าง ได้แก่ สายพันธุ์ อายุของมันสำปะหลัง ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การใส่ปุ๋ย และอายุการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 3 โภชนาการและกรดอะมิโนของใบมันสำปะหลัง

โภชนาการ	เปอร์เซ็นต์ ¹	กรดอะมิโน	เปอร์เซ็นต์ (ในโปรตีน) ²
ความชื้น	9.28	ไลซีน	6.77
โปรตีนรวม	23.10	เมทไธโอนีน	1.68
โปรตีนจริง	20.02	ทรีปโตเฟน	1.77
เยื่อใย	21.11	ทรีโอนีน	4.83
ไขมัน	7.24	ลิวซีน	8.87
ถั่ว	5.72	ไอโซลิวซีน	4.93
คาร์โบไฮเดรต	33.53	อาร์จินีน	5.70

แคลเซียม	0.99	เฟนิลอลานีน	5.68
ฟอสฟอรัส	0.73	ฮิสติดีน	2.40
กรดไฮโดรไซยานิก (พีพีเอ็ม)	30.50	แวลีน	5.66
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (แคลอรีต่อกิโลกรัม)	2,123.82		

ที่มา : ¹ นรินทร์ (2520)

² ดัดแปลงจาก Rogers และ Milner (1963)

เยาวมาลย์ และคณะ (2529) ได้รวบรวมการวิเคราะห์อาหารในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่าไขมันสำปะหลังแห้งมีความชื้น 7.74 เปอร์เซ็นต์มีโปรตีน 25.00 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7.25 เปอร์เซ็นต์ กาก 18.00 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 7.50 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 2.56 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 0.28 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Khajareern *et al.*, (1977) ได้สรุปว่า ไขมันสำปะหลังมีโปรตีนเฉลี่ยประมาณ 25.8-27.3 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7.6-10.5 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 5.7-8.8 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 4.8-7.9 และไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก 50.0-51.9 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งโดยจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ทั้งนี้โชติ (2526) ได้วิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุ ในไขมันสำปะหลังอบแห้งใบที่ 3, 4, 5 นับจากยอด พบว่า มีแร่ธาตุสำคัญคือ ไนโตรเจน โปแตสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส กำมะถัน และแมกนีเซียม เท่ากับ 5.20 เปอร์เซ็นต์ 1.70 เปอร์เซ็นต์ 1.10 เปอร์เซ็นต์ 0.50 เปอร์เซ็นต์ 0.32 เปอร์เซ็นต์ และ 0.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนั้นไขมันสำปะหลังยังประกอบด้วยวิตามินเอ ปี 1 และปี 2 สูงคือ ใน 100 กรัม ไขมันสำปะหลังสดมีวิตามินเอ 10,000 IU. ปี 1 เท่ากับ 0.16 มิลลิกรัม และปี 2 เท่ากับ 0.25 มิลลิกรัม ตามลำดับ (เจริญศักดิ์, 2519) เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอาหารโปรตีนอื่นๆ จะเห็นได้ว่าไขมันสำปะหลังมีระดับ โปรตีนสูงประมาณครึ่งหนึ่งของแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญ เช่น ปลาป่นกากถั่วเหลือง ดังแสดงใน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์

วัตถุดิบ	องค์ประกอบทางโภชนาการ (เปอร์เซ็นต์)						
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	กาก	เถ้า	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
ปลาป่น	8.26	55.30	6.80	0.60	27.30	9.80	2.30
กากถั่วเหลือง	9.36	46.20	5.30	7.40	8.80	0.24	0.55
กากถั่วลิสง	10.18	42.60	9.90	14.30	10.60	0.56	0.58
ไขมันสำปะหลัง	7.74	25.00	7.28	18.00	7.50	2.56	0.28
ใบปอ	9.37	12.52	4.23	12.12	8.11	2.12	0.20
ใบกระถิน	6.51	12.77	1.68	20.90	34.91	1.075	2.212

ที่มา : เยาวมาลย์ และคณะ (2529)

Adrian and Peyrot (1971) ได้ศึกษาค้นคว้าการใช้ไขมันสำปะหลังในโภชนาการของคนพบว่า ไขมันสำปะหลังแห้งประกอบไปด้วยเชื้อไข 20 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้นี้มี เมทไธโอนีนต่ำ แต่มีไลซีนอยู่ในปริมาณสูงกว่า และยังมีทริปโตเฟน และกรดอะมิโนที่จำเป็นอื่นๆ อีก ซึ่งสอดคล้องกับ Eggum (1970) ที่ได้ทำการวิจัยคุณภาพของโปรตีนในไขมันสำปะหลังและได้ผลสรุปออกมาว่า ปริมาณโปรตีนในไขมันสำปะหลังอยู่ระหว่าง 30-40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง มีความเข้มข้นของกรดอะมิโนในระดับเพียงพอ ยกเว้นเมทไธโอนีนเท่านั้นที่ยังไม่อยู่ในระดับเพียงพอ การเสริมเมทไธโอนีนลงไปในการอาหารผสมที่มีไขมันสำปะหลังมีผลทำให้คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน เพิ่มขึ้นจาก 49 เปอร์เซ็นต์ เป็น 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไขมันสำปะหลังมีเมทไธโอนีนที่เป็นประโยชน์น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการ จากการตรวจสอบการใช้ประโยชน์ของกรดอะมิโนพบว่ามีเพียง 60 เปอร์เซ็นต์ของเมทไธโอนีนเท่านั้นที่ใช้ประโยชน์ได้

ปริมาณโปรตีนในไขมันสำปะหลังจะสูงกว่าปริมาณโปรตีนในอัลฟัลฟา รำอ่อนและพืชตระกูลถั่วหลายชนิด (Montilla, 1976) นอกจากนี้ Marcono (1974) ยังพบได้ว่า ไขมันและเกลือแร่ในใบ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญยิ่งในการใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์เมื่อผ่านขบวนการทำลายสารพิษแล้ว แต่หาก ไขมันสำปะหลังมีอายุมากกว่า 10 เดือน ปริมาณโปรตีนในใบจะลดต่ำลง (Toledo, 1969) ไขมันสำปะหลัง เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงที่มีราคาถูก ทั้งนี้เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) อยู่เป็นจำนวนมาก Yeoh and Chew (1976) ได้ศึกษาพบว่า ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (free amino acid) ที่สะสมในไขมันสำปะหลังจะมีกรดอะมิโน 0.22 – 0.29 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักใบสด ผลผลิตของโปรตีนที่ได้จากไขมันสำปะหลังจะมีกรดอะมิโน 8.4 – 9.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็น 4.2 เปอร์เซ็นต์ เช่น ไลซีน เฟนิลอลานีนและทริปโตเฟน เป็นต้น ส่วนกรดอะมิโนที่มีปริมาณปานกลางได้แก่ แอลานีน ตรีโอนีน แต่ข้อจำกัดของคุณภาพโปรตีนในไขมันสำปะหลังคือ กรดอะมิโนที่มีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบจะพบเพียง 0.25 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด ซึ่งได้แก่ เมทไธโอนีน (สารโรจน์ และ เขาวมาลย์, 2531) Otoul (1973) ได้วิเคราะห์พบว่า มีปริมาณไลซีน เมทไธโอนีน และโซโรซีนมากในแผ่นใบ ส่วนก้านใบจะพบกรดแอสพาทิก และกรดกลูตามิกมาก ปริมาณไลซีนและเมทไธโอนีนจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อใบเริ่มแก่ ดังนั้นการเตรียมใบเพื่อนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ควรใช้ใบที่ใหญ่และเจริญเต็มที่ Kling *et al.* (1976) และ Tupynamba and Vieira (1979) ให้ความเห็นว่า แม้ว่าจะมีปริมาณโปรตีนในใบและยอดสูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ก็ตาม แต่ก็มีเมทไธโอนีนปริมาณน้อย ดังนั้นในการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเลี้ยงสัตว์จึงควรเพิ่มสารอาหารดังกล่าวด้วย

ไขมันสำปะหลังแห้งจะเป็นวัตถุดิบอาหารที่ทำได้ง่าย ราคาถูก และมีระดับโปรตีนสูงก็ตาม แต่ปริมาณกรดอะมิโนในไขมันสำปะหลังเมื่อเทียบกับกากถั่วเหลืองและปลายัน โดยคิดเป็นสัดส่วนต่อโปรตีนทั้งหมดได้แสดงไว้ใน (ตารางที่ 5) จะเห็นได้ว่าโปรตีนในไขมันสำปะหลังมีสัดส่วนกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ไม่แตกต่างจากโปรตีนของกากถั่วเหลืองมากนัก โดยที่โปรตีนของไขมันสำปะหลังจะมี

ลักษณะเช่นเดียวกับโปรตีนของกากถั่วเหลืองกล่าวคือ จะมีสัดส่วนกรดอะมิโนเมทไธโอนีนและซิสตีนต่ำกว่าสัดส่วนของกรดอะมิโนดังกล่าวในโปรตีนของปลาป่น (Khajareern *et al.*, 1977)

ตารางที่ 5 ปริมาณกรดอะมิโนในไขมันลำปะหลังเมื่อเทียบกับกากถั่วเหลืองและปลาป่น
(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีน)

กรดอะมิโน	ไขมันลำปะหลัง ²		กากถั่วเหลือง ¹	ปลาป่น
	Jamaican	Brazilian		
อาร์จีนีน	5.54	6.49	7.41	5.85
ไกลซีน	5.66	5.64	5.23	6.59
ฮิสติดีน	2.34	2.71	2.39	2.22
ไอโซลิวซีน	5.26	5.13	5.45	4.10
ลูซีน	9.33	9.38	6.97	7.20
ไลซีน	7.56	6.71	6.32	7.91
เมทไธโอนีน	1.73	1.81	1.52	2.92
ซิสตีน	1.44	1.10	1.52	1.03
ฟีนิลอะลานีน	6.11	5.86	4.79	3.67
ไทโรซีน	4.39	4.17	3.27	3.03
ทรีโอนีน	5.17	6.01	4.14	4.02
วาลีน	6.02	5.91	5.23	5.15

ที่มา: ^{1/} Adegbola (1977)

^{2/} Montoldo (1977)

^{3/} คัดแปลงจาก Eggum (1970)

สารพิษในไขมันลำปะหลัง

ในไขมันลำปะหลังมีกรดไฮโดรไซยานิกอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง คือ ในใบประมาณ 83-873 มิลลิกรัม ในขณะที่เปลือกหุ้มหัวมีกรดไฮโดรไซยานิกอยู่ 150-1,110 มิลลิกรัม และในเนื้อหัวมี 5-490 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม น้ำหนักสด ซึ่งระดับของกรดไฮโดรไซยานิกในส่วนต่างๆ นี้จะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ (โสภณ, 2526) นอกจากนี้ปริมาณสารพิษในใบและในก้านใบยังแตกต่างกันตามอายุความอ่อนแก่ของใบ โดยทั่วไปปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกลดลงเมื่ออายุของมันลำปะหลังมากขึ้นและก้านใบอ่อนจะมีปริมาณสารพิษสูงกว่าใบอ่อน แต่เมื่ออายุมากขึ้นสารพิษในใบจะมากกว่าก้าน

การลดพิษในไขมันสำปะหลังทำได้เช่นเดียวกับห้วมันสำปะหลัง เช่น การหมักจะทำให้สารพิษลดลงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ คือเหลือประมาณ 50 ส่วนในล้านส่วน (พูนสุข, 2526) แต่วิธีที่สะดวกและประหยัดคือ การตากแดดให้แห้ง ซึ่งจะช่วยในการลดพิษและง่ายต่อการเก็บรักษา ทั้งนี้ Devendra (1977) ได้ศึกษาผลของระยะเวลาที่ใช้ในการตากที่มีต่อปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก ดังใน (ตารางที่ 6) พบว่าการผึ่งแดดจำเป็นต้องผึ่งแดดอย่างน้อย 1 วันจึงจะสามารถลดพิษลงได้และการอบที่อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียสจะมีผลในการลดพิษได้ดี (Devendra, 1977) ดังนั้นการนำไขมันสำปะหลังมาเลี้ยงสัตว์จำเป็นต้องผึ่งแดดอย่างน้อย 1-2 แดดจนใบแห้งกรอบ จึงใช้ได้โดยไม่มีผลเสียจากการเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิก

ตารางที่ 6 ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก กับระยะเวลาการผึ่งแดดไขมันสำปะหลัง

ระยะเวลาการผึ่งแดด (ชั่วโมง)	กรดไฮโดรไซยานิก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
2	470
4	475
6	470
8	445
10	324
มากกว่า 24 (อบที่อุณหภูมิ 36 C°)	120

ที่มา: Bruijn (1973)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทิพสุคนธ์ และเทพรัตน์ (2552) ได้ทำการศึกษาการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ทำขึ้นเองร่วมกับการเลี้ยงปลาหมอในร่องสวนลำไย พบว่า ปลาหมอที่ได้อาหารไม่ผสมถั่วเหลืองและอาหารที่ทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) น้ำหนักอาหารที่ปลากิน (TFI) อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และผลผลิตที่ได้ต่อกระชัง ดีกว่ากลุ่มปลาที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 30 เปอร์เซ็นต์ และ 45 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ถั่วเหลืองที่ใช้ทดแทนปลาป่นในระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการตายของปลาหมอไทย แต่ควรมีการเสริม Methionine/Lysine เพื่อให้สูตรอาหารมีสารอาหารครบถ้วน

เขมชาติ (2538) ได้ศึกษาผลของความถี่ของการให้อาหารและระดับไขมันสำปะหลังที่เป็นส่วนผสมในอาหารต่อการใช้ประโยชน์และการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารเลี้ยงปลานิล ทดลองกับปลานิลที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 1.57 กรัม ให้อาหารที่มีระดับโปรตีนและพลังงานเท่ากัน โดยมีระดับโปรตีน

33 เปอร์เซ็นต์และพลังงาน 340 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัม ตามลำดับ ใช้ไขมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมในอาหาร 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การใช้ไขมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมในอาหาร 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ความถี่ในการให้อาหาร 3 ครั้งต่อวันเหมาะสมที่สุด สำหรับการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จากอาหารปลา

Bichi and Ahmad (2010) ได้ศึกษาสูตรอาหารเลี้ยงปลาโดยใช้ไขมันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 0, 33.3, 66.7 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ การตอบสนองการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดคือ ปลาที่ได้รับอาหารไขมันสำปะหลังรวม 66.7 เปอร์เซ็นต์ ปลาที่ได้รับอาหารไขมันสำปะหลังรวม 100 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุด การตอบสนองต่อการเจริญเติบโตทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นระดับไขมันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดที่เหมาะสมในสูตรอาหารที่เป็นประโยชน์สำหรับการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นของปลาคือ 66.7 เปอร์เซ็นต์

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5 การศึกษาการเลี้ยงปลานิลด้วยความหนาแน่นสูงในบ่อกอนกรีตที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด

ในประเทศไทยนั้นฟาร์มที่เพาะเลี้ยงปลานิลส่วนใหญ่ นิยมเลี้ยงในบ่อดินที่มีระบบน้ำแบบเปิด โดยมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ และเลี้ยงในระดับความหนาแน่นสูง จึงทำให้เกิดโรคระบาดได้ง่าย ดังนั้นการเลี้ยงในบ่อกอนกรีตที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด ที่มีการติดตั้งระบบบำบัดของเสีย จึงเป็นแนวทางในการรักษาคุณภาพน้ำ และสามารถควบคุมโรคระบาดได้ และสามารถเลี้ยงปลาได้แม้จะมีพื้นที่จำกัด สามารถซื้อหาอาหารปลาได้ง่าย หรือหากจะเป็นการเตรียมอาหารเพื่อใช้เลี้ยงปลาเองก็ทำได้ไม่ยาก โดยทั่วไปปลาวัยอ่อนจะต้องการที่มีโปรตีน 35-40% เมื่อปลาโตขึ้นจึงลดปริมาณโปรตีนลงเหลือ 30% (นิวุฒิ, 2540)

โดยทั่วไปสัตว์น้ำจะถ่ายมูล และมีอาหารที่เหลือบางส่วนตกค้างอยู่ ซึ่งจะเป็นของเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งจะอยู่ในรูป แอมโมเนีย (NH_3) ในภาวะปกติในบ่อจะมี pH เป็นกลางซึ่งแอมโมเนียจะอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) แต่ถ้า pH สูงขึ้นก๊าซแอมโมเนียก็จะพบสูงขึ้นและสามารถหนีออกจากน้ำขึ้นสู่อากาศได้โดยเฉลี่ย 2-38 %ต่อวัน

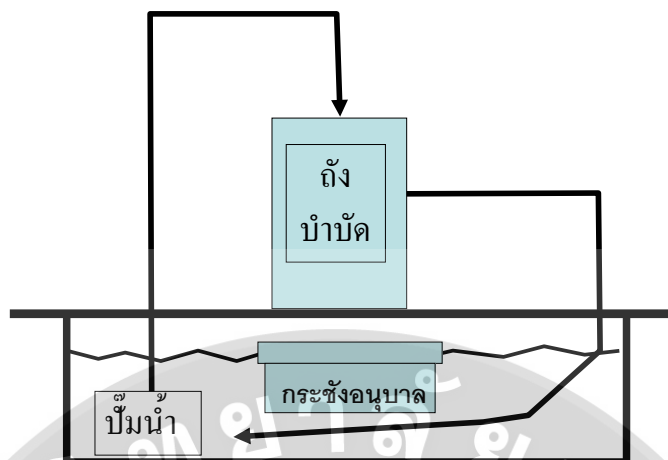
แอมโมเนียเป็นสารที่เป็นพิษต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่สามารถบำบัดได้โดยแบคทีเรียบางชนิดในธรรมชาติ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแอมโมเนียให้กลายเป็น ไนโตรเจน และ ไนเตรตได้ในที่สุด เรียกว่ากระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นได้ดีที่ pH 7-8 และน้ำมีอุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส (มันสิน, 2538)

ไนเตรตอาจถูกกรดิวซ์ให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจนโดยอาศัยแบคทีเรียประเภท heterotroph เรียกกระบวนการนี้ว่า ดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ซึ่งจะทำให้ไนเตรตลดลง 7-15 % ทุกวันโดยไนเตรตจะกลายเป็นก๊าซไนโตรเจนลอยขึ้นสู่อากาศ กระบวนการนี้มักเกิดขึ้นในดินก้นบ่อ แต่ส่วนที่เกิดขึ้นในน้ำนั้นพบว่ามีน้อยกว่าในดิน(กระสินธุ์, 2551)

การศึกษาการใช้ระบบปิดในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้น มักทำในภูมิภาคที่ห่างไกลจากแหล่งน้ำหรือเพื่อลดการใช้น้ำลง และยังเป็น การป้องกันโรคระบาดอีกด้วย ยกตัวอย่างเช่นในการผลิตลูกกุ้งก้ามกรามในภูมิภาคที่มีภูมิประเทศที่อยู่ห่างไกลจากชายฝั่งทะเล ทำให้ต้องมีการขนส่งน้ำเค็มเพื่อนำไปใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกราม ซึ่งจะ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น ส่วนการใช้น้ำทะเลเทียมที่เตรียมมาจากผงเกลือสำเร็จรูปในการอนุบาลลูกกุ้งก็ยังคงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ซึ่งน้ำที่ถูกเปลี่ยนถ่ายออกไปนี้เป็นน้ำเค็มจึงทำให้มีปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงมีผู้คิดอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด หรือระบบที่มีการลดปริมาณการเปลี่ยนถ่ายน้ำเค็ม ซึ่งนอกจากจะลดปริมาณในการใช้น้ำเค็มซึ่งมีต้นทุนสูงได้แล้วก็ยังไม่ก่อให้เกิดปัญหาให้กับสภาพแวดล้อมอีกด้วยเช่น การศึกษาของ Menasveta and Piyatiratitivorakul (1980) ที่ได้อนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำที่มีระบบไหลเวียนแบบปิดที่มีการกรองด้วยชั้นทราย (sub-sand filter closed recirculating system) โดยมีอัตราความหนาแน่นในการอนุบาล 20 ตัว/ลิตร และได้ผลผลิตลูกกุ้งในระยะโพสลาในอัตราการรอด 15.9-18.7 เปอร์เซ็นต์หรือรายงานของ Tansakul (1983) ซึ่งทำการทดลองอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำที่มีความเค็ม 12 ส่วนในพัน โดยมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำบางส่วนในอัตราร้อยละ 12.5 ทุกๆ 5 วัน การทดลองนี้ผู้ทดลองได้ทำการอนุบาลลูกกุ้งด้วยอัตราความหนาแน่นของลูกกุ้ง 10 ตัว/ลิตร และได้ผลผลิตลูกกุ้งในระยะโพสลาที่อัตราการรอดตาย 15 เปอร์เซ็นต์ หรือแม้กระทั่งรายงานของ Ang (1996) ซึ่งได้ผลอัตราการรอดของลูกกุ้งในระยะโพสลา 17-50 ตัว/ลิตร ในน้ำที่มีระบบไหลเวียนแบบปิด และรายงานของ กระสินธุ์ (2549) ก็ได้ระบุไว้ชัดเจนว่าการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามด้วยน้ำเค็มในระบบปิดจะได้ผลผลิตลูกกุ้งที่มีอัตราการรอดประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดปริมาณการใช้น้ำเค็มลงได้ถึง 6 เท่า ดังนั้นการใช้น้ำเค็มที่มีระบบการไหลเวียนแบบวงจรปิดจึงเป็นทางเลือกสำหรับการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลชายฝั่งทะเล เนื่องจากเป็นระบบการอนุบาลที่ใช้น้ำเค็มในปริมาณน้อยกว่าระบบเปิดที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (New, 1988; Valenti and Daniels, 2000)

ดังนั้นการติดตั้งระบบบำบัดจึงเป็นการเลียนแบบธรรมชาตินำมาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงนั่นเองโดยที่ กระสินธุ์ (2551) ได้ทำการทดลองอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำเค็มที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน ในบ่อที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด ซึ่งได้ผลการทดลองที่น่าพอใจ ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้น้ำลงได้ถึง 6 เท่า ซึ่งระบบนี้จะทำให้ในภูมิภาคที่เป็นที่สูงห่างไกลจากแหล่งน้ำสามารถทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อใช้ในการบริโภคมีความสะดวกยิ่งขึ้น อีกทั้งในภาคอุตสาหกรรมก็สามารถนำไปใช้เพื่อลดต้นทุนในการผลิตได้ และสามารถเพาะเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูงได้ ระบบนี้จะมีการไหลเวียนของน้ำดังนี้ (ภาพที่ 3)

การไหลเวียนของน้ำ



ภาพที่ 3 วงจรการไหลเวียนของน้ำ

ระบบการไหลเวียนของน้ำตามภาพที่ 1 นี้จะประกอบไปด้วยปั้มน้ำเพื่อสูบน้ำเข้าสู่ถังบำบัด ซึ่งภายในถังบำบัดจะประกอบไปด้วยใยกรองหยาบ ใยแก้ว ฟองน้ำสังเคราะห์ และไบโอบอล (ภาพที่ 4) โดยใยกรองหยาบจะทำหน้าที่กรองตะกอนขนาดใหญ่ ใยแก้ว จะทำหน้าที่กรองตะกอนขนาดเล็ก ฟองน้ำจะทำหน้าที่กรองตะกอนขนาดเล็กพร้อมทั้งซับน้ำไว้เพื่อให้ความชุ่มชื้นแก่ระบบหากน้ำหยุดไหล ทั้งยังมีรูพรุนเพื่อเพื่อที่ยึดเกาะของแบคทีเรียในกระบวนการไนตริฟิเคชัน เช่นเดียวกับไบโอบอล

ถังบำบัด



ทางน้ำออกควรอยู่ประมาณ
กึ่งกลางหรือสูงกว่า

ภาพที่ 4 องค์ประกอบของระบบบำบัดในระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด

จากการศึกษาของ กระสินธุ์ (2552) พบว่าน้ำที่ใช้ตลอดการทดลองมีคุณภาพที่ดีสามารถใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ โดยพบว่ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีความเข้มข้นไม่ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณแอมโมเนียรวมต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร และมีปริมาณไนไตรท์ต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเหมาะสมในการใช้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ปริมาณไนเตรทพบว่าการสะสมสูงขึ้น

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้นำระบบนี้มาพัฒนาต่อไป เพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงปลานิลด้วยความหนาแน่นสูงในบ่อคอนกรีต โดยมีการทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลในระบบนี้ โดยมีค่าอัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำเป็นเกณฑ์ ส่วนการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาถึงวัสดุที่หาง่ายในธรรมชาติเพื่อนำมาใช้บำบัดการสะสมของไนเตรท ผลการศึกษาจากทั้ง 2 การทดลองจะสามารถนำไปใช้เพื่อเลี้ยงปลานิลในระบบไหลเวียนแบบปิดในบ่อคอนกรีตได้ต่อไป

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6 การเลี้ยงปลาหมอเทศเดี่ยวเพื่อผลประโยชน์ทางการค้า

ปลาหมอไทย (*Anabas testudineus*) อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดทั่วไปทั้งแหล่งน้ำนิ่งและน้ำไหล พบในแถบจีนตอนใต้ อินเดีย ไทยมลายูพม่าอินเดียศรีลังกาเกาะฟิลิปปินส์และออสเตรเลียสามารถปรับตัวเจริญเติบโตเข้ากับสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำกร่อยป่าจากหรือที่ลุ่มดินเค็มชายฝั่งทะเลที่มีความเค็มไม่เกิน 10 ส่วนในพันและน้ำที่ค่อนข้างเป็นกรดจัดเช่นป่าพรุตลอดจนมักฝังหรือหมกตัวในโคลนตมได้ เป็นระยะเวลานานๆจึงเป็นปลาที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมเนื่องจากมีอวัยวะพิเศษช่วยหายใจและเกล็ดที่หนาแข็งปกคลุมทั่วตัวเป็นปลาน้ำจืดที่รู้จักกันแพร่หลายที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ชนิดหนึ่งเป็นปลาที่นิยมรับประทานของคนไทยใช้ประกอบอาหารได้หลายอย่างเช่น ทอดย่างนึ่งน้ำพริกและชุบเป็นคันเนื่องจากมีรสชาติดีเป็นปลาที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ ในขณะที่ผลผลิตปลาหมอไทยส่วนใหญ่ได้มาจากการทำประมง จากแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากปลาหมอไทยจัดเป็นปลาน้ำจืดที่มีความทนทาน เลี้ยงง่าย ใช้น้ำน้อยสามารถเลี้ยงได้ทั้งบ่อดินขนาดต่าง ๆ ในกระชัง ในแหล่งน้ำนิ่งและเลี้ยงในบ่อพลาสติกได้ รวมทั้งขนส่งง่ายโดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน ปัจจุบันจึงมีเกษตรกรเลี้ยงปลาหมอไทยเป็นอาชีพกันมากขึ้น

ปลาหมอไทยมีรูปร่างป้อมลำตัวแบนข้างตาโตปากกว้างแผ่นปิดเหงือกหัยกแข็งเกล็ดใหญ่คลุมทั้งลำตัวมีขอบเกล็ดแบบหยักผิวสากครีบทางปลายมน มีลักษณะสำคัญประจำครอบครัว คือ มีอวัยวะช่วยหายใจ (labryrinth organ) เป็นแผ่นรวิ้นๆอยู่ในช่องเหงือกใต้ลูกตาประกอบด้วยแผ่นกระดูกบาง (lamellae) จำนวนมากซ้อนทับกันอย่างไม่เป็นระเบียบคล้ายกับทางที่คดเคี้ยวถูกห่อหุ้มด้วยผนังบางๆ ที่เต็มไปด้วยเส้นเลือดฝอย สามารถดูดซับออกซิเจนจากอากาศเมื่อปลาโผล่ขึ้นมาสูบเอาอากาศจากผิวน้ำ ออกซิเจนจะถูกขับผ่านเข้าไปในเส้นเลือดฝอยเหล่านั้น อวัยวะช่วยหายใจจะมีการพัฒนาและทำหน้าที่ในการดูดซับออกซิเจนเมื่อปลาเมื่ออายุได้ 10-20 วัน ทั้งนี้ขึ้นกับการพัฒนาการของลูกปลาเนื่องจากปริมาณอาหารที่ได้รับ ถ้าลูกปลาได้รับอาหารอย่างเพียงพอและต่อเนื่อง ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ลูกปลาจะมีการพัฒนาที่เร็วกว่าปกติ ก่อนหน้านั้นปลาจะหายใจด้วยเหงือก ปลาในครอบครัวนี้ส่วนมาก

เห็อกจะมีบทบาทในการหาญน้อยกว่าวัยะช่วยหาญใจ แม้น้ำจะมีออกซิเจนอยู่อย่างเหลือเฟือก็ ตาม(ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพัทลุง,2545;สมพงษ์,2542) ปลาหมอไทยเป็นปลากินเนื้อ (carnivorous fish)ในธรรมชาติจึงเป็นผู้ล่า (predator) สัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กกว่าเป็นอาหาร ได้แก่ ตัวอ่อน ของแมลง ลูกปลา เป็นต้น ปกติปลาหมอไทยขนาดเล็กมีความต้องการอาหารสูงกว่าปลาที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากขนาดความยาวของปลามีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับขนาดของกระเพาะอาหาร โดย หลังจากลูกปลาว่ายอ่อนที่ฟักออกจากไข่ปลา ลูกปลาจะมีองอาหารที่จะเป็นอาหารของลูกปลาใน ระยะเวลา 3 วัน หลังจากนั้นลูกปลาจะเริ่มกินอาหารมีชีวิตที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดปากปลา ได้แก่ โปรโต ชั่ว และไรดิเฟอร์ในช่วงแรก หลังจากนั้นจึงเริ่มกินอาหารที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ได้แก่ ไรแดง และโคฟีพอด โดยลูกปลาในระยะนี้มีขนาดของกระเพาะอาหารขนาดค่อนข้างใหญ่ เมื่อเทียบกับขนาดของลำตัว แสดงว่าปลาที่มีขนาดเล็กมีความต้องการอาหารและสามารถกินอาหารได้มากกว่าปลาขนาดใหญ่ ที่อยู่ ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน (กำธร, 2514; สมพงษ์, 2531; Doolgindachbaporn, 1994; Kohinoor et al., 1995) โหมยิต (2554) กล่าวว่าในอดีตการเลี้ยงปลาหมอไทยของเกษตรกรยังใช้ลูกพันธุ์ปลาที่ยังไม่ แปลงเพศ ทำให้ได้ปลาเพศผู้ในปริมาณสูงถึง 40-50% โดยที่ลักษณะของปลาหมอเพศผู้จะมีขนาดตัวที่ เล็ก โตช้า ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ส่งผลต่อผลผลิตต่อไร่ให้ต่ำ แต่จากการพัฒนาเทคนิคการผลิตลูก ปลาแปลงเพศให้เป็น เพอร์เซ็นต์เพศเมียสูงขึ้น ถึง 85 เพอร์เซ็นต์ โดยปลาหมอเพศเมียจะมีขนาดตัว ใหญ่กว่าเพศผู้ โตเร็วและขายได้ราคาที่สูงกว่า เป็นที่ต้องการของตลาดอย่างมาก

ปลาหมอไทยเพศเมียจะมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ เพศผู้มีลักษณะลำตัวเรียวยาว ในฤดูวางไข่ส่วน ท้องของปลาเพศเมียจะอูมเป่ง สราวุธ (2547) รายงานว่า ปลาหมอไทยเพศเมียสามารถเจริญเติบโตได้ ดีกว่าปลาหมอไทยเพศผู้ ซึ่งสอดคล้องกับ พรชัย (2523) พบว่าปลาหมอไทยเพศผู้มีขนาดเล็กกว่าปลา หมอไทยเพศเมีย ซึ่งตัวผู้มีขนาดเล็กตั้งแต่ 15-18 เซนติเมตร น้ำหนัก 60-95 กรัม ส่วนเพศเมียมีขนาด ตั้งแต่ 17-20 เซนติเมตร น้ำหนัก 95-120 กรัม ทั้งนี้ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการเลี้ยงปลาหมอไทย โดย การคัดสายพันธุ์ และได้รับการแปลงเพศเป็นเพศเมียด้วยฮอร์โมนเอสโตรเจน เพื่อเพิ่มผลผลิตและ ตอบสนองทางการตลาดจึงทำให้มีเกษตรกรเลี้ยงปลาหมอไทยแปลงเพศ ในทุกพื้นที่ และในทุกภูมิภาค ของประเทศ แต่ต้องมีการจัดการระบบการเลี้ยง และปรับเทคนิคตามความเหมาะสม ที่สำคัญนอกจาก ระบบการเลี้ยงและการจัดการ คือ อาหารและลูกพันธุ์ โดยลูกพันธุ์ต้องได้รับการแปลงเพศเป็นเพศเมีย (โหมยิต, 2554)

เพ็ญพรรณ (2546) กล่าวว่า การเลี้ยงปลาโดยที่ปล่อยปลาแบบคละเพศลงเลี้ยง ข้อดีคือ สามารถ มีพันธุ์ปลาตลอดไป แต่ข้อเสียคือบ่อที่ใช้เลี้ยงปลา จะมีแต่ปลาขนาดเล็กแน่นบ่อไปหมด มีผลผลิตสูง แต่ขายไม่ได้ราคา เพราะยังไม่ไ้ขนาดบริโภค ปัญหานี้ สามารถแก้ไขได้ด้วยการเลี้ยงปลาเพศเดียว (monosex) และจากงานวิจัยของสมพงษ์และคณะ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยเพศเมีย มีการเจริญเติบโตมากกว่าปลาเพศผู้ถึง 2-3 เท่าในการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 10-30 ตัว/ตาราง เมตร และพบว่าปลาเพศเมียจำนวนหนึ่งมีน้ำหนักถึง 100 กรัม แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนเพศของปลาที่ใช้

ทดลองมีผลต่อการทดลองเนื่องจากปลาเพศเมียมีการเจริญเติบโตมากกว่าปลาเพศผู้ และมีรายงานของ Woodland (1967) กล่าวว่า การเลี้ยงแบบปลานิลเพศเดียว (monosex) มีการเจริญเติบโตได้เร็วกว่าการเลี้ยงแบบคละเพศ ปลาเพศผู้ (monosex) มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าเพศผู้ในการเลี้ยงแบบคละเพศ 17% ในทำนองเดียวกันปลาเพศเมีย (monosex) มีเจริญเติบโตเร็วกว่าเพศผู้ในการเลี้ยงแบบคละเพศ 31% ซึ่งอาจเกิดจากการผันของพลังงานในการเลี้ยง แบบคละเพศเพื่อการเจริญเติบโตของร่างกายและสืบพันธุ์ (Curtis and Jones, 1995)

เทคนิคการเพาะเลี้ยงปลาหมอไทยเชิงพาณิชย์

การเลือกสถานที่

การเลือกสถานที่ก่อสร้างบ่อเพาะพันธุ์อนุบาลและเลี้ยงปลาเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญยิ่งและส่งผลต่อผลสำเร็จในการประกอบการลงทุนหรือไม่ดังนั้นในการเลือกสถานที่และออกแบบฟาร์มควรดำเนินการด้วยความรอบคอบโดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆดังนี้

1. ลักษณะดิน ที่ดินควรเป็นพื้นที่ราบดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายน้ำไม่รั่วซึมง่ายสามารถเก็บกักน้ำได้ 4 – 6 เดือนไม่ควรเลือกพื้นที่ที่เป็นดินทรายดินปนกรวดหรือป่าพรุที่ดินเป็นกรดจัดหรือพื้นที่ทางน้ำผ่านซึ่งน้ำมักไหลท่วมหลากอย่างรุนแรงในฤดูฝนจะทำให้ยุ่งยากในการจัดการฟาร์ม

2. ลักษณะน้ำ พื้นที่เลี้ยงควรอยู่ใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติเช่นแม่น้ำลำคลองหรืออ่างเก็บน้ำที่มีปริมาณน้ำเพียงพอตลอดปีหรืออยู่ในเขตชลประทานหากเป็นพื้นที่ที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวต้องคำนวณปริมาณน้ำฝนที่ตกในรอบปีด้วยควรหลีกเลี่ยงห่างไกลจากเขตอุตสาหกรรมแม่น้ำน้ำมักขุ่นมากและเขตโรงงานอุตสาหกรรมบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่อยู่ในเขตพื้นที่น้ำจืดนาข้าวทิ้งร้างสามารถเลี้ยงปลาหมอไทยได้หากอยู่ในย่านที่รับอิทธิพลจากความเค็มที่ไม่เกิน 7.5 ส่วนในพันจะกระตุ้นให้ปลากินอาหารมากขึ้นเนื้อปลานุ่มรสชาติอร่อยและปราศจากกลิ่นโคลนส่งผลให้จำหน่ายได้ราคาสูงกว่าปกติ

3. แหล่งพันธุ์ปลาตลาดและสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐาน เพื่อความสะดวกในการบริหารจัดการฟาร์มปลาจำเป็นต้องพิจารณาสถานที่ที่มีระบบคมนาคมสะดวกมีไฟฟ้าหรือสัญญาณโทรศัพท์เข้าถึงอยู่ไม่ไกลจากแหล่งเพาะพันธุ์ปลาสามารถลำเลียงลูกปลามาเลี้ยงสะดวกหรือไม่ไกลจากตลาดซื้อขายปลาแม้ว่าหลังจากจับปลาจะมีพ่อค้ามารับซื้อถึงปากบ่อแต่หากพื้นที่เลี้ยงอยู่ใกล้ตลาดหรือท่าปลาจะทำให้ได้เปรียบในการขนส่งผลผลิตเพื่อการจำหน่ายเป็นต้น (ปลาหมอไทย : ชีวิตวิทยาและเทคนิคการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ www.thailuxe.com/rd/files/knowledge-2.pdf.)

คุณสมบัติของน้ำในระบบการเลี้ยงปลา

อุณหภูมิของน้ำ

นันทนา (2536) กล่าวว่า อุณหภูมิที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับแสง เมื่อแสงส่องผ่านในน้ำ พลังงานแสงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำ จะผันแปรตามความเข้มแสงถ้าปริมาณความเข้มแสงมากมีผลทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติจะผันแปรตามอุณหภูมิอากาศโดยขึ้นอยู่กับฤดูกาล ระดับความสูง สภาพภูมิประเทศ กระแสลม ความเร็วของกระแสน้ำ ความลึกของน้ำ และสภาพแวดล้อมทั่วไปของน้ำ

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

มันสินและมันรักษ์ (2545) กล่าวว่า pH เป็นพารามิเตอร์ที่วัดง่ายที่สุดอย่างหนึ่ง แต่มีบทบาทและความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการทำงานของกระบวนการต่างๆ เช่น โคแอกูเลชัน การตกผลึก การบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา เป็นต้น ระดับ pH ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการต่างๆ นั้นมีค่าไม่เท่ากันเนื่องจากขึ้นอยู่กับปัจจัยทางเคมีหรือชีวภาพของกระบวนการ

ประเทือง (2536) กล่าวว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำนอกจากจะมีผลต่อสัตว์น้ำโดยตรงแล้วยังมีผลทางอ้อมเช่น ทำให้สารพิษชนิดอื่น ๆ มีการแตกตัวเพิ่มขึ้นหรือลดลง ตัวอย่างเช่น ค่า pH ที่สูงขึ้นจะทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น การแทรกซึมสารพิษบางชนิดเข้าสู่ร่างกายของสัตว์น้ำยังขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลายนั้นๆ อีกด้วย นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยในบ่อปลา หากน้ำหรือดินมีสภาพเป็นกรดมากเกินไป การใส่ปุ๋ยก็ไม่เกิดประโยชน์ ฉะนั้นต้องมีการปรับปรุค่า pH ของน้ำหรือดินเสียก่อน จึงจะทำให้ปุ๋ยละลายและถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์โดยสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO)

ศิริเพ็ญ (2543) กล่าวว่า ค่าออกซิเจนเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งได้มาจากการละลายของออกซิเจนจากอากาศและกระบวนการสังเคราะห์แสง ปริมาณออกซิเจนมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับสิ่งมีชีวิตโดยจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ของปฏิกิริยาทางชีวเคมี ปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้แก่ อุณหภูมิ อัตราการหายใจ อัตราการสังเคราะห์แสง ความลึกของน้ำ ความดันบรรยากาศ ช่วงเวลาของวัน ฤดูกาล ปริมาณอินทรีย์สารและประสิทธิภาพการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน

ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเกรียงศักดิ์ (2539) ที่พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการละลายตัวของออกซิเจน นอกจากช่วงเวลาของวัน ความลึก อัตราการสังเคราะห์ และการหายใจ ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่สำคัญเช่น ความเข้มของแสง อุณหภูมิ ความสูง ความกดดันของบรรยากาศ และมลพิษที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำ

ประเทือง (2538) กล่าวว่า ก๊าซออกซิเจนมีความสำคัญอย่างมากต่อสิ่งมีชีวิตแทบทุกชนิดเพราะต้องถูกนำไปใช้ในขบวนการต่างๆ เพื่อก่อให้เกิดพลังงานขบวนการต่างๆ ที่ต้องใช้ ออกซิเจนเรียกว่า Aerobic process ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้น้อยมาก เนื่องจากว่าไม่ได้ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ ดังนั้นการละลายจึงขึ้นอยู่กับความกดดันของบรรยากาศ อุณหภูมิของน้ำ และปริมาณเกลือแร่ที่มีอยู่ในน้ำ

Boyd (1982) กล่าวว่า น้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่เต็มที่ในรูปสมดุลกับบรรยากาศเรียกว่า การอิ่มตัว (Saturated) น้ำที่มีออกซิเจนอยู่น้อยกว่าเรียกว่า การยังไม่อิ่มตัว (Under saturated) น้ำที่มีออกซิเจนมากกว่านี้เรียกว่า การอิ่มตัวเกินไป (Supersaturated)

มันสินและไพพรรณ (2544) กล่าวว่า บ่อปลาที่มีออกซิเจนละลายอยู่น้อยเป็นเวลานาน ๆ อาจเป็นอันตรายต่อปลาได้ภายใต้สภาวะดังกล่าวปลาอาจติดเชื้อโรคจากแบคทีเรียได้ง่าย ในทางตรงกันข้ามปลาที่เลี้ยงอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่สูงเกินระดับอิ่มตัวก็เป็นโรคได้ง่าย โรคที่เกิดจากการที่มีออกซิเจนละลายอยู่มากเกินไป เรียกว่า Gas Bubble Disease ซึ่งทำให้เกิดฟองก๊าซในเลือด ในขณะที่ปลาเคลื่อนตัวมาจากน้ำที่มีออกซิเจนสูงมายังน้ำที่มีออกซิเจนอยู่น้อย โรคดังกล่าวทำให้ปลาตายในขณะที่เคลื่อนตัวมาจากน้ำที่มีออกซิเจนสูงมายังน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่น้อย ในบ่อปลาที่มีแสงสว่างตอนพีชสมบูรณ์น้ำตอนบนจะมีออกซิเจนละลายอยู่สูงมาก ปลาจะหนีลงไปอาศัยอยู่ในน้ำตอนล่างที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่าจึงไม่เป็นอันตราย

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน

Boyd (1982) กล่าวว่า แอมโมเนียมาจากการเติมปุ๋ยการขับถ่ายและจุลชีพที่อาศัยในน้ำ มีสารประกอบไนโตรเจนอยู่ แอมโมเนียสามารถสลายได้โดยการดูดซึมของพืช และการออกซิไดซ์ แอมโมเนียให้กลายเป็นไนเตรต อย่างไรก็ตามในบ่อปลาที่มีการเลี้ยงอย่างหนาแน่นจะทำให้ปริมาณแอมโมเนียมีค่าสูงขึ้นตาม

ธรรมรักษ์ (2541) กล่าวว่า แอมโมเนียในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่ได้จากการขับถ่ายของปลาและพวกครัสเตเชียซึ่งประมาณได้จากเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนในอาหารกับประสิทธิภาพ การนำโปรตีนไปใช้ประโยชน์สุทธิ (Net protein utilization, NPU) ค่า NPU หาได้จากการนำปริมาณโปรตีนที่คงเหลืออยู่ในตัวปลาหลังจากกินอาหารแล้วลบออกจากปริมาณโปรตีนในอาหารที่ให้ปลากิน อาหารปลาที่ดีจะมีค่าประมาณ 0.4

Naegel (1977) ทำการทดลองเลี้ยงปลาหมอ (*Anabas testudineus*) และปลาการ์ป (*Cyprinus carpio*) ร่วมกับผักกาดหอม และมะเขือเทศ ปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบประมาณ 75 ลิตร โดยเลี้ยงปลาหมอ และปลาการ์ป อย่างละ 5 กิโลกรัมต่อปริมาณน้ำ 100 ลิตร โดยให้อาหาร 5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน พบว่าในช่วงเวลา 7 สัปดาห์แรก ความเข้มข้นของ NO_3^+-N สูงถึง 175 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากเกิดขบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนเตรต (Nitrification)

ไนโตรท-ไนโตรเจน

ธรรมรักษ์ (2541) กล่าวว่า ไนโตรทเป็นสารประกอบไนโตรเจนรูปหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการหมุนเวียนของไนโตรเจนในแหล่งน้ำ เกิดจากกึ่งกลางระหว่างการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียเป็นไนเตรต (Nitrification) และไนเตรตเปลี่ยนกลับเป็นแอมโมเนีย (Denitrification) ถ้าในน้ำมีออกซิเจนเพียงพอ ไนโตรทจะเปลี่ยนไปเป็นไนเตรตอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าน้ำขาดออกซิเจนพวกจุลินทรีย์จะรีดิวซ์ไนเตรตไปเป็นไนโตรท ทำให้เป็นพิษต่อสัตว์น้ำความเป็นพิษที่ 96-hr LC50 สำหรับปลาน้ำจืดทั่วไปประมาณ 0.66-75 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ความเป็นพิษสำหรับพวกครัสตาเซียนน้ำจืดประมาณ 8.5-15.4 มิลลิกรัมต่อลิตร และกุ้งก้ามกราม (Giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*) เจริญเติบโตลดลง ถ้ามีความเข้มข้นไนโตรท 1.8-6.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

มันสินและไพพรรณ (2544) กล่าวว่า ไนโตรททำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ได้เมทฮีโมโกลบิน (Methemoglobin) ซึ่งไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนในปลาได้ ปลาที่ได้รับไนโตรท จึงมีเมทฮีโมโกลบินในเลือดซึ่งเห็นได้เป็นสีน้ำตาล ปลาที่มีอาการเช่นนี้จะไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้เนื่องจากไม่สามารถใช้ออกซิเจนได้ การสะสมของไนโตรทเชื่อว่าเกิดจากความสมบูรณ์ของปฏิกิริยา ไนตริฟิเคชัน บ่อปลาอาจพบไนโตรทได้สูงถึง 0.5-5 มก./ล.N สอดคล้องกับการศึกษาของ Boyd (1982) รายงานว่าเมื่อไนโตรทถูกดูดซึมเข้าไปในร่างกายของปลา ไนโตรทจะเปลี่ยนฮีโมโกลบินเป็น เมทฮีโมโกลบินซึ่งไม่สามารถรับออกซิเจนได้ นอกจากนั้นยังทำให้เลือดกลายเป็นสีน้ำตาลจึงเรียกพิษที่เกิดจากไนโตรทในปลาว่า “brown blood disease”

ไนเตรต-ไนโตรเจน

ธรรมรักษ์ (2541) กล่าวว่า ไนเตรตเป็นสารประกอบไนโตรเจนรูปหนึ่ง ซึ่งอาจเพิ่มขึ้นได้จากจุลินทรีย์ในน้ำเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนเตรตแล้วถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์โดยพืชน้ำ โดยปกติความเป็นพิษของไนเตรตต่อสัตว์น้ำมีน้อยมาก นอกจากสภาวะที่บ่อขาดออกซิเจนจุลินทรีย์ จะรีดิวซ์ไนเตรตไปเป็นไนโตรททำให้เกิดเป็นพิษกับสัตว์น้ำขึ้นมา

ประเทือง (2538) กล่าวว่า ทางด้านการประมงไนเตรตไม่ถือว่าเป็นพิษต่อสัตว์น้ำโดยตรง นอกเสียจากมีความเข้มข้นสูงมากแต่จะทำให้เกิดปัญหาทางอ้อม ในกรณีที่ไนเตรตได้เปลี่ยนสภาพมาจากไนโตรทและแอมโมเนีย ถ้าหากบริโภคน้ำที่มีไนเตรตสูงจะก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายโดยจะทำให้เกิดโรคต่อระบบโลหิต ซึ่งเรียกว่า Methemoglobinemia

นันทนา (2536) กล่าวว่า ไนเตรตปกติจะมีอยู่ค่อนข้างน้อยในธรรมชาติโดยปกติจะพบความเข้มข้นของไนเตรตไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อยครั้งที่น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบางช่วงเวลาที่มียุคผลผลิตอันดับแรกสูง ถ้าความเข้มข้นสูงเกินกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตรจะเป็นอันตรายต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมได้

ฟอสฟอรัส

เกรียงศักดิ์ (2539) กล่าวว่า สารประกอบฟอสฟอรัสที่พบในแหล่งน้ำมีอยู่ 3 แบบ คือ

1) พวกอินทรีย์ฟอสเฟต (Ortho Phosphates) ได้แก่ สารประกอบฟอสฟอรัสที่เกิดจาก ขบวนการทางชีวะ และฟอสเฟตที่รวมอยู่กับสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เป็นต้น และรวมทั้งฟอสฟอรัสที่อยู่กับซากพืชซากสัตว์

2) พวกอนินทรีย์ฟอสเฟต (Inorganic Phosphates) ได้แก่ สารประกอบฟอสเฟตที่พบในแหล่ง น้ำทั่วไป ซึ่งได้มาจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ แบ่งออกได้เป็น สารประกอบออร์โธฟอสเฟต (Ortho Phosphates) ได้แก่สารประกอบพวก PO_4^{-3} , HPO_4^{-2} และ $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ สารประกอบพวกนี้จะละลายน้ำได้ดีและ แพลงก์ตอนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สารประกอบออร์โธฟอสเฟตนี้บางที่เรียก Soluble Reactive Phosphorus ซึ่งถือว่ามีความสำคัญทางด้านการประมง

3) พวกโพลีฟอสเฟต (Polyphosphates) ได้แก่ สารประกอบที่พบในน้ำทิ้งจากบ้านเรือน ที่อยู่อาศัย เนื่องจากเป็นส่วนผสมของผงซักฟอก (Detergent) ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลาย ในปัจจุบัน สารประกอบพวกโพลีฟอสเฟตสามารถเปลี่ยนแปลงมาเป็นออร์โธฟอสเฟตได้ โดยขบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เมื่ออยู่ในน้ำ และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือ pH ลดลงก็จะช่วยเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวให้เร็วขึ้น ซึ่งพวกออร์โธฟอสเฟตจะมีอิทธิพลต่อการแพร่พันธุ์เจริญเติบโตของพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืช

ประเทือง (2538) กล่าวว่า ฟอสฟอรัสหรือฟอสเฟตในแหล่งน้ำธรรมชาติมีความสำคัญต่อการ ประมง เนื่องจากมีความจำเป็นต่อการดำรงชีพของพืชและสัตว์โดยเฉพาะพืชชั้นต่ำซึ่งจะใช้ในการ สังเคราะห์แสง ในน้ำธรรมชาติเราพบฟอสเฟตอยู่ในรูปของสารละลายน้ำ หรืออยู่ในรูปของซากพืชซาก สัตว์โดยปกติฟอสฟอรัสจะสะสมอยู่ในดิน หิน แร่ หรือแหล่งสะสมอื่นๆ ปลดปล่อยออกมาในรูปที่ ละลายน้ำโดยการชะล้างพืชและสัตว์จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และสร้าง โพรโทพลาสซึม (Protoplasm) เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อพืชโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืช สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วเป็นการสร้างความอุดมสมบูรณ์แก่แหล่งน้ำ แต่ถ้ามีปริมาณมาก เกินไปจะทำให้เกิดภาวะเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ มีผู้รายงานว่า หากแหล่งน้ำมีฟอสฟอรัสสูงเกินกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดว่าแหล่งน้ำนั้นมีอาหารธรรมชาติมากเกินไป และแหล่งน้ำที่มีปัญหาหมกหมัวจะมี ฟอสฟอรัสสูงถึง 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำไม่ได้ทำให้เกิดความ เป็นพิษเพียงแต่เป็นตัวการในการทำให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำสูง ในการควบคุมป้องกัน ปัญหาสภาพการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ จึงกำหนดไว้ว่าไม่ควรมีปริมาณของฟอสฟอรัสเกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

ไมตรี (2530) กล่าวว่า ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะพบฟอสเฟตในปริมาณต่ำเนื่องจากสามารถ ตกตะกอนกับเหล็ก แคลเซียม อะลูมิเนียม โซเดียมได้ และบางส่วนจะถูกดูดซับโดยดินเหนียวได้ทั้งน้ำ ดังนั้นจะพบฟอสเฟตที่ก้นน้ำมากกว่าที่ผิวน้ำ ในน้ำที่มี pH อยู่ในช่วง 6.3–6.9 จะเป็นช่วงที่มีอินทรีย์ ฟอสเฟตอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้มากที่สุด

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7 การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเหงือกในปลานิล (*Flavobacterium columnare*) เพื่อพัฒนาเป็นวัคซีนป้องกันโรค

โรคติดเชื้อแบคทีเรียแฟล็กซ์แบคเตอร์ (*Flexibacter columnaris*) หรือโรคคอดมันนาลิส เกิดจากแบคทีเรียแกรมลบ แท่งยาว บาง 0.5 X 4 – 12 ไมโครเมตร เคลื่อนที่โดยการติดตัวหรือคืบคลาน เจริญได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารอาหารต่ำ อาหารจำเพาะสำหรับแบคทีเรียนี้ คือ Cytophaga โคลโลนิเจริญบนอาหารเป็นเส้นใยรากแห แบน มีสีเหลือง มีความสามารถในการย่อยสลายเจลาติน พบระบาดทั้งในปลาน้ำจืด น้ำกร่อยและปลาทะเล เดิมแบคทีเรียนี้ชื่อ *Cytophaga* ในขณะนี้ปัจจุบันเรียกชื่อใหม่ว่า *Flavobacterium columnare* (Roberts 2001) แบคทีเรียสามารถอาศัยอยู่บนเมือกของปลาปกติและปลาที่เป็นโรค ในการทำสไลด์เปียก (wet mount) ของบริเวณที่ติดเชื้อแบคทีเรียนี้ จะเห็นแบคทีเรียมีการรวมกลุ่มกันเป็นกองฟาง ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งในการตรวจวินิจฉัยโรคนี้

ปลาที่ติดเชื้อได้ง่ายเมื่อเกิดความเครียดจากการขนส่ง โดยเฉพาะในช่วงหน้าร้อน ปลาจะมีตัวสีด่างซีดเป็นแถบ ๆ มีเมือกมากผิดปกติ ครีบกร่อน เหงือกกร่อน อาจมีการสร้างสารสีเหลืองเกิดขึ้นบริเวณบาดแผล บริเวณแผลจะเกิดการตายของเซลล์ (necrosis) ต่อมาอาจจะมีการแทรกของเชื้อรา การป้องกันการระบาดของโรคนี้ทำได้โดยการลดความบอบช้ำจากการจับและคัดขนาดปลา ไม่เลี้ยงปลาหนาแน่นมาก การให้ยาผสมอาหารทำได้ยากเนื่องจากปลาที่ติดเชื้อแบคทีเรียนี้มักจะเครียดและไม่กินอาหารเกลือแคง 1% ช่วยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้ เขาวนิตย์และคณะ (2527) กล่าวว่า การใช้ค่างทับทิมเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตรสาธิตในกระชังปลากระพงขาวที่เป็นโรคแต่ไม่ได้ผล อาจเนื่องมาจากกระแสน้ำไหลแรงเกินไป จะเห็นว่าการใช้ยาและสารเคมีในการรักษาโรคนี้ทำได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงปลาในแหล่งน้ำขนาดใหญ่หรือการเลี้ยงปลาในกระชังในแม่น้ำ การใช้วัคซีนน่าจะเป็นทางเลือกที่น่าจะนำมาใช้ในการป้องกันโรคนี้

มีการทดลองผลิตวัคซีนโดยใช้ฟอร์มาลินฆ่าเชื้อ *Aeromonas hydrophila* แล้วฉีดให้กับปลาช่อน ปลาดุกและปลานิลในประเทศไทย พบว่า มีค่าเบี่ยงเบนของแอนติบอดีไคเตอร์สูง ซึ่งอาจเนื่องมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรม ภาวะความสมบูรณ์ของตัวปลา ความเครียดก็อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้ภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจง (specific immunity) ทำงานได้ไม่ดีเพื่อขจัดปัญหาการเปลี่ยนจากเชื้อที่ไม่รุนแรงเป็นเชื้อที่มีความรุนแรง จึงมีคิดค้นการผลิตวัคซีนโดยใช้บางส่วนของเชื้อโรคที่มีความสามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันปลามาเป็นวัคซีนแทน การตรวจวิเคราะห์หาปัจจัยที่ทำให้เชื้อมีความรุนแรง (virulence factor) เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ดีที่สุดในการพัฒนาวัคซีนให้มีประสิทธิภาพ จากการวิจัยพบว่าส่วนของเชื้อโรคสามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันสัตว์น้ำได้แก่โปรตีนที่อยู่บริเวณผิวด้านนอก (outer membrane protein) และส่วนของผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมลบ (lipopolysaccharide, LPS) เป็นต้น ความเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างรุนแรงจากโรค enteric septicemia of catfish (ESC) ในการเลี้ยงปลากดอเมริกันอันเนื่องมาจากเชื้อแบคทีเรีย *Edwardsiella ictaluri* ผลักดันให้นักวิทยาศาสตร์ชาวสหรัฐอเมริกาทางแก้ไขอย่างเร่งรีบ Plumb และ Vinitnantharat (1993) ได้ทดลองวัคซีนที่เตรียมจากแบคทีเรียดังกล่าวที่

มาเชื้อด้วย 0.8% ฟอรัมาลิน แล้วนำไปทดลองให้วัคซีนลูกปลากดออเมริกันขนาดประมาณ 0.1 กรัมโดยการจุ่มในวัคซีน 2 นาที สามเดือนต่อมาได้ตรวจสอบความสามารถในการป้องกันการตายของปลา โดยการใส่เชื้อแบคทีเรียที่มีความรุนแรงลงในน้ำ พบว่า ปลาดังกล่าวมีอัตราการตายเพียง 6.7 % เมื่อเทียบกับปลาในชุดควบคุมซึ่งตายสูงถึง 96.7% นักวิทยาศาสตร์กลุ่มนี้ได้นำวัคซีนดังกล่าวไปผลิตเชิงพาณิชย์ แต่ผลการใช้วัคซีนยังมีความแปรปรวนสูง ซึ่งอาจจะมีสาเหตุจากอายุและความสมบูรณ์ของปลาที่แตกต่างกัน Klesius และ Shoemaker (1999) เชื่อว่าการใช้แบคทีเรียที่อ่อนกำลังลง (live attenuated microorganisms) เป็นวัคซีนน่าจะเป็นวิธีการดีกว่า เนื่องจากไม่ต้องเตรียมวัคซีนในปริมาณมาก พวกเขาพบว่า วัคซีนดังกล่าวจะช่วยกระตุ้นการสร้างแอนติบอดี กระตุ้นการทำงานของเซลล์ที่มีหน้าที่ในการกำจัดสิ่งแปลกปลอม (macrophage) และสามารถป้องกันการตายของปลาจากการติดเชื้อของแบคทีเรียชนิดนี้ ขณะนี้พวกเขาได้รับการอนุมัติจากกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกาให้ทดลองใช้วัคซีนดังกล่าวในภาคสนามอยู่ Eldar *et al.* (1995) ได้ทดลองผลิตวัคซีนจาก *Streptococcus* sp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวกมาเชื้อด้วยฟอรัมาลินแล้วฉีดเข้าช่องท้องปลาเรนโบว์เทราท์ สามารถป้องกันโรคได้ดี โดยพบว่า ปลาที่ให้วัคซีนมีอัตราการตายจากการติดเชื้อโรคดังกล่าวเพียง 5% ในขณะที่ปลาที่ไม่ให้วัคซีน (ชุดควบคุม) มีอัตราการตายสูงถึง 50%

LaFrentz *et al.* (2008) กล่าวว่า ยาปฏิชีวนะ rifampicin ทำให้แบคทีเรีย *Flavobacterium psychrophilum* อ่อนกำลังลงและนำมาใช้เป็นวัคซีนเชื้อได้ โดยเขาได้พัฒนาวัคซีนด้วยวิธีดังกล่าวนี้แล้วฉีดเข้าช่องท้องปลา จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพของวัคซีนโดยการให้ได้รับเชื้อแบคทีเรีย *F. psychrophilum* ที่มีความรุนแรง หลังจากได้รับวัคซีน 8 และ 15 สัปดาห์ พบว่า ปลาเทราต์มีระดับของแอนติบอดีสูงขึ้น Shoemaker *et al.* (2007) ได้ตรวจสอบประสิทธิภาพของวัคซีนแบคทีเรียชนิดเดียว *Flavobacterium columnare* กับวัคซีนแบคทีเรียผสมระหว่าง *F. columnare* และ *Edwardsiella ictaluri* โดยการแช่ไข่ปลากดออเมริกันระยะไข่ฟัก (eyed channel catfish, *Ictalurus punctatus*, eggs) จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพของวัคซีนโดยการให้ได้รับเชื้อแบคทีเรีย *F. columnare* หรือ *E. ictaluri* 109, 116 และ 137 วันหลังให้วัคซีน พบว่า อัตราการตายสัมพัทธ์ (relative percent survival, RPS) อยู่ระหว่าง 50.0 - 76.8% เขาชี้ให้เห็นการให้วัคซีนผสมให้อัตรารอดที่ดีกว่าการให้วัคซีนชนิดเดียวและมีความปลอดภัยที่จะใช้กับปลาในระยะที่เพิ่งฟักออกจากไข่ Shoemaker *et al.* (2011) ทดลองใช้วัคซีนที่ได้จากการทำให้เชื้อแบคทีเรีย *Flavobacterium columnare* อ่อนกำลังลงโดยเพิ่มความเข้มข้นของยาปฏิชีวนะแซ่ลูกปลากดออเมริกันระยะ 10 - 48 วันหลังฟักออกจากไข่ ประสิทธิภาพของวัคซีนทำให้อัตรารอดปลาอยู่ที่ 57 - 94%

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8 ศักยภาพการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis* เพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมในปลาสวยงาม

ธุรกิจปลาสวยงามของประเทศไทยนั้น ได้ขยายตัวสู่ธุรกิจการส่งออกสามารถนำเงินตราเข้าประเทศในปี 2553 กว่า 600 ล้านบาท ซึ่งอันดับต้นๆ ของชนิดสัตว์น้ำที่ส่งออกได้แก่ ปลาทอง ปลาหางนกยูง ปลาน้ำผึ้ง ปลาปักเป้า ปลานีออน ปลาการ์ตูน ปลาลอมปาร์ดัว ปลาหมอสี เป็นต้น ซึ่งตลาดปลาสวยงามในประเทศไทยนั้น มีอยู่หลายแห่งเกือบทุกภูมิภาคของประเทศ (กรมประมง, 2554) และสถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำจืด กรมประมง, 2554) สีสันของปลาสวยงามเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ปลามีราคาจำหน่ายที่สูงขึ้น ผู้ที่เลี้ยงปลาสวยงามจึงพยายามหาวิธีการต่างๆ ที่จะทำให้ปลาของตนนั้นมีสีสันสวยงาม ซึ่งปลาไม่สามารถสร้างสีเองได้ ต้องได้รับจากอาหารที่ทานเข้าไปเท่านั้น (Lovell, 1934) อาหารเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งผู้ประกอบการนำมาใช้เป็นกลยุทธ์ ในการทำให้ปลาของตนมีสีสันสวยงาม โดยใช้ทั้งรูปแบบสดและแห้ง (วิธีการเสริมคุณค่าทางอาหาร, 2554) มีมากมายหลายบริษัทที่พยายามคิดค้นอาหารสำเร็จรูปปลาสวยงามต่างๆ ออกจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งส่วนใหญ่มีราคาแพงและวัตถุดิบส่วนใหญ่ใช้วัตถุดิบสังเคราะห์ซึ่งไม่ได้มาจากธรรมชาติ สาหร่ายจึงเป็นตัวเลือกที่ดีทางหนึ่งในการนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสำเร็จรูปจากวัตถุดิบธรรมชาติ เพื่อใช้ในการอนุบาลและเลี้ยงปลาสวยงามวัยอ่อนและปลาสวยงามตัวเต็มวัย ปัจจุบันมีการใช้สาหร่ายทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ใช้เป็นอาหารเสริมหรือผสมในอาหารสำเร็จรูป เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง

สาหร่ายนอสตอค (*Nostoc* sp.)

สาหร่ายนอสตอค (*Nostoc* sp.) หรือสาหร่ายไข่หิน ดอกหิน เห็ดหิน เห็ดลาบ เห็ดยาควร (ไทย) ; Star shot , Star jelly , Witches' butter , Fairies' butter (ยุโรป) ; Ishikurage (ญี่ปุ่น) ; Koxiaumi , Fat tsai, Facai หรือ shi (จีน) (อาภารัตน์, 2550) มีลักษณะเป็นเส้นสาย โดยเส้นสายมีลักษณะบิดงอและอยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก โดยฝังตัวอยู่ในสารเมือกที่มีลักษณะเป็นวุ้นหนา มองดูเป็นก้อน เซลล์มีลักษณะกลม หรือค่อนข้างกลม เฮเทอโรซิสต์และอะคินีจะอยู่ติดกัน หรือใกล้เคียงกัน และอยู่ในเส้นสาย สาหร่ายชนิดนี้มักพบอยู่ตามพื้นดินที่ชื้นและหรือตามหน้าผาชื้นๆ นำมารับประทานได้ โดยเฉพาะ *Nostoc commune* Vaucher มีลักษณะเป็นก้อนกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 – 2 เซนติเมตร บางชนิดมีลักษณะเหมือนเส้นผม ทางใต้เรียกผักผม นำมารับประทานได้ สปีชีส์ที่พบ เช่น *N. azollae*, *N. caeruleum*, *N. carneum*, *N. comminutum*, *N. commune*, *N. ellipsosporum*, *N. flagelliforme* และ *N. linckia* เป็นต้น (“Nostoc”. <http://en.wikipedia.org/wiki/Nostoc>)

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *Nostoc*

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในสาหร่าย *Nostoc* พบว่า 100 กรัม ของสาหร่าย *Nostoc* มีโปรตีนสูงถึง 33.78% ไขมัน 0.28% คาร์โบไฮเดรต 51.19% วิตามิน A, B1, B2 แคลเซียม เหล็ก กรดอะมิโน ชนิดต่างๆ เช่น เมทไธโอนีน ไลซีน โพรลีน ไทโรซีน และอะลานีน (*Nostoc* Algae, 2554) ภายในเซลล์มีคลอโรฟิลล์ เอ รวมทั้งรงควัตถุสำคัญหลายชนิด เช่น แคโรทีน แซนโทฟิลล์ ไฟโคอีริทริน และไฟโคไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ช่วยในการเพิ่มสีให้ปลาสวยงาม (สาหร่ายนอสตอค, 2554)

สาหร่ายลอน (*Nostochopsis* sp.)

Nostochopsis มีชื่อสามัญ คือ สาหร่ายลอน หรือ อองลอน ทั้ลัสเป็นก้อนเมือกภายในมีเส้นสายจำนวนมากฝังอยู่ เมื่อยังอ่อนเป็นก้อนตัน เมื่ออายุมากขึ้นตรงกลางจะกลวง มีการแตกแขนงของเส้นสายหลายทิศทาง แขนงสั้นๆประกอบด้วย 2-3 เซลล์ มีเฮเทอโรซิสต์เกิดปลายแขนงสั้นๆ ส่วนแขนงยาวประกอบด้วยเซลล์จำนวนมาก เซลล์ตรงส่วนปลายมีลักษณะยาว เฮเทอโรซิสต์บางอันเกิดบนเส้นสาย

สาหร่ายชนิดนี้ขึ้นอยู่บนก้อนหินหรืออากาศเย็นที่มีน้ำไหลผ่าน เช่น ทางภาคเหนือของไทย ที่จังหวัดเชียงใหม่ มีขนาด 10-15 มิลลิเมตร ชาวเชียงใหม่เรียก ดอกหิน หรือ ไข่หิน ที่จังหวัดน่าน พบเจริญอยู่บนก้อนหินใต้น้ำ สปีชีส์ที่พบ เช่น *Nostochopsis hansgirgii* Schmidle, *Nostochopsis lobata* Wood ex Bornet et Flahault, *Nostochopsis radians* Bharadwaja, *Nostochopsis transvaalensis* Welsh และ *Nostochopsis wichmannii* Weber van Bosse เป็นต้น (*Nostochopsis*, CyanoDB.cz a database of cyanobacterial genera)

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายลอน

เมื่อทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ สาหร่ายลอนมีปริมาณโปรตีนราว 20% ใกล้เคียงกับเนื้อปลา มีวิตามินและเกลือแร่หลายชนิด โดยเฉพาะซีลีเนียมซึ่งมีสารป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระอยู่ถึง 409.8 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง นอกจากนี้มีแคลเซียมสูงมากถึง 12,378.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง (ยวดี, 2549)

รงควัตถุที่พบมากในสาหร่ายทั้งกลุ่มนี้ โดยเฉพาะกลุ่มแคโรทีนอยด์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง (Astorg, 1997 และ Edge และคณะ, 1997) รงควัตถุอีกกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญในการใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระก็คือสารกลุ่มไฟโคบิลิโปรตีน ซึ่งได้แก่ ไฟโคอีริทริน และไฟโคไซยานิน ซึ่งพบมากทั้งในสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis* นอกจากนี้ยังเป็นตัวช่วยทำให้ภูมิคุ้มกันร่างกายสูงขึ้น จากการทดลองของ Sekar และ Chandramohan (2008) พบว่าไฟโคไซยานินสามารถใช้เป็นสาร antioxidant, anti-inflammatory,

neuroprotective และ hepatoprotective activity อีกทั้งยังสามารถลดระดับ tumor necrosis factor (TNF- α) ใน blood serum ของหนูทดลองที่ฉีด endotoxin

ในปัจจุบันเราสามารถพบสาหร่ายสองกลุ่มนี้ได้เพียงบางช่วงเท่านั้น ไม่พบตลอดทั้งปี สาหร่ายลอนพบได้ในแม่น้ำน่านในช่วงฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนตุลาคม – พฤษภาคม ของทุกปี ซึ่งชาวบ้านนิยมนำมารับประทานโดยนำมาใช้เป็นอาหาร และผู้มีอายุนิยมรับประทานเป็นยาแก้ร้อนใน (ยูวดี และคณะ “นิเวศวิทยาและการใช้ประโยชน์ของสาหร่ายไคและลอนในลำน้ำน่านและลำน้ำโขง”) ในปัจจุบันมีการเก็บจากธรรมชาติเท่านั้น ยังไม่มีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสองกลุ่มนี้ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสองกลุ่มนี้จึงมีความจำเป็นสำหรับงานวิจัยนี้เพื่อการเก็บเกี่ยวผลผลิตไปใช้ได้ตลอดทั้งปี รวมทั้งศึกษาการนำไปใช้เพาะ เลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป

การใช้ประโยชน์ของสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis*

ยูวดี (2549) สาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis* ส่วนใหญ่นำมาใช้ในการเป็นอาหาร และยาของมนุษย์ เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง ในปัจจุบัน วว. ได้ทำการศึกษาและผลิตสาหร่ายไข่หิน ซึ่งมีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่า 100 กรัม ของสาหร่าย *Nostoc* มีโปรตีนไม่เกิน 33.78% ไขมัน 0.28% คาร์โบไฮเดรต 51.19% วิตามิน A, B1, B2 แคลเซียม เหล็ก กรดอะมิโน โอนิน ไลซีน โพรลีน ไทโรซีน อะลานีน เป็นต้น (*Nostoc* Algae. ออนไลน์ [เข้าถึงได้จาก] www.21Food.com วันที่ 25 กรกฎาคม 2554) *Nostochopsis* มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับสาหร่ายไค โดยมีปริมาณโปรตีนราว 20% ใกล้เคียงกับเนื้อปลา มีวิตามินและเกลือแร่หลายชนิด โดยเฉพาะซีลีเนียมซึ่งมีสารป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระอยู่ถึง 409.8 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังมีแคลเซียมสูงมากถึง 12,378.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

Atsushi (1951) ได้ทำการศึกษาชนิดกรดอะมิโนในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศได้ โดยสามารถสกัดแยกสาหร่ายได้หลายสายพันธุ์ ได้แก่ *Nostoc* sp. (จากเกาะชวา อินโดนีเซีย), *Tolypothrix tenuis* (จากเกาะบอร์เนียว), *Calothrix brevissima* (จากเกาะ Palau), และ *Anabaenopsis* sp. (จากเกาะสุมาตรา) โดยเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีส่วนผสมของ K_2HPO_4 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $CaCl_2$, $FeCl_3$ และ glucose ซึ่งไม่ผสมส่วนของสารประกอบไนโตรเจน กรดอะมิโนในเซลล์ของสาหร่าย รวมทั้งอาหารที่ใช้เลี้ยงถูกทดสอบด้วยวิธี paper-partition chromatography แม้ว่ากรดอะมิโนหลายชนิดจะถูกพบในเซลล์สาหร่าย แต่ในสารละลายภายนอกเซลล์ พบกรดอะมิโนในปริมาณน้อยหรือแทบไม่พบเลย มีเพียง *Calothrix brevissima* เท่านั้นที่มีการหลั่งกรด aspartic, glutamic และ alanine ในสารละลายภายนอกที่ได้จากการเพาะเลี้ยง

Pandey และ Pandey (2008) ศึกษาการผลิต *Nostochopsis lobatus* แบบมวลชีวภาพ ปริมาณรงควัตถุและสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่า *N. lobatus* สามารถผลิตสารต้านอนุมูลอิสระสูง ($46.12 \mu M$ AEAC) ซึ่งหากทำการทดลองแบบ immobilized cell cultures สามารถผลิตสารต้านอนุมูลอิสระสูงถึง

87.05 μM AEAC เมื่อทำการผสมฟอสฟอรัสและเหล็กลงไปเสริม พบว่าชีวมวล สี คุณค่าทางโภชนาการและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมากที่ pH 7.8 เมื่อพิจารณาแยกกันปรากฏว่าฟอสฟอรัสจะเป็นอาหารเสริมที่ดีกว่าเหล็กในการผลิตชีวมวล คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ แต่คุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณ phycoerythrin, phycoerythrin และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในการเสริมด้วยเหล็กจะมีประสิทธิภาพมากกว่า จากการศึกษา *N. lobatus* บ่งชี้ว่าจะเป็น bioresource ที่มีแนวโน้มการผลิตที่เพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพ ที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ รังควัตถุ และสารต้านอนุมูลอิสระ การศึกษายังชี้ให้เห็นว่าฟอสฟอรัสและเหล็กเป็นอาหารเสริมที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนา การเลี้ยงเชิงพาณิชย์ต่อไป

Khatoon และคณะ (2010) ได้ทำการทดลองนำสาหร่าย *Nostoc ellipsosporum* และ *Navicula minima* ที่ผสมกับไรแดง (*Daphnia*) เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงปลาทอง (*Carassius auratus*) เพื่อปรับปรุงด้านสีสันและการเจริญเติบโต โดยนำสาหร่ายผสมทั้งสองชนิดนั้นไปเลี้ยงปลาทองเป็นเวลา 10 วัน ผลปรากฏว่าชุดทดลองที่ให้สาหร่ายเสริมเป็นอาหาร มีการเจริญเติบโตดังนี้ Body weight Gain ($3.52\% \pm 1.2$), Specific growth rate (0.87 ± 0.41), Protein efficiency ratio (0.074 ± 0.05) และ Feed conversion ratio (0.024 ± 0.03) เมื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพของซาก (Carcass proximate composition) ของปลาทองพบว่า Moisture มีค่า 45.53%, Content Ash 58.0%, Total protein $7.66 \pm 0.03\%$, Total Lipid $15.64 \pm 0.011\%$, Glycogen $3.2 \pm 0.04\%$ และปริมาณแคโรทีนอยด์ $1.8 \pm 0.15\%$ โดยผลการทดลองมีค่าสูงกว่าชุดที่ไม่ผสมสาหร่ายอย่างมีนัยสำคัญ

Mona และคณะ (2011) ศึกษาการใช้ *Nostoc linckia* ในการเป็นแหล่งพลังงานไฮโดรเจน ซึ่ง *N. linckia* สามารถกำจัด Co(II) ออกจากสารละลายได้โดยใช้ *N. linckia* ในรูป immobilized biomass บรรจุอยู่ใน hydrogen bioreactor ซึ่งในการทดลองจะใช้ *N. linckia* เป็น biosorbent ค่า metal removal (Co(II)) สูงสุดถึง 97% ที่ pH 3.5 และอุณหภูมิ 25 °C ในสภาวะที่มี Co(II) 10 mg/L metal concentrations Yang และคณะ (2011) ศึกษาความเป็นพิษของสาหร่าย *Nostoc commune* var. *sphaeroides* Kützinger และ *Spirulina plantensis* ซึ่งนิยมใช้เป็นอาหารสุขภาพและสารสมุนไพร โดยศึกษาทั้งแบบ in vitro และ in vivo ผลการทดลองสรุปว่าสาหร่ายทั้งสองชนิดไม่พบสารพิษ microcystin (MC)-LA, MC-RR, MC-LW และ MC-LR เมื่อทดสอบโดยใช้เครื่อง LC/MS/MS จากการศึกษาในหนูทดลองที่ผสมสาหร่ายเป็นอาหารพบว่าน้ำหนักของหนูเพิ่มขึ้นตามปกติ ปริมาณ plasma alanine aminotransferase (ALT) และ aspartate aminotransferase อยู่ในระดับปกติ และไม่เป็นพิษต่อดับเช่นกัน โดยสรุปแล้วทั้ง *Nostoc commune* และ *Spirulina plantensis* ไม่มีสารพิษ microcystin แม้จะมีการบริโภคสาหร่ายถึง 5% เป็นระยะเวลานาน โดยไม่มีผลข้างเคียง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1 ระบบการอนุบาลปลาหางนกยูงผสมในกระชังเชิงพาณิชย์

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาการเจริญเติบโต

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) ทำการคัดเลือกปลา โดยที่มีอายุเฉลี่ย 2 ปี โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 2 ซ้ำแต่ละซ้ำมีปลา 20 ตัว ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ปลาหางนกยูงผสมที่มีขนาดใหญ่ (>800 กรัม)

ชุดการทดลองที่ 2 ปลาหางนกยูงผสมที่มีขนาดกลาง (400 - 800 กรัม)

ชุดการทดลองที่ 3 ปลาหางนกยูงผสมที่มีขนาดเล็ก (<400 กรัม)

ทุกหน่วยการทดลองเลี้ยงในบ่อขนาด 300 ตารางเมตร ผลิตอาหารผสมที่มีโปรตีน 30 % ประกอบด้วย ปลาป่น 7 % กากถั่วเหลือง 40 % ปลาขี้ขาว และ รำอย่างละ 21.5 % สาหร่าย สไปรูลินาสด 5 % อัตราการให้อาหารตลอดการทดลอง 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 1 ครั้ง (15.00-16.00 น.) ซึ่งจะทำให้การเลี้ยงเป็นระยะเวลา 9 เดือน ขณะที่เดียวกันจะศึกษาอัตราการเจริญเติบโตด้วยค่าต่างๆ ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอด และ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ตามสูตรดังต่อไปนี้

อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain) = น้ำหนักสุดท้าย-น้ำหนักเริ่มต้น

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; % ต่อวัน)

$$SGR = \frac{(\ln \text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น้ำหนักเมื่อเริ่มทดลอง}) \times 100}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}}$$

อัตราการเจริญเติบโต (Average daily growth; กรัมต่อตัวต่อวัน)

$$ADG = \frac{\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเมื่อเริ่มทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}}$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion rate; หน่วย)

$$FCR = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้(กรัม)}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}$$

$$\text{อัตราการรอด (survival rate; \%)} = \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือ} \times 100}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}}$$

กิจกรรมที่ 2 การตรวจการเจริญพันธุ์

2.1 สอร์โมนเพศ

เก็บตัวอย่างเลือดบริเวณโคนหางของปลา ประมาณ 1 ml จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง เพื่อแยกเอา serum ไปตรวจวัดระดับของฮอร์โมน 17β -estradiol และ testosterone โดยวิธี Electrochemiluminescence immunoassay (ECLIA) method (Roche Elecsys 1010 immunoassay analyzer; Elecsys Progesterone II Immunoassay, Roche Diagnostics Corporation, USA) ณ ภาควิชาสัตวศาสตร์และนรีเวชวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ECLIA มีหลักการในการวัดปริมาณสารโดยอาศัยปฏิกิริยา immune โดยใช้สารที่มีคุณสมบัติในการปล่อยพลังงานในรูปโฟตอนเป็นตัวติดตามแล้ววัดโฟตอนที่ปล่อยออกมาจากปฏิกิริยา(เอกสารประกอบชุดตรวจสอบ Progesterone II, 2001)

ดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonado somatic index)

จากสมการ

$$GSI = \frac{W_1}{W_2} \times 100$$

เมื่อ

W_1 = น้ำหนักของอวัยวะสืบพันธุ์

W_2 = น้ำหนักของปลา

ในการหาค่าความสมบูรณ์เพศ วิธีที่มีความเหมาะสมที่จะอธิบายความสมบูรณ์ทางเพศของปลา คือ ค่าน้ำหนักรังไข่สัมพัทธ์(Relative ovary weight) หรือดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonado somatic index)

สถิติที่ใช้ในการทดลอง

โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของหน่วยทดลอง Duncan's Multiple Range Test. (DMRT) ตามวิธีของ Tukey ด้วยโปรแกรม SPSS Version 11.5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2 การเพิ่มมูลค่าปลาแห้งลูกผสมด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไค

1. การเตรียมสาหร่ายไค

1.1 นำสาหร่ายไคจากกลุ่มแม่บ้าน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มาล้างด้วยน้ำประปาหลายๆ ครั้ง จนสะอาด จากนั้นนำมาผึ่งลมให้มีความเหมาะสมพอสมควร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 °C จนกว่าสาหร่ายจะแห้ง

1.2 นำสาหร่ายไคจากบ่อเลี้ยง ณ ฐานเรียนรู้ปลาบึก คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มาล้างด้วยน้ำประปาหลายๆ ครั้งจนสะอาด จากนั้นนำมาผึ่งลมให้มีความเหมาะสมพอสมควร นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 °C จนกว่าสาหร่ายจะแห้ง

2. การเตรียมสารสกัดน้ำของสาหร่ายไค

นำสาหร่ายแห้งตัดเป็นชิ้นเล็กๆ บดผสมกับน้ำกลั่นนำไปต้มที่ 90-100 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นกรองเอากากออก นำส่วนใสด้านบน (filtrate) ไประเหยให้แห้งโดยใช้ rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 60 °C ภายใต้สุญญากาศ ทำให้แห้งด้วยเครื่อง Freeze dry เก็บสารสกัดน้ำของสาหร่ายที่ได้ในตู้เย็น 4 °C วิธีการเตรียมสารสกัดน้ำของสาหร่ายไค แสดงในภาพที่ 3

สาหร่ายไคแห้งตัดเป็นชิ้นเล็กๆ บดผสมกับน้ำกลั่น

ต้มใน water bath ที่ 90-100 °C

เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วกรองส่วน filtrate ที่ได้ ระเหยให้แห้งโดยใช้ rotary evaporator

ที่อุณหภูมิ 60 °C ภายใต้สุญญากาศ

ทำให้แห้งด้วยเครื่อง Freeze dry

สารสกัดน้ำของสาหร่ายไค

3. การวิเคราะห์กลุ่มสารประกอบฟีนอลิกในสาหร่ายไค

ตรวจหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสาหร่ายไคเปรียบเทียบกับแหล่งเพาะเลี้ยง 2 แหล่ง เพื่อเลือกสาหร่ายไคจากแหล่งที่เหมาะสมที่สุด โดยอ้างอิงจากวิธีการของ Hammerschmidt และ Prat (1978) ดังนี้ ผสมสารสกัด 0.2 มล. กับ 10% Folin-Ciocalteu solution 1 มล. และ 7.5% sodium carbonate solution 0.8 มล. ทิ้งส่วนผสมที่ได้ไว้นาน 1 ชม. ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร คำนวณปริมาณกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกโดยเทียบกับ gallic acid (กรัม/100 กรัม)

4. เตรียมอาหารปลาเสริมสาหร่ายไค

เตรียมสาหร่ายไคแห้ง 3 ขนาดคือ 0, 2.5, 5 และ 10% ผสมกับวัตถุดิบในการทำอาหารปลาซึ่งประกอบด้วย ปลาป่น กากถั่วเหลือง ปลาขี้ขาว ราช้าง และสาหร่ายไค โดยมีปริมาณโปรตีน 30 % อัตรา

อาหารที่ให้ตลอดการทดลอง 3 % ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง (09.00-10.00 น. และ 15.00-16.00 น.)

5. การเตรียมปลาหมักผสม

ปลาหมักผสมอายุ 1 เดือน น้ำหนักประมาณ 50-60 กรัม จากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยนำปลามาพักให้ปรับตัวในกระชังก่อน ให้อาหารสำเร็จรูปปลากินพืชเป็นเวลาอย่างน้อย 7 วันเพื่อให้ปรับสภาพ

6. การเตรียมกระชัง

ใช้อวนมุ้งฟ้า ขนาดกระชัง 1.2x 1.2x 1.2 ลบ.ม. และติดตั้งกระชังโดยแขวนให้กระชังลึก 1 เมตร และห่างกันประมาณ 1 เมตร จำนวน 12 กระชัง โดยปล่อยปลาหมัก 20 ตัว /กระชัง

7. ศึกษาผลการเสริมสาหร่ายไคต่อการเจริญเติบโตของปลาหมักผสมในกระชัง

โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารที่มีสาหร่ายไคเป็นส่วนผสม	0	เปอร์เซ็นต์
ชุดการทดลองที่ 2 อาหารที่มีสาหร่ายไคเป็นส่วนผสม	2.5	เปอร์เซ็นต์
ชุดการทดลองที่ 3 อาหารที่มีสาหร่ายไคเป็นส่วนผสม	5	เปอร์เซ็นต์
ชุดการทดลองที่ 4 อาหารที่มีสาหร่ายไคเป็นส่วนผสม	10	เปอร์เซ็นต์

ทุกหน่วยการทดลองเลี้ยงในกระชัง ทำการตรวจการเจริญเติบโตเช่น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการและเนื้อ จากแต่ละหน่วยการทดลองทุก 1 เดือน และเลี้ยงเป็นระยะเวลานาน 7 เดือนตั้งแต่ ธันวาคมพ.ศ.2554 – กรกฎาคมพ.ศ.2555

การคำนวณการเจริญเติบโต

$$\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น} = \text{น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}$$

$$\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน} = \frac{\text{น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง}}$$

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG)} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{จำนวนวัน}}$$

$$\text{อัตราการแลกเนื้อ (FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

สถานที่ทำการทดลอง

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต ที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS/PC version 15 วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนด้วย ONE-WAY ANOVAตามด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยการทดลองเป็นรายคู่ด้วย Duncan ($p < 0.05$)

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลาหนังลูกผสมเพื่อเพิ่มมูลค่า

1. เก็บข้อมูลปริมาณการผลิตปลาหนังลูกผสมเบื้องต้น เพื่อเตรียมปลาเป็นวัสดุในการนำมาชำแหละเพื่อการจำหน่าย
2. จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการเก็บข้อมูลคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อปลาหนังลูกผสม
3. เก็บข้อมูลคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อปลาหนังลูกผสม โดยการนำปลามาชำแหละเอาเนื้อออกจากกระดูกที่ติดหัวและหาง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและเศษเหลือ จากนั้นจะนำเนื้อปลาที่ได้จากการตัดแต่งในรูปแบบที่หลากหลาย มาบรรจุลงในถาดโฟมก่อนนำไปบรรจุด้วยเครื่องสุญญากาศและนำไปเก็บในตู้แช่แข็งที่มีอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการจำหน่ายและประชาสัมพันธ์สินค้า
4. พัฒนาและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ปลาหนังลูกผสม โดยการพัฒนาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ปลาสดและผลิตภัณฑ์พื้นบ้านที่สะดวกในการจำหน่ายและการบริโภค
5. จัดเตรียมรูปแบบสินค้าและผลิตภัณฑ์ปลาหนังลูกผสมพร้อมออกสัมภาษณ์แก่ผู้บริโภคได้รู้จักและชิมสินค้าที่ได้จากการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ปลา

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4 การประยุกต์ใช้พืชท้องถิ่นพัฒนาสูตรอาหารเพื่อลดต้นทุนและเพิ่ม

ประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาหมอเชิงพาณิชย์

การเตรียมหน่วยทดลอง

ใช้กระชังทำด้วยเนื้อวนโพลีขนาดกระชัง คือ 1.2×2×1.5 เมตร (กว้าง×ยาว×ลึก) จำนวนกระชังทั้งหมด 12 กระชัง แขนงในบ่อดินขนาดพื้นที่ 1,000 ตารางเมตร ใช้วัสดุไม้ไผ่เป็นวัสดุพุงกระชังให้กันกระชังอยู่เหนือระดับพื้นบ่ออย่างน้อย 50 เซนติเมตร และรักษาระดับให้ขอบด้านบนของ

กระชังอยู่เหนือผิวน้ำ 30 เซนติเมตร เพื่อให้มีส่วนของกระชังแช่อยู่ในน้ำ 120 เซนติเมตร ตลอดการทดลอง

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกปลาหม่ออายุประมาณ 60-75 วัน ขนาดความยาวประมาณ 2-3 นิ้ว จากฟาร์มเพาะเลี้ยงเอกชนในเชียงใหม่ มาพักในกระชังขนาด 5 ตารางเมตร ที่ความหนาแน่น 200 ตัวต่อตารางเมตร เพื่อให้ลูกปลปรับตัวเป็นเวลา 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นทำการสุ่มนับและชั่งน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้นก่อนปล่อยลงเลี้ยงในกระชังทดลองที่ความหนาแน่น 25 ตัวต่อตารางเมตร ให้อาหารด้วยอาหารชุดควบคุมเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ปลาปรับสภาพก่อนเริ่มให้อาหารทดลอง โดยน้ำหนักเริ่มต้นของลูกปลาหม่อทดลองมีค่าเฉลี่ย 4.99 ± 0.02 กรัมต่อตัว

การวางแผนการทดลองและอาหารทดลอง

ศึกษาผลของการทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองร่วมกับไขมันสำปะหลังต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มผลผลิตในการเลี้ยงปลาหม่อไทย ได้ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatment) ตามปริมาณถั่วเหลืองที่ใช้ทดแทนปลาป่น 15 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับไขมันสำปะหลังในอาหารระดับต่างๆ กัน แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ปลาป่นไม่ผสมถั่วเหลือง (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 ปลาป่น+ถั่วเหลือง+ไขมันสำปะหลัง 2 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 3 ปลาป่น+ถั่วเหลือง+ไขมันสำปะหลัง 3.5 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 4 ปลาป่น+ถั่วเหลือง+ไขมันสำปะหลัง 5 เปอร์เซ็นต์

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารเม็ดชนิดจมน้ำที่ทำขึ้นเองมีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยใช้ถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นบางส่วนที่อัตรา 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ กัน วัตถุดิบที่ใช้เตรียมอาหารทดลองประกอบด้วย ปลาป่น กากถั่วเหลือง ปลาขี้ขาว รำข้าว และถั่วเหลือง โดยทำการคั่วถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 - 45 นาที แล้วนำไปบดให้ละเอียดในเครื่องบดอาหาร สำหรับไขมันสำปะหลังต้องนำไปตากแดดให้แห้งอย่างน้อย 1 วัน แล้วนำไปบดให้ละเอียดเป็นผง หลังจากนั้นนำวัตถุดิบทั้งหมดมาผสมคลุกเคล้าให้ทั่ว เติมน้ำสะอาดเล็กน้อยเพื่อให้ส่วนผสมสามารถเกาะตัวจึงนำไปทำการอัดเม็ด จากนั้นผึ่งให้แห้งและบรรจุถุงเก็บไว้ในตู้เย็น นำอาหารทดลองไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตามวิธีการมาตรฐานของ AOAC กำหนดอัตราการให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน เวลา 9.00 - 10.00 น. และ 15.00 - 16.00 น. พร้อมปรับปริมาณอาหารให้สอดคล้องกับน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นทุก 20 วัน เป็นระยะเวลา 110 วัน



ภาพที่ 4 การอัดส่วนผสมอาหารทดลองและลักษณะอาหารชนิดผงน้ำที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 6 สารอาหารของวัตถุดิบอาหารสำหรับผลิตสูตรอาหารเม็ดเลี้ยงปลาหมอที่มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสัดส่วน ดังนี้

วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์โปรตีน	สัดส่วนที่ใช้ (เปอร์เซ็นต์)
ปลาป่น	57.89	30.0
ถั่วเหลือง	38.00	-
กากถั่วเหลือง	43.99	32.0
รำข้าว	11.11	28.0
ปลายข้าว	7.60	10.0

ตารางที่ 7 สัดส่วนของวัตถุดิบในการผลิตสูตรอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ

วัตถุดิบ	สัดส่วนที่ใช้ (เปอร์เซ็นต์)			
	สูตร 1 ไม่ผสมถั่ว เหลือง	สูตร 2 ถั่วเหลือง 15 % ไขมันสำปะหลัง 2%	สูตร 3 ถั่วเหลือง 15 % ไขมันสำปะหลัง 3.5 %	สูตร 4 ถั่วเหลือง 15 % ไขมันสำปะหลัง 5 %
ปลาป่น	30.0	25.0	25.0	25.0
ถั่วเหลือง	0.0	4.5	4.5	4.5
ไขมันสำปะหลัง	0.0	2.0	3.5	5.0
กากถั่วเหลือง	32.0	35.0	35.0	35.0
รำข้าว	28.0	23.5	22.0	20.5
ปลายข้าว	10.0	10.0	10.0	10.0
รวม	100.0	100.0	100.0	100.0
พลังงาน (KJ)	15.63	15.60	15.54	15.48

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์) ของอาหารที่ใช้ในการทดลอง

ไขมันล่าปะหลัง (เปอร์เซ็นต์)	ความชื้น (%)	น้ำหนักแห้ง (%)				
		โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เยื่อใย	เถ้า
0	7.66±0.07	35.48±0.32	9.38±0.16	40.14±0.15	4.55±0.16	10.44±0.01
2.0	7.79±0.01	35.17±0.03	9.21±0.16	40.63±0.19	4.49±0.09	10.49±0.01
3.5	7.39±0.01	35.16±0.05	9.13±0.19	40.73±0.24	4.54±0.12	10.44±0.02
5.0	7.80±0.19	35.01±0.22	9.81±0.13	40.16±0.38	4.63±0.18	10.38±0.02

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SE)

การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

ตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเมื่อเริ่มต้นและทุก 30 วันจนเสร็จสิ้นการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิและออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วยเครื่อง oxygen meter (YSI Model 59) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใช้เครื่อง pH meter (HI 9812) ค่าแอมโมเนียและไนโตรที่วิเคราะห์หาค่าโดยใช้ spectrophotometer (Hach DR/2000)

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

ทำการสุ่มปลาขึ้นมา 30 เปอร์เซ็นต์ของปลาแต่ละกระชังชั่งน้ำหนักมีหน่วยเป็นกรัมทุก 20 วันตลอดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการนับจำนวนปลาและชั่งน้ำหนักแต่ละชุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณค่าต่างๆ ดังนี้

1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (weight gain; กรัม)
= น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม) – น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)
2. การเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR; เปอร์เซ็นต์/วัน)
= $[(\ln \text{ น.น.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น.น.ปลาเมื่อเริ่มต้น}) / \text{ระยะเวลาทดลอง}] \times 100$
3. ปริมาณอาหารที่ปลากินทั้งหมด (TFI; กรัม/ตัว)
= น้ำหนักอาหารทั้งหมดที่ปลากิน/จำนวนปลา
4. อัตราการกินอาหาร (DFI; เปอร์เซ็นต์/วัน)
= $\frac{(\text{น.น.อาหารที่ปลากินเฉลี่ยต่อวัน} \times 100)}{(\text{น.น.ปลาเริ่มต้น} + \text{น.น.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}) / 2}$

5. อัตราแลกเนื้อ (FCR)

= น้ำหนักอาหารที่ปลากิน/น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น

6. อัตราการรอดตาย (Survival ; เปอร์เซ็นต์)

= (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง/จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้น) $\times$ 100

7. ผลผลิตรวมทั้งหมด (Total biomass ; กิโลกรัม/กระชัง)

= น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละกระชัง

8. ผลผลิต (Total Biomass : กิโลกรัม/กระชัง)

= น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละกระชัง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และต้นทุนการผลิตที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5 การศึกษาการเลี้ยงปลานิลด้วยความหนาแน่นสูงในบ่อคอนกรีตที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด สัตว์ทดลอง

ลูกปลานิล ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นลูกปลานิลขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 22-28 กรัม ที่ซื้อมาจากโรงเพาะฟักของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คัดลูกปลานิลในขนาดที่ต้องการ โดยให้มีขนาดใกล้เคียงกัน และคัดเฉพาะปลาที่มีความแข็งแรง ลำตัวปกติ

วิธีการ

1.1 นำลูกปลานิลขนาด 22-28 กรัม (อายุประมาณ 60 วัน) มาเลี้ยงในบ่อคอนกรีต เพื่อทำการปรับสภาพปลาก่อนทำการทดลอง

1.2 คัดลูกปลานิลในขนาดที่ต้องการ โดยให้มีขนาดใกล้เคียงกัน และคัดเฉพาะปลาที่มีความแข็งแรง ลำตัวปกติ เพื่อทดลองเลี้ยงในบ่อคอนกรีตกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 120 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) แบ่งการทดลองเป็น 3 ทรีตเมนต์ๆละ 3 ซ้ำโดยให้

ทรีตเมนต์ที่ 1 เป็นการเลี้ยงปลาในอัตราความหนาแน่น 10 ตัว (43ตัว/ลบ.ม.)

ทรีตเมนต์ที่ 2 เป็นการเลี้ยงปลาในอัตราความหนาแน่น 20 ตัว (86ตัว/ลบ.ม.)

ทรีตเมนต์ที่ 3 เป็นการเลี้ยงปลาในอัตราความหนาแน่น 30 ตัว (129ตัว/ลบ.ม.)

1.3 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ แอมโมเนีย ในไตรท์ และไนเตรต สัปดาห์ 1 ครั้งในวันพุธ

1.4 ทำการชั่งน้ำหนักปลาเพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตทุก 2 สัปดาห์ ในระยะเวลาการเลี้ยง ไม่ต่ำกว่า 12 สัปดาห์

การคำนวณการเจริญเติบโต

$$\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น} = \text{น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}$$

$$\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน} = \frac{\text{น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง}}$$

ระยะเวลาเลี้ยง

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG)} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{จำนวนวัน}}$$

$$\text{อัตราการแลกเนื้อ (FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน}}$$

การดำเนินการศึกษา

1.1 เตรียมบ่อซีเมนต์กลม ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 120 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร

1.2 เตรียมน้ำที่ใช้ในการทดลอง ระดับน้ำสูง 25 เซนติเมตร โดยมีเครื่องกรองน้ำและออกซิเจนเพื่อเพิ่มอากาศ

1.3 นำลูกปลานิลแดงขนาด 22-28 กรัม มาปล่อยลงเลี้ยงในบ่อซีเมนต์กลม หน่วยการทดลองที่ 1 จำนวน 3 บ่อๆ ละ 10 ตัว หน่วยการทดลองที่ 2 จำนวน 3 บ่อๆ ละ 20 ตัว และหน่วยการทดลองที่ 3 จำนวน 3 บ่อๆ ละ 30 ตัว

1.4 การให้อาหาร อาหารที่ใช้เป็นอาหารสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำ ซึ่งมีปริมาณโปรตีนประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยให้วันละ 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ เวลา 8.00 น. และครั้งที่ 2 ให้เวลา 17.00 น. ให้ปลากินจนอิ่ม ตลอดระยะเวลาในการทดลอง 120 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลของอัตราแลกอาหารเป็นเนื้อ (FCR) โดยใช้วิธีวิเคราะห์ ANOVA (One way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองตามวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6 การเลี้ยงปลาหมอเทศเดี่ยวเพื่อผลประโยชน์ทางการค้า

การเตรียมหน่วยทดลอง

วิธีการ

เตรียมปลาหมอไทยอายุ 1 เดือน ที่มีขนาดใกล้เคียงประมาณ 0.2 – 0.3 กรัม อัตราการปล่อย 30 ตัว/ตารางเมตร โดยนำปลามาพักให้ปรับตัวในบ่อซีเมนต์ก่อน ให้อาหารด้วยอาหารสำเร็จรูปปลากินเนื้อเป็นเวลาอย่างน้อย 7 วันเพื่อให้ปลาปรับสภาพ ทำการลุ่มนับและชั่งน้ำหนัก ลูกปลาเริ่มต้น ก่อนเริ่มทำการทดลอง

บ่อทดลอง

เตรียมบ่อซีเมนต์ ขนาด 1.5 x 2.0 x 60 ลบ.ม. จำนวน 9 บ่อ จำนวน 3 บ่อ (3 หน่วยการทดลอง) จากนั้นศึกษาผลการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบคละเพศและเพศเดี่ยวโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) แบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 ปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบคละเพศ

ชุดการทดลองที่ 2 ปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเพศเดี่ยว: เพศเมียล้วน

ชุดการทดลองที่ 3 ปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเพศเดี่ยว: เพศผู้ล้วน

ทุกหน่วยการทดลอง เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ ทำการตรวจการเจริญเติบโต เช่น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการแลกเนื้อ อัตราการรอด จากแต่ละหน่วยการทดลอง ทุก 2-4 สัปดาห์ และเลี้ยงนาน 12 สัปดาห์

การคำนวณการเจริญเติบโต

น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight) = (น้ำหนักปลาทั้งหมด/จำนวนปลาทั้งหมด)

น้ำหนักเพิ่ม (Weight gain) = (น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง - น้ำหนักปลาเริ่มต้น)

น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (ADG) = $\frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง} - \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) = $\frac{\text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$

อัตราการรอด (Survival rate %) = $\frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง}}{\text{จำนวนปลาที่เริ่มต้นการเลี้ยง}} \times 100$

(วิมล และคณะ, 2535)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการเติบโตของปลาหมอไทย โดยวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละหน่วยการทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละหน่วยการทดลอง โดยวิธีของ Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5.0

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำได้แก่อุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจนไนไตรท์-ไนโตรเจนไนเตรท-ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกๆ 7 วันหลังจากปล่อยปลาจนสิ้นสุดการทดลองโดยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ	วิธีการวิเคราะห์
อุณหภูมิ (°C)	DO meter (YSI model 59)/Thermometer
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH meter (HI 9812)
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	DO meter (YSI model 59)
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg/l)	Phenol method
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (mg/l)	Coupling method
ไนเตรท-ไนโตรเจน (mg/l)	Cadmium reduction method
ฟอสฟอรัส (mg/l)	Stannous chloride method

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละ treatment ($p < 0.05$) โดยวิธีของ Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5.0

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7 การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเหงือกในปลานิล (*Flavobacterium columnare*) เพื่อพัฒนาเป็นวัคซีนป้องกันโรค

1. การแยกเชื้อแบคทีเรียจากปลาที่เป็นโรค

สุ่มแยกตัวอย่างแบคทีเรียจากปลาอ่อนแอและปลานิลที่มีอาการของโรคเหงือกและตัวต่าง จากบ่อเลี้ยงปลานิลในจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูนและเชียงราย โดยแยกเชื้อแบคทีเรียจากภายนอกลำตัวปลา ด้วยการตัดอวัยวะที่เป็นโรค บริเวณเหงือก ครีบ เมื่อกบนผิวหนังลำตัว ทำการบดในน้ำเกลือเข้มข้น 0.6 – 0.8 % ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นเจือจางสารละลายตัวอย่างที่ได้ในน้ำกลั่นแบบ 10 เท่า (10-fold dilution) แล้วดูดสารละลายที่ได้แต่ละความเข้มข้น จำนวน 100 ไมโครลิตร (0.1 ml) Streak สารละลายแบคทีเรียที่ทำการเจือจางเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 5 ปลานิลแดงที่ติดโรคและมีอาการของโรคเหงือก

2. ทดสอบความสามารถของแบคทีเรียในการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรต่างกัน
ตารางที่ 10 อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง สูตร CPA 1, CPA 2, CPA 3, CPA 4

CPA 1	CPA 2	CPA 3	CPA 4
Tryptone 0.13 g	Tryptone 0.13 g	Tryptone 0.125 g	Peptone 2.5 g
Yeast extract 0.13 g	Yeast extract 0.13 g	Yeast extract 0.125 g	Yeast extract 0.25 g
Beef extract 0.13 g	Beef extract 0.13 g	-	BaCl ₂ (H ₂ O) ₂ 0.01g
Agar 2.5 g	Agar 2.5 g	Agar 2.0 g	K ₂ HPO ₄ 0.05g
Gelatin 0.5 g	Gelatin 0.5 g	Gelatin 0.5 g	KH ₂ PO ₄ 0.03 g
Sodium Acetate 0.05 g	-	Sodium Acetate 0.05 g	Sodium acetate 0.01 g
			MgSO ₄ 7H ₂ O 0.15 g
			CaCl ₂ 2H ₂ O 0.0034 g
			FeSO ₄ 7H ₂ O 0.0005 g
			NaHCO ₃ 0.03 g
			Noble agar 5 g

ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 250 ml แล้วปรับ pH 7.2 แล้วนำไป Autoclave	ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 250 ml แล้วปรับ pH 7.2 แล้วนำไป Autoclave	ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 250 ml แล้วปรับ pH 7.2 แล้วนำไป Autoclave	ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 500 ml แล้วปรับ pH 7.2 แล้วนำไป Autoclave รอให้อุ่นแล้วเติม Tobramycin 0.0005 g Neomycin 0.1 ml(100 ไมโครลิตร)
---	--	--	---

3. การทดสอบคุณสมบัติของเชื้อแบคทีเรีย *Flavobacterium columnare*

หลังจากบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 26 – 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 – 24 ชั่วโมง แล้วทำการจดบันทึกลักษณะของเชื้อต่าง ๆ บนอาหารเลี้ยงเชื้อ บันทึกขนาดและสี จากนั้นนำเชื้อไปย้อมสีผนังเซลล์ และทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีเบื้องต้น เช่น การสร้างเอนไซม์แคตาเลส (catalase) ความสามารถของแบคทีเรียในการใช้ citrate เป็นแหล่งคาร์บอนหลักและใช้เกลือแอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจน การทดสอบว่าเชื้อมีการสร้างเอนไซม์ cytochrome oxidase



ภาพที่ 6 การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของเชื้อแบคทีเรีย และการย้อมสีผนังเซลล์ดูลักษณะของเชื้อ

สำหรับ *Flexibacter (Flavobacterium) columnaris* ไม่จำเป็นต้องใช้ขบวนการทางชีวเคมีในการทดสอบ เพียงแต่ใช้สไลด์เปียก (wet mount) เพื่อดูว่าเป็นแบคทีเรียแท่งยาว (long rod-shaped) และมีการเคลื่อนที่แบบคืบคืบหรือคืบคลาน (gliding motility) รวมถึงการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อจากบริเวณบาดแผลแล้วสังเกตการรวมกลุ่มของแบคทีเรียลักษณะคล้ายกองฟาง (haystack-like) สามารถยืนยันโดยการย้อมแกรมได้ผลเป็นแบคทีเรียแกรมลบลักษณะเป็นแท่งยาว

4. ปลานิลสำหรับทดลองให้วัคซีน

นำปลานิลที่แข็งแรงจากฟาร์มอนุบาลที่เชื่อถือได้ในจังหวัดเชียงใหม่ มาพักปรับสภาพในกระชังที่วางไว้ในบ่อดินของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ นาน 14 วัน ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 2% ของน้ำหนักตัว

a. การเตรียมวัคซีน

นำเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่แยกได้จากข้อ 3 มาเลี้ยงในอาหารเหลว TSB นาน 16 – 24 ชั่วโมง จากนั้นปั่นแยกเซลล์และล้างด้วยน้ำเกลือที่ฆ่าเชื้อแล้ว 2 ครั้ง ปรับความเข้มข้นเซลล์แบคทีเรียให้ได้ 10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วย formalin โดยปรับให้ได้ความเข้มข้นสุดท้าย 1.5% เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 24 – 36 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นล้างฟอร์มาลินออกด้วยน้ำเกลือที่ฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง จากนั้นนำไปทดสอบว่า ไม่มีแบคทีเรียสามารถเจริญได้นบนอาหาร TSA

b. การตรวจสอบประสิทธิภาพของวัคซีน

ประสิทธิภาพของวัคซีนจะพิจารณาจากอัตราการรอดตายของปลานิลที่ได้รับวัคซีนและไม่ได้รับวัคซีน หลังจากฉีดเชื้อ *Flavobacterium columnare* ที่มีความรุนแรงสูง เข้าช่องท้องปลา ในปริมาณ 1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

c. การศึกษาในสภาพการเลี้ยงจริง

คัดเลือกเกษตรกรอาสาที่เลี้ยงปลานิลในบ่อดินและในกระชังที่ต้องการจะทดลองใช้วัคซีนเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดโรคเหงือกเน่า โดยใช้ปลานิลที่มีขนาดเดียวกัน เลี้ยงในบ่อดินที่ขนาดพื้นที่และความหนาแน่นใกล้เคียงกัน จำนวน 2 บ่อเป็นอย่างน้อย (ได้รับวัคซีนและไม่ได้รับวัคซีน) และปลานิลที่เลี้ยงในกระชัง จำนวน 2 กระชังเป็นอย่างน้อย (ได้รับวัคซีนและไม่ได้รับวัคซีน) ให้อาหารปลานิลจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง



ภาพที่ 7 การทดสอบประสิทธิภาพของวัคซีนในปลานิลดำ

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8 ศักยภาพการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis* เพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมในปลาสวยงาม

วิธีการ

ขั้นตอนในการรวบรวม คัดแยก และคัดเลือกสายพันธุ์ *Nostoc* และ *Nostochopsis*

1. รวบรวมสายพันธุ์ *Nostoc* และ *Nostochopsis* จากแหล่งที่อยู่ต่างๆ จำนวน 5 แหล่งในบริเวณภาคเหนือ โดยเก็บตัวอย่างสาหร่ายที่เกาะอยู่บน Substrate ชนิดต่างๆ ด้วยช้อนหรือมิด ใสลงในกระป๋องพลาสติก เก็บรักษาในอุณหภูมิประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส แล้วนำไปจำแนกชนิดสาหร่ายในห้องปฏิบัติการโดยใช้กล้องจุลทรรศน์และถ่ายรูปเส้นสายของแต่ละสปีชีส์ ใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาในการจัดจำแนกตามวิธีการ Desikachary (1959), Anagnostidis and Komarek (1990), Komarek and Anagnostidis (1989) and Castenholz (2001)

2. นำโคโลนีของสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis* ที่ทำการจัดจำแนกโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาแล้ว มาล้างด้วยน้ำกลั่น และฆ่าเชื้อด้วย Ethyl alcohol 10 % แล้วฆ่าเชื้อต่อด้วย Clorox 5 % แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อแล้วหลายๆ ครั้ง เชื้อเชื้อบนอาหารวุ้นกึ่งแข็ง โดยวิธีการขีดเชื้อ (Streak plate) แล้วเพาะเลี้ยงจนได้เชื้อเดี่ยว (Uni-agal culture) ในอาหารวุ้น BG-11 สูตรปรับปรุง (ถักสรดา, 2549)

3. นำไปเพาะเลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 26 ± 2 องศาเซลเซียส วางบนชั้นที่มีหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ ความเข้มแสงประมาณ 2,000 ลักซ์ ให้แสงตลอดเวลา เปลี่ยนอาหารใหม่ทุก 2 สัปดาห์

4. คัดเลือกสาหร่าย *Nostoc* 8 ไอโซเลต และ *Nostochopsis* 3 ไอโซเลต นำไปตรวจวิเคราะห์ไมโครซิสทีน ด้วยชุด The QuantiPlate™ Microcystin Kit (EP 022) (Envirologix™) นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง 450 nm จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน เพื่อหาปริมาณไมโครซิสทีนในตัวอย่าง โดยตัวอย่างสาหร่ายที่ทำการคัดเลือกเพื่อใช้ทดสอบในขั้นตอนต่อไป ต้องตรวจไม่พบสารพิษไมโครซิสทีน

5. คัดเลือกสาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่สุดของสาหร่าย *Nostoc* ที่มีปริมาณเมือกมาก เมือกปานกลาง และเมือกน้อยอย่างละ 2 ไอโซเลต และคัดเลือกสาหร่าย *Nostochopsis* ที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุด 1 ไอโซเลต เพื่อคัดเลือกสาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุดไปหาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตต่อไป โดย นำสาหร่ายทั้ง 7 ไอโซเลต ไปเลี้ยงบนอาหารวุ้น BG-11 สูตรปรับปรุง ที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5% ทั้งหมด 21 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ขั้ว บันทึกการเจริญเติบโตของสาหร่ายในวันที่ 14 โดยชั่งน้ำหนักแห้งตามวิธีการของ Oris (2003) นำน้ำหนักแห้งที่ได้มาคำนวณอัตราการเจริญจำเพาะ (specific growth rate: μ) และระยะเวลาที่เซลล์เพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (doubling time: t_d) ตามสูตร

$$\text{Specific growth rate } (\mu) = \frac{\ln (X_i/X_0)}{T_i - T_0}$$

$$\text{Doubling time : } t_d = 0.693 / \mu$$

$$X_i = \text{น้ำหนักรเซลล์ในช่วงที่เพาะเลี้ยง} \quad X_0 = \text{น้ำหนักรจำนวนเซลล์เริ่มต้น}$$

$$T_i = \text{ช่วงสัปดาห์ที่ทำการเพาะเลี้ยง} \quad T_0 = \text{สัปดาห์ที่เริ่มต้น}$$

6. คัดเลือกสาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดของสาหร่าย *Nostoc* ที่มีปริมาณเมือกมาก เมือกปานกลาง และเมือกน้อย และสาหร่ายที่มีอัตราการเจริญเติบโตบนอาหารวุ้นน้อยที่สุดอย่างละ 1 ไอโซเลท และคัดเลือกสาหร่าย *Nostochopsis* ที่มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด 1 ไอโซเลท นำมาเลี้ยงในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงที่ผสมโซเดียมอัลจิเนต (sodium alginate) 0, 0.25 และ 0.5% ตามลำดับ เพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงสาหร่ายทั้งสองชนิด โดยแบ่งการทดลองทั้งหมด 15 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ขั้ว บันทึกการเจริญเติบโตของสาหร่ายในวันที่ 16 โดยชั่งน้ำหนักแห้งตามวิธีการของ Oris (2003) นำน้ำหนักแห้งที่ได้มาคำนวณค่า μ และ t_d ตามสูตรข้างบน

การเพาะเลี้ยง *Nostoc* และ *Nostochopsis* ระดับห้องปฏิบัติการ การเก็บเกี่ยวผลผลิต การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณรงควัตถุ

1. นำสาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดในข้อ 6 ของสาหร่าย *Nostoc* จำนวน 2 ไอโซเลท และสาหร่าย *Nostochopsis* จำนวน 1 ไอโซเลท มาเลี้ยงในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงที่ผสม sodium alginate ในความเข้มข้นที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ระยะเวลา 21 วัน โดยแบ่งการทดลองทั้งหมด 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ขั้ว บันทึกการเจริญเติบโตของสาหร่ายในวันที่ 21 โดยชั่งน้ำหนักแห้งตามวิธีการของ Oris (2003) นำน้ำหนักแห้งที่ได้มาคำนวณค่า μ และ t_d ตามสูตรข้างบน

2. ทำการขยายขนาดการเพาะเลี้ยงโดยใช้ขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร บรรจุอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุง และอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงที่ผสม sodium alginate ในความเข้มข้นที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในอัตราส่วน อาหาร 1 ลิตร ต่อปริมาณสาหร่ายสดเทียบเป็นน้ำหนักแห้ง 100 มิลลิกรัม ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อครบระยะเวลา 21 วัน นำสาหร่ายสดทั้งสองชนิดไปทำการวิเคราะห์เพื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณรงควัตถุของสาหร่ายสดที่เลี้ยงในอาหารทั้งสองสูตร นำสาหร่ายสดส่วนที่เหลือไปอบด้วยตู้บ่มเชื้อ ที่อุณหภูมิ 55 °C จนแห้ง นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น หลังจากนั้นนำไปล่อนด้วยตะแกรงล่อนสาหร่ายขนาด 150 ไมครอน เพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณรงควัตถุของสาหร่ายแห้งที่เลี้ยงในอาหารทั้งสองสูตร

3. ทดสอบคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis* ที่เลี้ยงในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุง และอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงที่ผสม Sodium alginate ในความเข้มข้นที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการบางประการในสาหร่ายทั้ง 2 กลุ่ม ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย ตามวิธีการ AOAC. 1995 อ้างโดย นิวุฒิ,

(2556) ค่าแคโรทีนอยด์ ตามวิธีการของ KMUTT (2001) ค่าไฟโคไซ-ยานิน และไฟโคเออร์ริริน ตามวิธีการของ Lawrenz (2011) ตามวิธีการต่าง ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 1995 อ้างโดย นิวุฒิ, 2556)

การหาความชื้นในอาหารเป็นการหาค่าตัวอย่างเปียกแล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณกลับโดยวิธีที่ทำได้ง่ายที่สุดคือ การทำให้แห้ง ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้คำนวณหาปริมาณน้ำที่สูญเสียไปหลังจากที่ทำให้วัสดุแห้งแล้ว ตามสูตรดังนี้

$$\text{คำนวณหา \% ความชื้น} = \left(\frac{ก - ข}{ก} \right) \times 100$$

เมื่อ ก = น้ำหนักขวดซึ่งรวมตัวอย่างก่อนอบแห้ง

ข = น้ำหนักขวดซึ่งรวมตัวอย่างหลังอบแห้งจนได้น้ำหนักที่แน่นอน

ค = น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

3.2 การวิเคราะห์เถ้า (AOAC, 1995 อ้างโดย นิวุฒิ, 2556)

ทำการวิเคราะห์โดยการใช้ความร้อนในการเผาผลาญสารอินทรีย์ให้หมดไป ให้คงเหลือแต่ปริมาณสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารตามสูตรดังนี้

$$\text{คำนวณหา \% เถ้าทั้งหมด} = \left(\frac{ก - ข}{ก} \right) \times 100$$

เมื่อ ก = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องรวมตัวอย่างหลังเผา

ข = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังเผา

ค = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.3 การวิเคราะห์โปรตีน (AOAC, 1995 อ้างโดย นิวุฒิ, ม.ป.ป.)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในสารอาหารนั้นๆ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ไนโตรเจน ทำได้โดยการเปลี่ยนไนโตรเจนที่มีในอาหารให้กลายเป็น $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาไตเตรทด้วยสารละลาย NaOH ที่ทำให้เป็นกลางด้วยปริมาณของที่ได้จากไนโตรเจนในอาหาร จากนั้นคำนวณหาปริมาณของไนโตรเจนได้ตามต้องการ ตามสูตรดังนี้

$$\text{คำนวณหา \% ไนโตรเจน} = \left(\frac{(ข - ก) \times 0.014 \times ค}{ด} \right) \times 100$$

เมื่อ ก = มิลลิลิตรของ NaOH มาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทสารละลายจากตัวอย่าง

ข = มิลลิลิตรของ NaOH มาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทสารละลายจากBlank

ค = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH มาตรฐานที่ใช้

ด = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

ดังนั้น % โปรตีน = % ไนโตรเจน $\times 6.25$

3.4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 1995 อ้างโดย นิวุฒิ, 2556)

การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (ether extract หรือ crude fat) ทำได้โดยการสกัดตัวอย่างอาหารโดยใช้ตัวทำละลายไขมันที่เป็นสารละลายประเภท organic solvent โดยใช้ชุดอุปกรณ์ที่เรียกว่า extraction apparatus ตามสูตรดังนี้

$$\text{คำนวณ \% ไขมัน} = \left(\frac{\text{ข} - \text{ก}}{\text{ค}} \right) \times 100$$

เมื่อ ก = น้ำหนักขวดกันเบน

ข = น้ำหนักขวดกันเบนหลังสกัดไขมันและอบแห้ง

ค = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.5 การวิเคราะห์เยื่อใย (AOAC, 1995 อ้างโดย นิวุฒิ, 2556)

สามารถทำได้โดยการต้มตัวอย่างด้วยกรดซัลฟิวริก แล้วให้นำตัวอย่างไปกรองจนแห้งสนิท จากนั้นนำการตัวอย่างที่ได้มาไปต้มอีกครั้งด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ นำตัวอย่างมากรองอีกครั้งหนึ่ง แล้วนำการที่ได้ไปอบ แล้วทำการชั่งน้ำหนักของตัวอย่างส่วนที่เหลือซึ่งน้ำหนักที่ได้นี้จะนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของเยื่อใย โดยส่วนที่หายไปนั้นคือ เยื่อใยหยาบ (crude fiber) ซึ่งประกอบด้วย hemicelluloses, cellulose และ lignin

3.6 การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1995 อ้างโดย นิวุฒิ, 2556)

การคำนวณหาคาร์โบไฮเดรตเป็น % ทำได้โดยการนำเอา 100 มาลบออกจาก % ความชื้นของตัวอย่าง % เถ้าของตัวอย่าง % โปรตีนของตัวอย่าง % ไขมันของตัวอย่าง % เยื่อใยของตัวอย่าง ค่าที่ได้คือ ค่าของ % ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก หรือ คาร์โบไฮเดรตนั่นเอง ตามสูตรดังนี้

$$\% \text{ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกซ์ (คาร์โบไฮเดรต)} = 100 - \text{ช} - \text{ถ} - \text{ป} - \text{ข} - \text{ย}$$

เมื่อ ช = % ความชื้นของตัวอย่าง

ถ = % เถ้าของตัวอย่าง

ป = % โปรตีนของตัวอย่าง

ข = % ไขมันของตัวอย่าง

ย = % เยื่อใยของตัวอย่าง

3.7 การวิเคราะห์ปริมาณแคลโรทีนอยด์ (KMUTT, 2001)

ทำการสกัดแคลโรทีนอยด์ โดยใช้เอทานอลและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ตามลำดับ แล้วนำเข้าไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ แล้วนำไปปั่นแยกเซลล์ แล้วเก็บสารละลายใส่กรวยแยก หลังจากนั้นเติมไดเอทิลอีเทอร์และเกลือ เขย่าให้เข้ากันรอให้แยกชั้นทั้งสารละลายส่วนล่าง เก็บสารละลายส่วนบนและเติม Na_2SO_4 anhydrous เล็กน้อยเพื่อดูดน้ำ แล้วปรับปริมาตรสารละลายเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยไดเอทิลอีเทอร์ นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณแคลโรทีนอยด์ จากสูตร

$$\text{ปริมาณแคโรทีนอยด์} = \frac{A_{250} \times 25 \times 1000}{260 \times \text{น้ำหนักแห้งของสาหร่าย (มิลลิกรัม)}} \\ (\text{มิลลิกรัม/กรัมแห้งสาหร่าย})$$

เมื่อ A_{250} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 nm

3.8 การวิเคราะห์ไฟโคบิลิน (Lawrenz et al., 2011)

กรณีใช้ตัวอย่างแห้ง ซึ่งตัวอย่างสาหร่าย ตัวอย่างละ 0.005 กรัม กรณีสาหร่ายสด นำสาหร่ายสดในปริมาณเทียบเท่าสาหร่ายแห้ง 0.005 กรัม เติมน้ำฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ต่อลิตร pH 6 ปริมาณ 10 มิลลิกรัม นำไป vortex ให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 rpm เวลา 10 นาที หลังจากนั้นเทสารส่วนใสทิ้ง นำสาหร่ายที่อยู่ก้นหลอด มาเติมด้วย ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ต่อลิตรที่ pH 6 ปริมาณ 5 มิลลิตร นำไป vortex ให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปแช่แข็งที่ -20 °C จนแข็ง (ประมาณ 2 ชั่วโมง) หลังจากนั้นนำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง ทำซ้ำ 3 รอบ รอบที่ 3 นำไปแช่ในตู้เย็น 4 °C ระยะเวลา 48 ชั่วโมง เริ่มจับเวลาเมื่อละลาย หลังจากนั้นนำไป sonicated บนน้ำแข็งระยะเวลา 10 นาที จับเวลาหลังแช่ในน้ำแข็งประมาณ 5 วินาที ที่ 8 W pulses หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เก็บสารละลายส่วนใสไว้ นำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 48 ชั่วโมง ที่ 545 nm สำหรับไฟโคเออร์ริ-ธรินและ 620 nm สำหรับไฟโคไซยานิน และ 750 nm สำหรับไฟโคบิลิน จดบันทึกค่า ใช้คิวเวทแก้ววัด และใช้ phosphate buffer เป็น blank นำสาหร่ายที่ก้นหลอดไปทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง บันทึกค่าที่ได้เป็น ค่าที่ 96 ชั่วโมง ทำการคำนวณปริมาณไฟโคบิลิน (c) (μgL^{-1}) จากสูตร

$$C = \frac{A}{d} \times MW \times \frac{V_{\text{sample}}}{V_{\text{buffer}}} \times 10^6$$

เมื่อ ϵ และ MW สำหรับคำนวณค่าไฟโคเออร์ริ-ธริน มีค่า

$$\epsilon \text{ ของไฟโคเออร์ริ-ธริน} = 2.41 \times 10^6 \text{ Lmol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{MW ของไฟโคเออร์ริ-ธริน} = 240,000 \text{ gmol}^{-1}$$

เมื่อ ϵ และ MW สำหรับคำนวณค่าไฟโคไซยานิน มีค่า

$$\epsilon \text{ ของไฟโคไซยานิน} = 1.9 \times 10^6 \text{ Lmol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{MW ของไฟโคไซยานิน} = 264,000 \text{ gmol}^{-1}$$

$$d = \text{ความกว้างของคิวเวท}$$

$$V_{\text{sample}} = \text{ปริมาตรของตัวอย่าง}$$

$$V_{\text{buffer}} = \text{ปริมาตรของบัฟเฟอร์}$$

ศึกษาอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณรงควัตถุในเนื้อและหนังปลา และสีของปลาทองที่เลี้ยงโดยใช้สาหร่าย *Nostoc*, *Nostochopsis* และ *Spirulina* แห่งเคลือบอาหารสำเร็จรูป

นำสาหร่ายแห้งแต่ละชนิดไปเคลือบอาหารเม็ด แล้วไปเลี้ยงปลาทองอรันดา (*Carassius auratus*) น้ำหนักเริ่มต้น 1.99 ± 0.17 กรัม ความยาวมาตรฐาน (standard length) 2.83 ± 0.15 เซนติเมตร โดยให้กินจนอิ่มวันละ 2 มื้อ เป็นเวลา 42 วัน วางแผนการทดลองแบบ CRD แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 11 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารปลาเคลือบไข่ขาว (negative control)

ชุดการทดลองที่ 2-4 อาหารผสมสาหร่าย *Nostoc* ไอโซเลท 1

ชุดการทดลองที่ 5-7 อาหารผสมสาหร่าย *Nostoc* ไอโซเลท 2

ชุดการทดลองที่ 8-10 อาหารผสมสาหร่าย *Nostochopsis*

ชุดการทดลองที่ 11 อาหารผสมสาหร่าย *Spirulina* 5% (positive control)

โดยชุดการทดลอง 2-10 ใช้สาหร่ายแห้งของแต่ละไอโซเลท อัตราส่วน 5, 7.5 และ 10% ของน้ำหนักอาหาร

1. ทำการชั่งน้ำหนักของปลาเริ่มต้น ในชุดควบคุมและชุดที่ผสมสาหร่าย เมื่อสิ้นสุดการทดลอง วิเคราะห์ค่าการเจริญเติบโต และลักษณะรูปร่างของปลา ตามวิธีการของ Khattoon et al., (2010) ดังนี้

$$\text{Body weight gain (BWG percentage)} = \frac{[(\text{Final body weight (g)} - \text{Initial body weight (g)}) / \text{Initial body weight (g)}] \times 100}$$

$$\text{Specific growth rate (SGR)} = \frac{[(\ln \text{Final body weight (g)} - \ln \text{Initial body weight (g)}) / \text{Number of days}] \times 100}$$

$$\text{Feed conversion ratio (FCR)} = \text{Dry feed fed (g)} / \text{Live body weight gain (g)}$$

2. ทำการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ ไฟโคเออร์ธริน และไฟโคไซยานิน ในเนื้อและหนังปลาตามวิธีการข้อ 2.2.3.7 และข้อ 2.2.3.8

3. ทำการอ่านค่าสีของหนังปลาด้วยเครื่องวัดสี (Koniki Minolta color reader CR-10) โดยจดบันทึกค่า สีแดง (A) สีเหลือง (B) ความสว่าง (L) ของปลาทองเมื่ออายุครบ 42 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way analysis of variance) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการวิจัย

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1 ระบบการอนุบาลปลาหนังลูกผสมในกระชังเชิงพาณิชย์

ประสิทธิภาพการเติบโตของปลาลูกผสม

พบว่า ปลามีน้ำหนักตลอดการเลี้ยงเพิ่มขึ้นเป็น 695.62, 871.72 และ 1082.25 กรัม ตามลำดับ โดยปลาขนาดใหญ่มีค่าอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการแลกเนื้อ (FCR) มีค่าแตกต่างกับปลาขนาดเล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 สอดคล้องกับ Helms LM *et al.* (1987) ได้ศึกษาการควบคุมในการปล่อย growth hormone (GH) จาก proximal pars distalis (PPD) ในปลาหมอเทศเทศ (Oreochromis mossambicus) ที่มีขนาดต่างกัน พบว่า ในปลาหมอเทศน้ำหนัก 60 กรัม มีค่าน้อยกว่า ปลาขนาด 120 กรัม และ 280 กรัม

ตารางที่ 11 Growth performance

Performance	Treatments			P-Value
	L	M	H	
Initial body weight (g)	313.75±6.75 ^a	550.50±5.50 ^b	949.00±3.50 ^c	0.000
Final body weight (g)	1009.37±21.87 ^a	1422.22±55.55 ^b	2031.25±6.25 ^c	0.001
Weight gain (g)	695.62± 28.62 ^a	871.72± 61.05 ^{ab}	1082.25± 2.75 ^b	0.014
ADG	2.57±0.10 ^a	3.22±0.22 ^{ab}	4.00±0.01 ^b	0.014
SGR	0.48±0.17 ^a	0.39±0.02 ^{ab}	0.31±0.00 ^b	0.011
FCR	2.59±0.01 ^a	3.24±0.29 ^{ab}	3.83±0.58 ^b	0.034

L, low-weight; M, medium-weight; H, high-weight. Data are shown as the Mean ± SE^{abc}

การเจริญพันธุ์

จาก ตารางที่ 12 ผลการวัดระดับ Testosterone พบว่าปลาขนาดใหญ่มีค่ามากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนระดับ 17β estradiol พบว่าปลาขนาดใหญ่มีค่ามากที่สุด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับ เรณูและคณะ (2541) ศึกษาวัดระดับฮอร์โมนเพศในปลาหมอทะเล (Epinephelus lanceolatus) สองกลุ่ม พบว่าในปลากลุ่มที่ 1 ขนาดเฉลี่ย 7.4-15.8 กก. มีระดับฮอร์โมน 17β -estradiol และ Testosterone ต่ำกว่าปลากลุ่มที่ 2 ที่มีขนาดเฉลี่ย 14.4-24.3 กก. ทั้ง ในส่วนค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (GSI) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 12 Variation of sex steroids

Spawning season		Treatments		
		L	M	H
testosterone (ng/ml)	Before	NF	NF	NF
	Spawning	1.07±1.04	1.36±0.32	1.56±0.75
	After	NF	NF	NF
17β-estradiol (pg/ml)	Before	35.26±8.20	29.21±14.63	27.16±5.01
	Spawning	12.85 ± 0.70 ^a	32.455± 1.71 ^{ab}	69.375± 26.72 ^b
	After	62.01±5.28	61.12±10.05	24.04±6.44

Data are shown as the Mean ± SE ; NF(not found) < 0.025 ng/m^{abc}

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2 การเพิ่มมูลค่าปลาหางนกยูงผสมด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไค

1. การวิเคราะห์หากลุ่มสารประกอบฟีนอลิกในสาหร่ายไค

ผลการตรวจหากลุ่มสารประกอบฟีนอลิกในสาหร่ายไคเปรียบเทียบกัน 2 กลุ่มจากธรรมชาติ และจากบ่อเลี้ยง พบว่า สาหร่ายไคจากบ่อเลี้ยงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าสาหร่ายไคจากธรรมชาติ (16.33 และ 15.95 GAE ตามลำดับ) โดยตารางที่ 1 แสดงค่าสาหร่ายไคขนาด 1 กรัม มีค่าเทียบกับสาร gallic acid ในขนาดที่แสดงหน่วยเป็นมิลลิกรัม (GAE = Gallic Acid Equivalents) ซึ่งค่า GAE ที่มีค่ามาก หมายถึง สารทดสอบมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมาก อย่างไรก็ตามสาหร่ายที่เก็บจากทั้ง 2 แหล่งพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อีกทั้งสาหร่ายไคที่เก็บจากบ่อเลี้ยงมีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการศึกษาผลการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงผสม ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้สาหร่ายไคจากธรรมชาติมาผสมในอาหารปลาเนื่องจากมีปริมาณมากและจัดหาได้ง่าย

ตารางที่ 13 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสาหร่ายไคที่เก็บจากบ่อเลี้ยงและธรรมชาติ

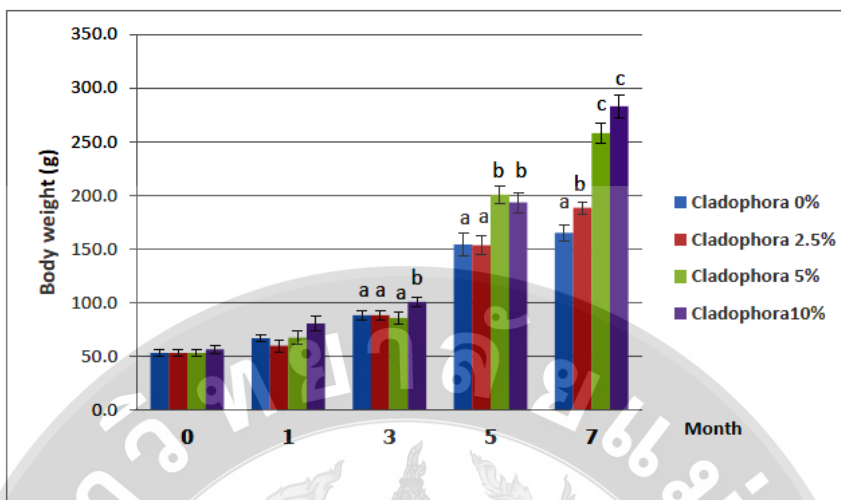
สาหร่ายไค	GAE (mg)
บ่อเลี้ยง	16.33 ± 0.17
ธรรมชาติ	15.95 ± 0.31

ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean± SD) วัดจำนวน 3 ซ้ำ

GAE = Gallic Acid Equivalents

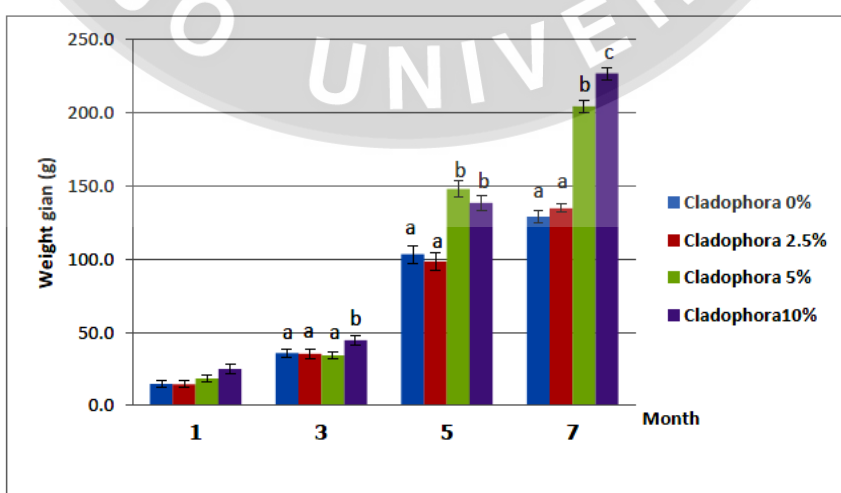
2. การศึกษาผลการเสริมสาหร่ายไคต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงผสมในกระชัง

ผลการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงผสมตลอดการเลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไคในระดับ 0%, 2.5%, 5% และ 10% ในระยะเวลา 7 เดือน แสดงในภาพที่ 8-11 และตารางที่ 12

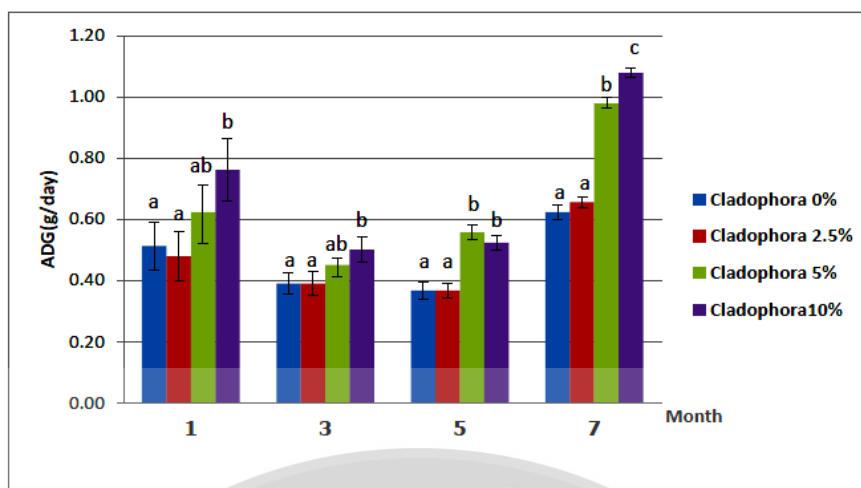


ภาพที่ 8 ผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อน้ำหนักตัวของปลาหางนกยูงผสม

ภาพที่ 8 แสดงผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อน้ำหนักตัว (Body weight) ของปลาหางนกยูงผสม พบว่า ปลาหางที่ได้รับสาหร่ายไคที่ระดับ 10% มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเริ่มตั้งแต่เดือนที่ 3 จนถึงเดือนที่ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปลาหางกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมสาหร่ายไค (สาหร่ายไคที่ระดับ 0%) และปลาหางที่ได้รับสาหร่ายไคที่ระดับ 5% พบว่า มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตั้งแต่เดือนที่ 5 จนถึงเดือนที่ 7 โดยที่น้ำหนักตัวของปลาหางที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายไคที่ระดับ 5 และ 10% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกันในเดือนที่ 5 และ 7 ส่วนปลาหางที่ได้รับสาหร่ายไคที่ระดับ 2.5% มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนที่ 7 เท่านั้น



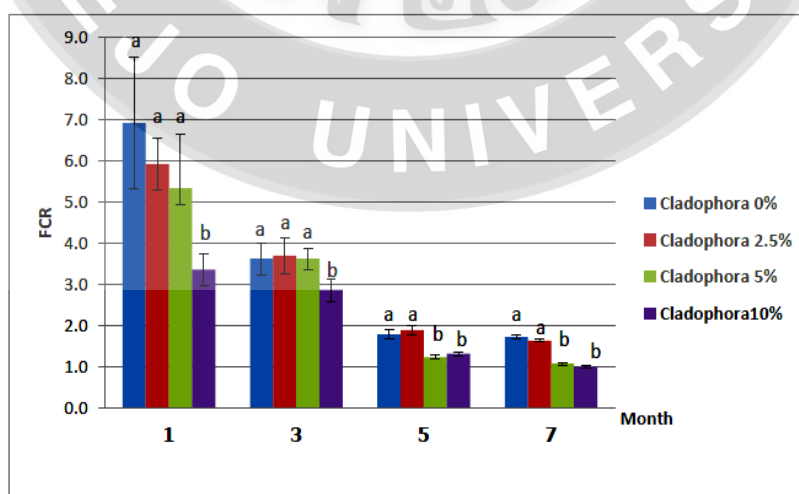
ภาพที่ 9 ผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักของปลาหางนกยูงผสม



ภาพที่ 10 ผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเจริญเติบโตต่อวันของปลาหางลูกผสม

ภาพที่ 9 และ 10 แสดงผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก (Weight gain) และการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ของปลาหางลูกผสมตามลำดับโดยผลการทดลองในเดือนที่ 3 และ 5 มีความสอดคล้องกับน้ำหนักตัว (ภาพที่ 8) และพบว่า ปลาหางกลุ่มที่ได้รับการเสริมสาหร่ายไค 10% มี Weight gain และ ADG มากที่สุดในเดือนที่ 7 โดยมีความแตกต่างจากทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาพที่ 11 แสดงผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลาหางลูกผสมพบว่า ปลาหางที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไคที่ระดับ 10% มีค่า FCR น้อยที่สุดตลอดการทดลอง อย่างไรก็ตามในเดือนที่ 5 และ 7 พบว่าค่า FCR ที่ลดลงในปลาหางกลุ่มที่ได้รับการเสริมสาหร่ายไค 5 และ 10% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 11 ผลของการเสริมสาหร่ายไคต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาหางลูกผสม

ตารางที่ 12 ผลการเจริญเติบโตของปลาหางลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไคเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Cladophora	Body weight (g)	Weight gain(g)	ADG(g/day)	FCR
0%	165.2±7.7 ^a	128.9±4.2 ^a	0.62±0.02 ^a	1.72±0.06 ^a
2.5%	188.3±7.2 ^b	134.7±2.8 ^a	0.66±0.02 ^a	1.64±0.04 ^a
5.0%	257.8±11.9 ^c	204.2±3.9 ^b	0.98±0.02 ^b	1.08±0.02 ^b
10%	282.8±12.6 ^c	226.6±4.1 ^c	1.08±0.01 ^c	1.00±0.04 ^b

ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึง ความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ตารางที่ 12 สรุปผลการเจริญเติบโตของปลาหางลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายไคในเดือนที่ 7 พบว่า การเลี้ยงปลาหางลูกผสมเสริมสาหร่ายไคระดับ 5 และ 10% มีน้ำหนักตัวและค่า FCR ในเดือนสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่เดือนที่ 7 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงแม้ว่าค่า Weight gain และ ADG ของปลาทั้ง 2 กลุ่มจะมีค่าแตกต่างกันก็ตาม โดยปลาหางทุกกลุ่มการทดลองมีอัตราการรอด 100% ดังนั้น หากพิจารณาจากผลการเจริญเติบโตโดยรวมและการลงทุนค่าอาหารจากการเสริมสาหร่ายไค สูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาหางลูกผสมด้วยการเสริมสาหร่ายไคในระดับ 5% จึงน่าจะเหมาะสมที่สุด

ในภาวะที่มีสารอนุมูลอิสระมีมากเกินไปไม่สมดุลกับสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้ปลาเกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ขึ้น โดยอาจเป็นผลมาจากการสร้างสารอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น หรือมีการลดลงของสารและเอนไซม์ที่ต้านอนุมูลอิสระลดลงในตัวปลา เช่น superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) และ glutathione (GSH) เป็นต้น โดยภาวะ oxidative stress มีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลที่มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำ การปนเปื้อนจากสารพิษหรือโลหะหนัก การได้รับอาหารไม่มีคุณค่าหรือไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระที่มีผลเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxic effect) ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพปลา ทำให้ปลาเป็นโรคนง่ายและเจริญเติบโตช้า (van der Oost, et al, 2003) ดังนั้นการนำสาหร่ายไคมาเสริมในอาหารปลาหางลูกผสมจึงช่วยทำให้การเจริญเติบโตของปลาดี ซึ่งอาจเกิดจากฤทธิ์ชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายไคที่ช่วยเพิ่มระบบต้านอนุมูลอิสระจึงทำให้ปลาไม่เป็นโรคนง่าย ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ทำให้ได้ผลผลิตปลาที่ดีและมีคุณภาพ

ในการศึกษาครั้งต่อไปโดยจะดำเนินการต่อไปในปีที่ 2 จะทำการวิเคราะห์หาระดับของเอนไซม์ในการป้องกันอนุมูลอิสระ เช่น เอนไซม์ SOD, CAT และ GSH เพื่อหากลไกการออกฤทธิ์ของสาหร่าย

ไกที่ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดี อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายไกสามารถช่วยส่งเสริมสุขภาพสัตว์น้ำและนำไปใช้ประโยชน์เพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงสัตว์น้ำได้

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลาหมักผสมเพื่อเพิ่มมูลค่า

1.คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อจากการชำแหละปลาหมักผสม

คุณภาพซากจากการชำแหละปลาหมักผสม

จากการชำแหละปลาหมักผสมเพศผู้ และเพศเมีย จำนวน 34 และ 39 ตัว น้ำหนักมีชีวิตเฉลี่ย 3,135.06 และ 4,788.87 กรัม พบว่า มีปริมาณเนื้อรวมทั้งหมด 1,645.21 กรัม (51.65%) และ 2,484.53 กรัม (50.64%) แบ่งเป็นปริมาณเนื้อลำตัวเฉลี่ย 1,264.59 กรัม (40.21%) และ 1,874.38 กรัม (38.68%) และเนื้อท้องเฉลี่ย 380.62 กรัม (11.44%) และ 610.15 กรัม (11.96%) ตามลำดับ

ในส่วนของอวัยวะภายในจากการชำแหละ พบว่า มีปริมาณอวัยวะภายในรวมทั้งหมด 350.11 กรัม (10.63%) และ 750.10 กรัม (13.29%) โดยมีปริมาณเครื่องใน 184.59 กรัม (5.84%) และ 218.69 กรัม (4.51%) ปริมาณตับ 39.76 กรัม (0.82%) และ 75.28 กรัม (1.00%) และปริมาณไขมันช่องท้อง 125.76 กรัม (3.97%) และ 191.93 กรัม (2.63%) แต่พบว่าเพศเมียมีปริมาณไข่ปลา 264.20 กรัม (13.29%) สำหรับชิ้นส่วนกระดูกหัวและก้างปลาที่เหลือจากการชำแหละเอาเนื้อและอวัยวะภายในออกแล้วนั้น พบว่า ในเพศผู้จะมีปริมาณ 1,102.35 กรัม (36.15%) เพศเมียมีปริมาณ 1,589.95 กรัม (34.73%) และในเพศผู้มีน้ำหนักสูญเสียจากการชำแหละ 51.62 กรัม (1.57%) เพศเมียมีน้ำหนักสูญเสียที่ 66.45 กรัม (1.33%)

และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างเพศผู้และเพศเมียจะพบว่า เพศผู้มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนเนื้อรวมมากกว่าเพศเมีย โดยเฉพาะปริมาณเปอร์เซ็นต์เนื้อลำตัวที่เพศผู้มากกว่าเพศเมีย แต่ขณะที่ปริมาณอวัยวะภายในของเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าเพศผู้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณของไข่ปลาที่มีในเพศเมีย และยังพบว่าเปอร์เซ็นต์ของกระดูกหัวและก้างปลาในเพศผู้ยังคงมีปริมาณที่สูงกว่าเพศเมียเช่นกัน ดังตารางที่ 13 สอดคล้องกับรายงานของ อัครารวรรณ (2554) ที่รายงานว่าคุณภาพของปลา ลูกผสม ปลานิล และปลาสวาย ที่ทำการเลี้ยง 4 เดือนมีเปอร์เซ็นต์เนื้อรวม 52.11 49.32 และ 51.54 เนื้อตัว 38.85 36.63 และ 38.34 เนื้อท้อง 8.19 8.80 และ 9.21 เศษเนื้อ 5.07 3.88 และ 3.99 เลือด 1.79 4.94 และ 0.95 หัวและกระดูก 36.45 41.96 และ 40.92 เครื่องใน 3.83 4.92 และ 4.95 ตามลำดับ

ตารางที่ 13 คุณภาพซากที่ได้จากการชำแหละปลาหมึกลูกผสมเพื่อการจำหน่าย

ลักษณะที่ศึกษา	เพศผู้ (n=34)		เพศเมีย (n=39)	
	น้ำหนักเฉลี่ย(กรัม)	เปอร์เซ็นต์/ตัว	น้ำหนักเฉลี่ย(กรัม)	เปอร์เซ็นต์/ตัว
ปลามีชีวิต	3,135.06		4,788.87	
ชิ้นส่วนเนื้อจากการชำแหละ				
ลำตัว	1,264.59	40.21	1,874.38	38.68
ท้อง	380.62	11.44	610.15	11.96
รวม	1,645.21	51.65	2,484.53	50.64
อวัยวะภายใน				
เครื่องใน	184.59	5.84	218.69	4.51
ตับ	39.76	0.82	75.28	1.00
ไขมันช่องท้อง	125.76	3.97	191.93	2.63
ไข่ปลา	-	-	264.20	5.15
รวม	350.11	10.63	750.10	13.29
กระดูกหัวและก้าง	1,102.35	36.15	1,589.95	34.73
สูญเสียจากการชำแหละ	51.62	1.57	66.45	1.33

คุณภาพเนื้อปลาหมึกลูกผสมทางด้านโภชนา

เมื่อทำการสุ่มชิ้นส่วนต่างๆ ของเนื้อปลาหมึกลูกผสมแต่ละเพศจากการชำแหละมาวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาที่สำคัญได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือและเยื่อใย พบว่า เนื้อปลาหมึกลูกผสมมี ความชื้น 76.35 % โปรตีน 17.07 % ไขมัน 2.42 % คาร์โบไฮเดรต 1.17 % เกลือ 1.39 % และเยื่อใย 0.89 % ดังตารางที่ 14 เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ อัคราวรรณ (2554) ที่รายงานว่า องค์ประกอบทางโภชนาการในเนื้อของปลาหมึกผสม ปลาบึก และปลาสวาย มีเปอร์เซ็นต์ความชื้น 81.04 80.73 และ 81.68 โปรตีน 16.92 16.89 และ 16.52 ไขมัน 0.12 0.05 และ 0.06 เกลือ 1.08 1.25 และ 1.14 เยื่อใย 0.27 0.22 และ 0.46 และ คาร์โบไฮเดรต 0.33 0.39 และ 0.86 ตามลำดับ พบว่าเนื้อปลาหมึกลูกผสมในงานวิจัยนี้ มีเปอร์เซ็นต์ความชื้น และโปรตีนใกล้เคียงกัน แต่ เปอร์เซ็นต์ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือ และเยื่อใย สูงกว่า เป็นไปได้ว่าปลาที่ใช้ศึกษาครั้งนี้มีขนาดโตเต็มวัย

ตารางที่ 14 คุณภาพเนื้อปลาหนังลูกผสมทางด้านโภชนะ

คุณค่าทางโภชนะ	ปริมาณ (%)
ความชื้น	76.35±1.34
โปรตีน	17.07±1.01
ไขมัน	2.42±0.77
คาร์โบไฮเดรต	1.17±0.58
เถ้า	1.39±0.64
เยื่อใย	0.89±0.60

2. ผลตอบแทนจากการจำหน่ายเนื้อปลาในรูปแบบแบ่งเป็นชิ้นส่วนต่างๆและต้นทุนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาหนังลูกผสม

ผลตอบแทนจากการจำหน่ายเนื้อปลาในรูปแบบแบ่งเป็นชิ้นส่วนต่างๆ

จากการศึกษาโดยซื้อปลามีชีวิต ราคา กิโลกรัมละ 45 บาท มาทำการชำแหละแล้วนำเนื้อปลาแบ่งเป็นชิ้นส่วนต่างๆเพื่อจำหน่าย โดยจำหน่ายเนื้อลำตัว เนื้อท้องและไข่ปลา ราคา กิโลกรัมละ 100 บาท ส่วนตับ หัวและก้าง ราคา กิโลกรัมละ 40 บาท

จากการนำปลาเพศผู้มีชีวิตปริมาณ 106.60 กิโลกรัม จำนวน 34 ตัว เป็นเงิน 4,797 บาท ภายหลังจากการชำแหละ จะได้เนื้อส่วนลำตัว 43.00 กิโลกรัม เนื้อท้อง 12.94 กิโลกรัม ตับ 0.99 กิโลกรัม และ หัวและก้าง 37.48 กิโลกรัม ถ้าจำหน่ายในรูปแบบแบ่งเป็นชิ้นส่วนตามราคาที่ได้อ้างไว้แล้ว พบว่า จะจำหน่าย เนื้อลำตัว เนื้อท้อง ตับ และ หัวและก้าง ได้เป็นเงิน 4,300.00 1,294.00 39.60 และ 1,499.20 บาท ตามลำดับ รวมจำหน่ายชิ้นส่วนเนื้อปลาได้เป็นเงินทั้งหมด 7,132.80 บาท เมื่อหักค่าปลามีชีวิตแล้วจะได้ผลตอบแทนจากการจำหน่าย 2,335.80 บาท เฉลี่ย 68.70 บาทต่อตัว

เมื่อนำปลาเพศเมียมีชีวิตปริมาณ 186.77 กิโลกรัม จำนวน 39 ตัว เป็นเงิน 8,404.65 บาท ภายหลังจากการชำแหละ จะได้เนื้อส่วนลำตัว 73.10 กิโลกรัม เนื้อท้อง 23.40 กิโลกรัม ตับ 2.18 กิโลกรัม ไข่ปลา 9.24 กิโลกรัม และ หัวและก้าง 62.00 กิโลกรัม ถ้าจำหน่ายในรูปแบบแบ่งเป็นชิ้นส่วนตามราคาที่ได้อ้างไว้แล้ว พบว่า จะจำหน่าย เนื้อลำตัว เนื้อท้อง ตับ ไข่ปลา และ หัวและก้าง ได้เป็นเงิน 7,310.00 2,340.00 87.20 924.00 และ 2,480.00 บาท ตามลำดับ รวมจำหน่ายชิ้นส่วนเนื้อปลาได้เป็นเงินทั้งหมด 12,217.20 บาท เมื่อหักค่าปลามีชีวิตแล้วจะได้ผลตอบแทนจากการจำหน่าย 3,812.55 บาท เฉลี่ย 97.75 บาทต่อตัว

จะเห็นว่าเมื่อจำหน่ายในรูปแบบแบ่งชิ้นส่วน ปลาเพศเมียจะให้ผลตอบแทนที่มากกว่าปลาเพศผู้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเพศเมียมีส่วนของไข่ปลา เมื่อจำหน่ายไข่ปลาจึงเป็นส่วนที่เพิ่มราคาให้แก่ปลาเพศเมียมากกว่าปลาเพศผู้ ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลตอบแทนจากการจำหน่ายเนื้อปลาในรูปแบบแบ่งเป็นชิ้นส่วนต่างๆ

ลักษณะที่ศึกษา	ราคา (บ./กก.)	เพศผู้ (n=34)			เพศเมีย (n=39)		
		ปริมาณ (กก.)	ต้นทุน (บ./กก.)	รายรับ (บ./กก.)	ปริมาณ (กก.)	ต้นทุน (บ./กก.)	รายรับ (บ./กก.)
ปลามีชีวิต	45	106.60	4,797.00		186.77	8,404.65	
ชิ้นส่วนเนื่องจากการชำแหละ							
ลำตัว	100	43.00		4,300.00	73.10		7,310.00
ท้อง	100	12.94		1,294.00	23.40		2,340.00
อวัยวะภายใน							
เครื่องใน	-	6.27		-	8.53		-
ตับ	40	0.99		39.60	2.18		87.20
ไขมันช่องท้อง	-	4.15		-	5.57		-
ไข่ปลา	100	-		-	9.24		924.00
หัวและก้าง	40	37.48		1,499.20	62.00		2,480.00
รวม			4,797.00	7,132.80		8,404.65	12,217.20
ผลตอบแทนสุทธิ				2,335.80			3,812.55
ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ย				68.70			97.75

ต้นทุนจากการจำหน่ายในรูปแบบแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา

ในกรณีที่ต้องการเพิ่มมูลค่าของเนื้อปลาให้ได้ผลตอบแทนที่สูงขึ้น สามารถทำได้โดยการนำเนื้อปลามาทำเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่

ไส้กรอกอิมัลชัน เป็นผลิตภัณฑ์ตะวันตก

ไส้อั่ว เป็นผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน

ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดนี้ ผู้บริโภคส่วนใหญ่จะคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาจากเนื้อหมูเป็นส่วนใหญ่ สำหรับต้นทุนในการทำผลิตภัณฑ์มีดังนี้

ไส้กรอกอิมัลชัน

จากปริมาณการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน 60 กิโลกรัม วัตถุดิบสำคัญที่ใช้ผลิตมีเนื้อปลาสดพร้อมหนังจำนวน 30 กิโลกรัมๆละ 100 บาท เป็นเงิน 3,000 บาท ไขมันหมู 18 กิโลกรัมๆละ 65 บาท เป็นเงิน 1,170 บาท และ น้ำแข็ง 12 กิโลกรัมๆละ 10 บาท เป็นเงิน 120 บาท เมื่อรวมต้นทุนในการผลิตทั้งวัตถุดิบ เครื่องปรุง ไส้บรรจุ แก๊สเชื้อเพลิง บรรจุภัณฑ์และแรงงาน พบว่า มีต้นทุนทั้งหมด 10,590 บาท ดังนั้นการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน 1 กิโลกรัม ใช้ต้นทุนการผลิต 157 บาท ซึ่งราคานี้ยังไม่รวมค่าเสื่อมของเครื่องมือการผลิต ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ต้นทุนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันที่ผลิตจากปลาหมึกผสม

ต้นทุนการผลิต		ปริมาณ (กก.)	ราคา(บาท /กก.)	จำนวนเงิน (บาท)
ปริมาณการผลิต		60.00		
วัตถุดิบ	1.เนื้อปลาสดพร้อมหนัง	30.00	100	3,000
	2.ไขมันหมู (มันแข็ง)	18.00	65	1,170
	3. น้ำแข็งบด	12.00	10	120
เครื่องปรุง	1. ผงพริก	0.70	35	24.5
	2. เกลือฟอสเฟต	0.30	100	30
	3. เกลืออิรี โทรเบต	0.05	190	9.5
	4. ผงชูรส	0.05	90	4.5
	5. น้ำตาลทราย	0.35	30	10.5
	6. หอมหัวใหญ่	1.20	35	42
	7. กระเทียมสด	0.60	140	84
	8.เครื่องเทศรวม	1.20	1,000	1,200
	9. ผงปาปริก้า	0.15	300	45
ไส้คองเค็ม		3.00	250	750
แก๊ส 1 ถัง (320 บาท)				320
บรรจุภัณฑ์ (3 บาท / กิโลกรัม)				180
แรงงาน 3*300*4 (คน*บาท*วัน)				3,600
ต้นทุนการผลิตรวม				10,590
เฉลี่ยต้นทุนการผลิต / กิโลกรัม				157.00

หมายเหตุ : ยังไม่รวมค่าเสื่อมเครื่องมือการผลิต

ไส้อ้วปลา

จากปริมาณการผลิตไส้อ้วปลา 71 กิโลกรัม วัตถุดิบสำคัญที่ใช้ผลิตมีเพียงเนื้อมีปลาบดละเอียด จำนวน 60.00 กิโลกรัม ราคา กิโลกรัมละ 100 บาท เป็นเงิน 6,000 บาท เมื่อรวมต้นทุนในการผลิตทั้ง วัตถุดิบ เครื่องปรุง ใส้บรรจุ บรรจุภัณฑ์และแรงงาน พบว่า มีต้นทุนทั้งหมด 11,414.80 บาท ดังนั้นการผลิตไส้อ้วปลา 1 กิโลกรัม ใช้ต้นทุนการผลิต 161 บาท ซึ่งราคานี้ยังเป็นราคาของไส้อ้วดิบที่ยังไม่ได้ทำสุก ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ต้นทุนการผลิตไส้อ้วที่ผลิตจากปลาหนังลูกผสม

ต้นทุนการผลิตไส้อ้วปลา	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ราคา(บาท /กก.)	จำนวนเงิน (บ.)
ปริมาณการผลิต	71.00		
วัตถุดิบ : เนื้อมีปลาบดละเอียด	60.00	100	6,000
เครื่องปรุง :			
1. เกลือ	0.60	10	6
2. น้ำปลาแท้	0.60	30	18
3. พริกขี้หนู	0.32	90	28.8
4. น้ำตาลทราย	0.32	25	8
5. พริกแกง	4.00	120	480
6. ใบมะกรูดหั่นฝอย	1.60	90	144
7. ตะไคร้หั่นฝอย	4.00	50	200
ไส้คองเทียม	3.00	250	750
บรรจุภัณฑ์ (3 บาท / กิโลกรัม)			180
แรงงาน 3*300*2 (คน*บาท*วัน)			3,600
ต้นทุนการผลิตรวม			11,414.80
เฉลี่ยต้นทุนการผลิต / กิโลกรัม			161.00

หมายเหตุ : ไส้อ้วดิบยังไม่ได้ทำให้สุก

3. ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อเนื้อมีปลาและผลิตภัณฑ์จากปลาหนังลูกผสม

ข้อมูลทั่วไป

จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ให้สัมภาษณ์ในการทดสอบชิมเนื้อมีปลาและผลิตภัณฑ์จาก ปลาหนังลูกผสมจำนวน 300 ราย โดยเป็นเพศหญิงร้อยละ 57.0 เพศชายร้อยละ 43.0 ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 26-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 39.3 รองลงมาคือมีอายุอยู่ระหว่าง 36-45, 46-55, 16-25 และ 56-65 ปี คิด

เป็นร้อยละ 36.6, 13.8, 9.0 และ 1.4 ตามลำดับ ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพ ข้าราชการ ร้อยละ 39.9 รองลงมาอาชีพ พนักงานเอกชน, พนักงานรัฐวิสาหกิจ, ธุรกิจส่วนตัว และนักเรียน/นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 18.1, 7.2, 3.6 และ 2.2 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 60.0 รองลงมามีสถานภาพ โสด ร้อยละ 39.3 และเป็นหม้าย ร้อยละ 0.7 มีการศึกษาในระดับปริญญาตรีมากถึง ร้อยละ 74.7 รองลง ปริญญาโท 8.9 และมัธยมศึกษาที่ 3 -มัธยมศึกษาที่ 6 ร้อยละ 8.2 นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 98.6 และศาสนาคริสต์ร้อยละ 1.4 มีรายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ที่ระหว่าง 10,001-30,000 บาทต่อเดือน มาก ถึงร้อยละ 63.4 รองลงมามีรายได้ต่อเดือน <10,000 ร้อยละ 25.2 มีรายได้ต่อเดือน 30,001-60,000 ร้อย ละ 11.5 นอกจากนี้ยังพบว่า ร้อยละ 60.5 ของผู้ให้สัมภาษณ์ยังไม่เคยรับประทานไส้จุกที่ทำจากเนื้อ ปลา ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบความพึงพอใจต่อเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากปลาน้ำจืดผสม

	ข้อมูลทั่วไป (n=300)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	43.0
	หญิง	57.0
อายุ (ปี)	16-25	9.0
	26-35	39.3
	36-45	36.6
	46-55	13.8
	56-65	1.4
อาชีพ	นักเรียน/นักศึกษา	2.2
	ข้าราชการ	39.9
	พนักงานรัฐวิสาหกิจ	7.2
	พนักงานเอกชน	18.1
	ธุรกิจส่วนตัว	3.6
สถานภาพ	โสด	39.3
	สมรส	60.0
	หม้าย	0.7
ศาสนา	พุทธ	98.6
	คริสต์	1.4
ระดับการศึกษา	มัธยมศึกษาที่ 3	8.2
	มัธยมศึกษาที่ 6	8.2

	ปริญญาตรี	74.7
	ปริญญาโท	8.9
รายได้(บาท/เดือน)	<10,000	25.2
	10,001-30,000	63.4
	30,001-60,000	11.5
เคยรับประทานไส้วูปปลาหรือไม่	เคย	39.5
	ไม่เคย	60.5

ทัศนคติที่มีต่อเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์ปลา

จากการสัมภาษณ์ทัศนคติของผู้ให้สัมภาษณ์ที่มีต่อเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา พบว่าส่วนใหญ่มีรสชาติดีและอร่อย ในระดับ 4 มากถึงร้อยละ 40.3 มีราคาแพงในระดับ 3 ร้อยละ 50 เชื่อว่าการรับประทานเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาทำให้สุขภาพดี ร่างกายแข็งแรง อยู่ในระดับ 4 ถึงร้อยละ 41.6 เชื่อว่ากลิ่นของเนื้อปลาเกิดจากแหล่งที่มาหรือระบบการเลี้ยง อยู่ในระดับ 3 ถึงร้อยละ 41.6 และเชื่อว่าโดยทั่วไปเนื้อปลามีความสะอาดและความปลอดภัยกว่าเนื้อสัตว์ประเภทอื่น อยู่ในระดับ 3 ถึงร้อยละ 40.3 ดังตารางที่ 19

การประเมินระดับคะแนนความพึงพอใจต่อเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา

เนื้อปลา

ผู้ให้สัมภาษณ์ส่วนใหญ่ให้ระดับคะแนนความพึงพอใจด้านสี ,กลิ่น ,รสชาติ ,เนื้อสัมผัสของเนื้อปลาและความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อเนื้อปลา อยู่ในระดับ 3 (ปานกลาง) โดยคิดเป็นร้อยละ 44.7 ,42.7 ,40.7 ,39.3 และ 49.3 ตามลำดับ

ไส้กรอกปลา

ผู้ให้สัมภาษณ์ส่วนใหญ่ให้ระดับความพึงพอใจด้านสี ,กลิ่น ,รสชาติ ,เนื้อสัมผัสของไส้กรอกและความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อไส้กรอก อยู่ในระดับ 4(ดี) โดยคิดเป็นร้อยละ 45.3 ,38.7 ,42.7 ,38 และ 46 ตามลำดับ

ไส้วูปปลา

ผู้ให้สัมภาษณ์ส่วนใหญ่ให้ระดับความพึงพอใจด้านสีของผลิตภัณฑ์ในระดับ 4 (ดี) โดยคิดเป็นร้อยละ 42.7 สำหรับด้านกลิ่น ,รสชาติ ,เนื้อสัมผัสของไส้วูปและความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อไส้วูป อยู่ในระดับ 3 (ปานกลาง) โดยคิดเป็นร้อยละ 36 ,37.3 , 43.3 และ 40 ตามลำดับดังตารางที่ 20

ตารางที่ 19 ทศนคติของผู้ทดสอบความพึงพอใจที่มีต่อเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์ปลา

ทัศนคติที่มีต่อเนื้อปลาหนังและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา (n=300)	ระดับคะแนน (ร้อยละ)				
	5	4	3	2	1
เนื้อปลา / ผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาที่มีรสชาติดี / อร่อย	9.4	40.3	36.9	12.8	0.7
เนื้อปลา / ผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาที่มีราคาแพง	6.8	24.3	50	18.9	0
การรับประทานเนื้อปลา / ผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาทำให้สุขภาพดี ร่างกายแข็งแรง	28.9	41.6	27.5	2	0
แหล่งที่มา / ระบบการเลี้ยง มักมีผลต่อกลิ่นของเนื้อปลา	18.1	37.6	41.6	1.3	1.3
โดยทั่วไปเนื้อปลาที่มีความสะอาดและความปลอดภัยกว่าเนื้อสัตว์ประเภทอื่น	20.8	34.9	40.3	4	0

หมายเหตุ : ระดับคะแนน 1 = ควรปรับปรุง 2 = พอใช้ 3 = ปานกลาง 4 = ดี 5 = ดีมาก

ตารางที่ 20 การประเมินระดับคะแนนความพึงพอใจต่อนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากนื้อปลา

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับคะแนนความพึงพอใจ (ร้อยละ)														
	นื้อปลา					ไส้กรอก					ไส้อ้ว				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
สีของผลิตภัณฑ์	9.	28	44	15	2	13	45	34	6.	0.	42	22	26	8	1.
	3	.7	.7	.3		.3	.3		7	7	.7				3
กลิ่นของผลิตภัณฑ์	8.	12	42	22	13	17	38	27	14		16	28		12	
	7	.7	.7	.7	.3	.3	.7	.3	.7	2	.7	.7		.7	6
รสชาติของผลิตภัณฑ์	6	21	40	24	7.	18	42	25	10	2.	13	34	37	10	4.
		.3	.7	.7	3	.7	.7	.3	.7	7	.3	.7	.3		7
เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์	10	30	39		3.	16		33			14		43		
				16			38		10	2		28		10	4
	.7	.7	.3		3	.7		.3			.7		.3		
ความพึงพอใจโดยรวม	3.	11	49			18		25			16	31			
	3	.3	.3	28	8	.7	46	.3	8	2	.7	.3	40	8	4

หมายเหตุ : ระดับคะแนน 1 = ควรปรับปรุง 2 = พอใช้ 3 = ปานกลาง 4 = ดี 5 = ดีมาก

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4 การประยุกต์ใช้พืชท้องถิ่นพัฒนาสูตรอาหารเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาหมอเชิงพาณิชย์

1. ด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกัน (2.0, 3.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์) พบว่า อาหารที่ทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังทั้ง 3 ระดับ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยใกล้เคียงกับอาหารที่ไม่ทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง (ชุดควบคุม) โดยน้ำหนักสุดท้ายและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลาที่ได้รับอาหารที่ทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลัง 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 30.22 ± 0.39 และ 25.21 ± 0.38 กรัมต่อตัว รองลงมาคือปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.33 ± 0.66 และ 24.33 ± 0.66 กรัมต่อตัว สำหรับปลาที่ได้รับอาหารที่ทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลัง 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักสุดท้ายและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 29.00 ± 0.50 และ 24.02 ± 0.51 กรัมต่อตัว ตามลำดับ อีกทั้งอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาที่ได้รับอาหารที่ทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลัง 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.63 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน รองลงมาคือปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.61 ± 0.02

เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และปลาที่ได้รับอาหารที่ทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลัง 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.60 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาที่ได้รับอาหารที่ทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลัง 2.0 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่ทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง ($P > 0.05$) แต่ปลาที่ได้รับอาหารที่ทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลัง 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่ทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลัง 5.0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณอาหารที่ปลากิน อัตราการกินอาหาร อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้ง 4 ชุดการทดลอง ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 21

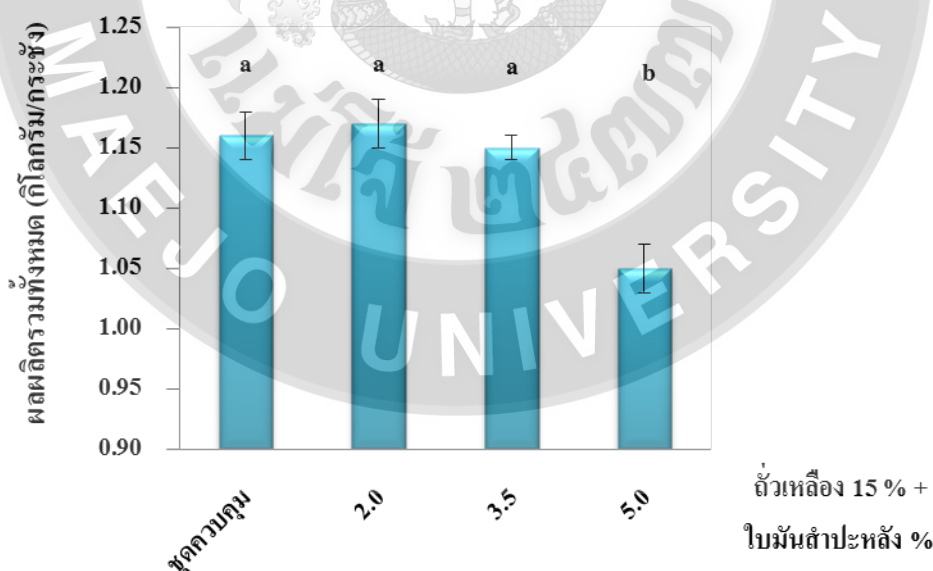
ตารางที่ 21 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 110 วัน

การเจริญเติบโต	ไขมันสำปะหลัง (เปอร์เซ็นต์)				P-Value
	0	2.0	3.5	5.0	
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	5.00 ± 0.00	5.01 ± 0.01	4.97 ± 0.01	4.97 ± 0.01	0.095
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	29.33 ± 0.66^a b	30.22 ± 0.39^a	29.00 ± 0.50^a b	26.33 ± 1.07^b	0.023
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	24.33 ± 0.66^a b	25.21 ± 0.38^a	24.02 ± 0.51^a b	21.36 ± 1.08^b	0.025
อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)	1.61 ± 0.02^{ab}	1.63 ± 0.00^a	1.60 ± 0.01^{ab}	1.51 ± 0.03^b	0.033
ปริมาณอาหารที่ปลากิน (กรัม/ตัว)	56.71 ± 2.89	58.71 ± 2.42	55.99 ± 2.71	55.57 ± 1.82	0.816
อัตราการกินอาหาร (เปอร์เซ็นต์/วัน)	2.89 ± 0.09	2.91 ± 0.08	2.88 ± 0.08	3.11 ± 0.03	0.202
อัตราการแลกเนื้อ	2.46 ± 0.10	2.46 ± 0.08	2.45 ± 0.08	2.76 ± 0.05	0.087
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	79.33 ± 2.90	78.00 ± 2.30	80.00 ± 2.30	80.66 ± 1.76	0.871

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2. ต้นทุนการผลิตปลาหมอที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลผลิตทั้งหมดของปลาหมอไทยที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกัน (2.0, 3.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์) และชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.17 ± 0.08 , 1.15 ± 0.06 , 1.05 ± 0.03 และ 1.16 ± 0.05 กิโลกรัมต่อกระชัง ตามลำดับ ในด้านต้นทุนการผลิตของปลาหมอไทยที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกัน (2.0, 3.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์) และชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 75.68 ± 0.49 , 76.25 ± 0.68 , 76.67 ± 0.50 และ 81.28 ± 0.27 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ผลผลิตทั้งหมดและต้นทุนการผลิตของปลาหมอที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับ 2.0, 3.5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารไม่ทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งมีผลผลิตทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มปลาได้รับอาหารทดแทนปลาป่นด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับ 5.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แสดงดังภาพที่ 12 และตารางที่ 22



ภาพที่ 12 ผลผลิตรวมทั้งหมดของปลาหมอไทยที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกัน



ภาพที่ 13 ผลผลิตปลาหมอไทยที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วน
ด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลัง

ตารางที่ 22 ต้นทุนการเลี้ยงปลาหมอไทยที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลืองในระดับที่แตกต่างกันเป็นเวลา 110 วัน

พารามิเตอร์	ไขมันสำปะหลัง (เปอร์เซ็นต์)				P - value
	0	2.0	3.5	5.0	
ผลผลิต (กิโลกรัม/กระชัง)	1.16±0.08 ^a	1.17±0.06 ^a	1.15±0.03 ^a	1.05±0.05 ^b	0.010
ราคาอาหารปลา (บาท/กิโลกรัม)	27.86±0.00	26.58±0.00	26.58±0.00	26.58±0.00	-
ต้นทุนการผลิต (บาท/กิโลกรัม)	75.68±0.49 ^a	76.25±0.68 ^a	76.67±0.50 ^a	81.28±0.27 ^b	0.025

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SE ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

คุณภาพน้ำในกระชังทดลอง

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลาหมอไทยที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกัน มีอุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 26.28–26.30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.49–7.52 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 5.35–5.57 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 0.222–0.2366 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.015–0.018 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 23

ตาราง 23 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาหมอไทยที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นบางส่วนด้วยถั่วเหลือง 15

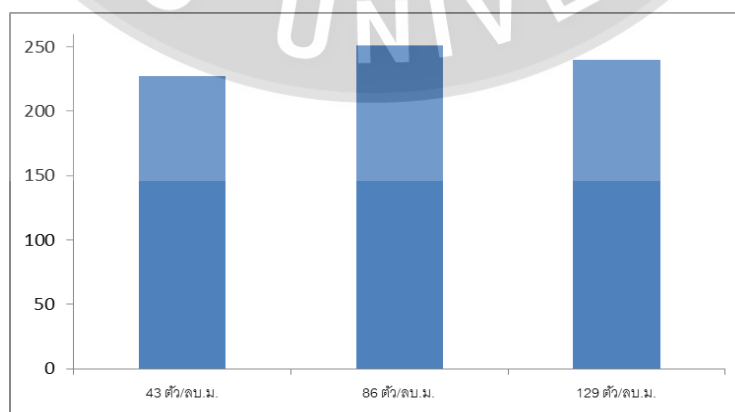
คุณภาพน้ำ	ไขมันลำปะหลัง (เปอร์เซ็นต์)				P-Value
	0	2.0	3.5	5.0	
อุณหภูมิ	26.28±0.01	26.30±0.02	26.33±0.04	26.32±0.03	0.586
pH	7.51±0.07	7.49±0.03	7.52±0.00	7.51±0.03	0.067
DO (มิลลิกรัม/ลิตร)	5.39±0.16	5.44±0.12	5.57±0.17	5.35±0.20	0.141
แอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.228±0.01	0.222±0.00	0.236±0.00	0.225±0.00	0.070
ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.016±0.00	0.015±0.00	0.018±0.00	0.019±0.00	0.281

เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไขมันลำปะหลังที่ระดับแตกต่างกัน

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5 การศึกษาการเลี้ยงปลานิลด้วยความหนาแน่นสูงในบ่อคอนกรีตที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิด
การเจริญเติบโต และอัตราการรอด

1 น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม/ตัว) ที่เลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน

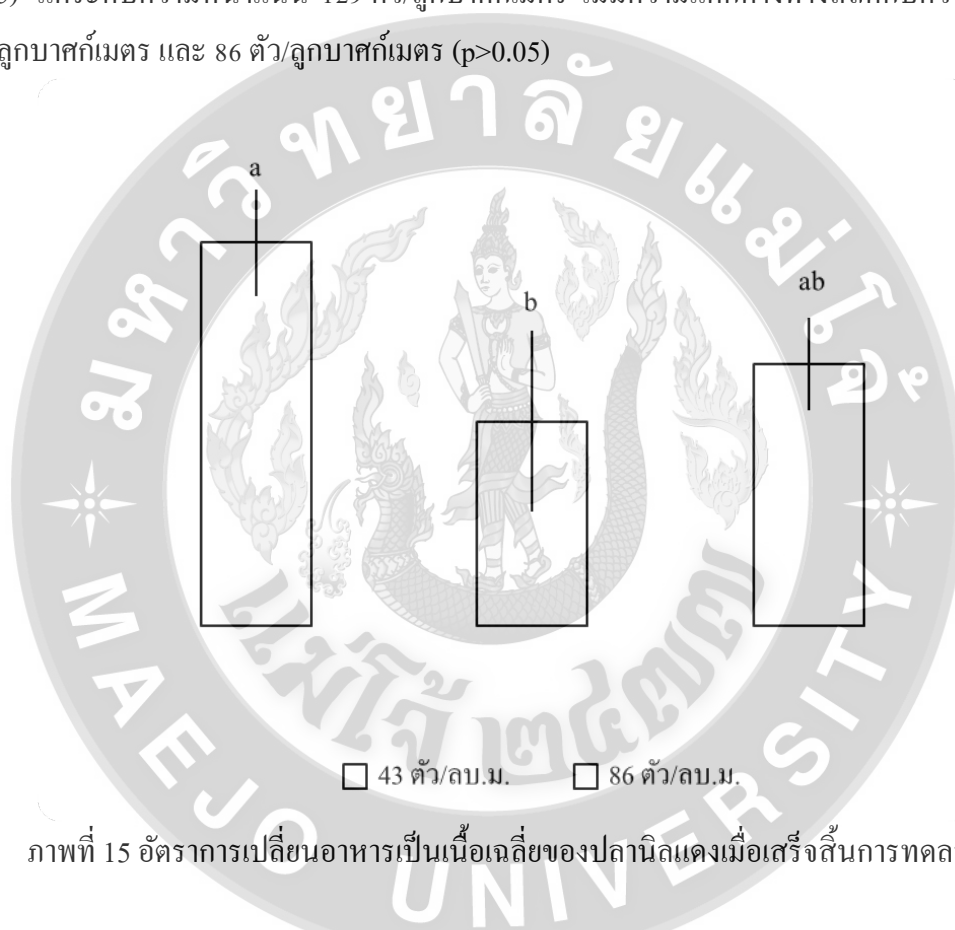
น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของปลานิลของแต่ละหน่วยการทดลองมีค่าเท่ากับ 227.13±22.38, 251.05±22.72 และ 239.53±21.03 กรัม/ตัว ตามลำดับ โดยเมื่อนำค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสุดท้ายมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของปลานิลไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) จากการทดลองเลี้ยงปลานิลแดงที่ระดับความหนาแน่น 86 ตัว



ภาพที่ 14 การเจริญเติบโตของปลานิลแดง

2 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีนที่ระดับ 40 %

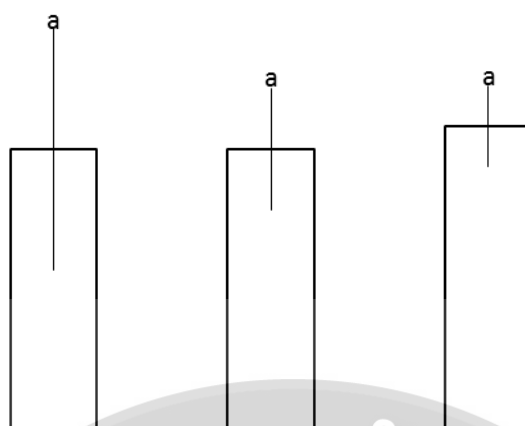
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) พบว่า ปลานิลแดงในหน่วยการทดลองที่ 1 เลี้ยงที่ความหนาแน่น 86 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อน้อยที่สุดเท่ากับ 1.26 ± 0.11 รองลงมาคือ หน่วยการทดลองที่ 3 และ 1 ซึ่งเลี้ยงที่ความหนาแน่น 129 ตัว/ลูกบาศก์เมตร และ 43 ตัว/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ 1.33 ± 0.06 และ 1.48 ± 0.07 ตามลำดับ เมื่อนำค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ระดับความหนาแน่น 86 ตัว/ลูกบาศก์เมตร มีความแตกต่างทางสถิติกับความหนาแน่น 43 ตัว/ลูกบาศก์เมตร ($p < 0.05$) แต่ระดับความหนาแน่น 129 ตัว/ลูกบาศก์เมตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับความหนาแน่น 43 ตัว/ลูกบาศก์เมตร และ 86 ตัว/ลูกบาศก์เมตร ($p > 0.05$)



ภาพที่ 15 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยของปลานิลแดงเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง

3 อัตรารอดของปลานิลแดงที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน

อัตรารอดของปลานิลแดงเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง พบว่าอัตราการรอดของปลานิลแดงในหน่วยการทดลองที่ 3 สูงที่สุดคือ 94.44 ± 1.93 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ หน่วยการทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 93.33 ± 5.77 และ 93.33 ± 2.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตรารอดมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อัตรารอดของปลานิลแดงทั้ง 3 หน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 16 อัตราอคของปลานิลแดงเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6 การเลี้ยงปลาหมอเทศเดี่ยวเพื่อผลประโยชน์ทางการค้า

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเทศเดี่ยว ผลของน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (Average diary growth, ADG) ที่ช่วงอายุ 12 สัปดาห์จากการศึกษาการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเทศเดี่ยว พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลาหมอไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยปลาหมอที่เลี้ยงแบบเทศเดี่ยวมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวันสูงที่สุด รองลงมาคือปลาหมอที่เลี้ยงแบบคละเทศ และปลาหมอที่เลี้ยงแบบเทศผู้ล้วนตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 17



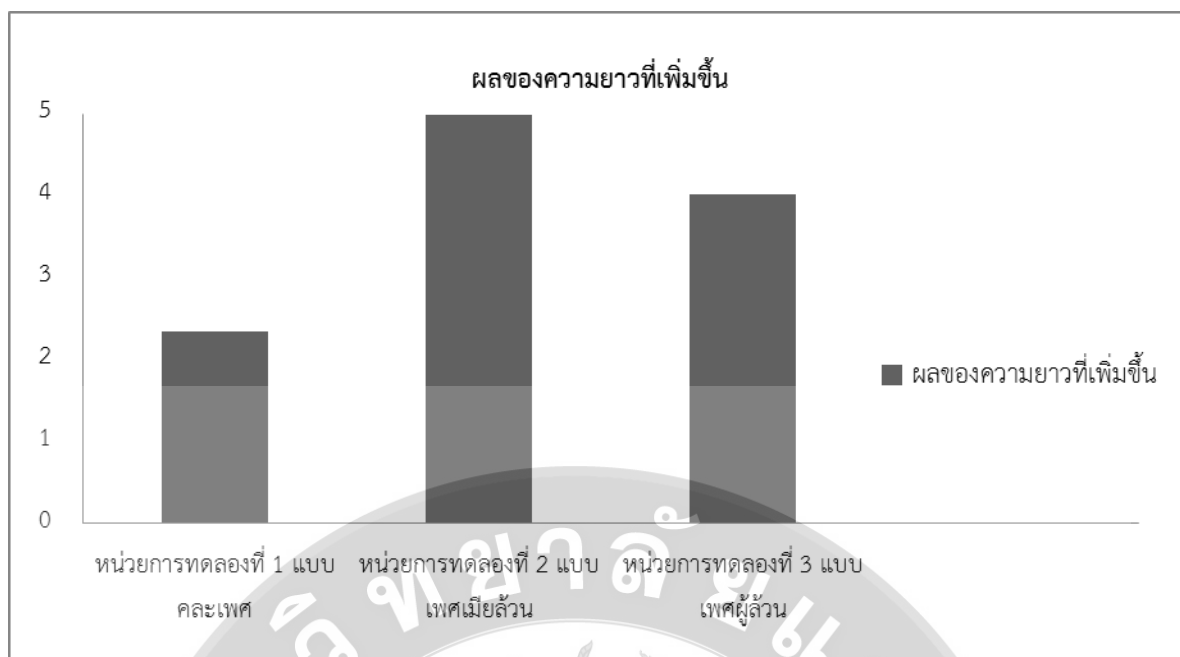
ภาพที่ 17 ผลของน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน(กรัม)

ผลของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR) ที่ช่วงอายุ 12 สัปดาห์จากการศึกษาการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเพศเดี่ยว พบว่าผลของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยปลาหมอที่เลี้ยงแบบคละเพศมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงที่สุด รองลงมาคือปลาหมอที่เลี้ยงแบบเพศผู้ล้วน และปลาหมอที่เลี้ยงแบบเพศเมียล้วนตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ผลของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ(กรัม)

ผลของความยาวที่เพิ่มขึ้นจากการศึกษาการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเพศเดี่ยวที่ช่วงอายุ 12 สัปดาห์ พบว่า ผลของความยาวที่เพิ่มขึ้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเพศเมียล้วนมีความยาวที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด รองลงมาคือปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเพศผู้ล้วน และปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบคละเพศตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 19



ภาพที่ 19 ผลของความยาวที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)

ผลของการเจริญเติบโตในปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเพศเดี่ยว พบว่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของหน่วยการทดลองที่ 1 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนผลของความยาวที่เพิ่มขึ้น พบว่าความยาวที่เพิ่มขึ้นของหน่วยการทดลองที่ 2 มีความแตกต่างกับหน่วยการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับหน่วยการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนหน่วยการทดลองที่ 3 มีความยาวที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกับหน่วยการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ค่าการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยของหน่วยการทดลองที่ 1 2 และ 3

หน่วยการทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)	ความยาวที่เพิ่มขึ้น (CM)
หน่วยการทดลองที่ 1 คละเพศ	0.04±0.01	0.16±0.06	2.34±0.27 ^a
หน่วยการทดลองที่ 2 เพศเมีย	0.05±0.00	0.10±0.00	4.98±0.06 ^b
หน่วยการทดลองที่ 3 เพศผู้	0.03±0.01	0.15±0.00	4.01±0.09 ^{ab}

หมายเหตุ : อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลของอัตราการรอดของปลาไทยในหน่วยการทดลองต่างๆ ที่อายุ 12 สัปดาห์ พบว่าอัตราการรอดของหน่วยการทดลองที่ 1 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยหน่วยการทดลองที่ 1 มีอัตราการรอดสูงที่สุด รองลงมาคือหน่วยการทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 อัตราการรอดของปลาหมอไทยในหน่วยการทดลองต่างๆ ที่อายุ 12 สัปดาห์

หน่วยการทดลอง	อายุ (สัปดาห์)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)
หน่วยการทดลองที่ 1 คละเพศ	12	88.01 ± 1.53^a
หน่วยการทดลองที่ 2 เพศเมีย	12	83.30 ± 3.71^a
หน่วยการทดลองที่ 3 เพศผู้	12	80.14 ± 0.88^a

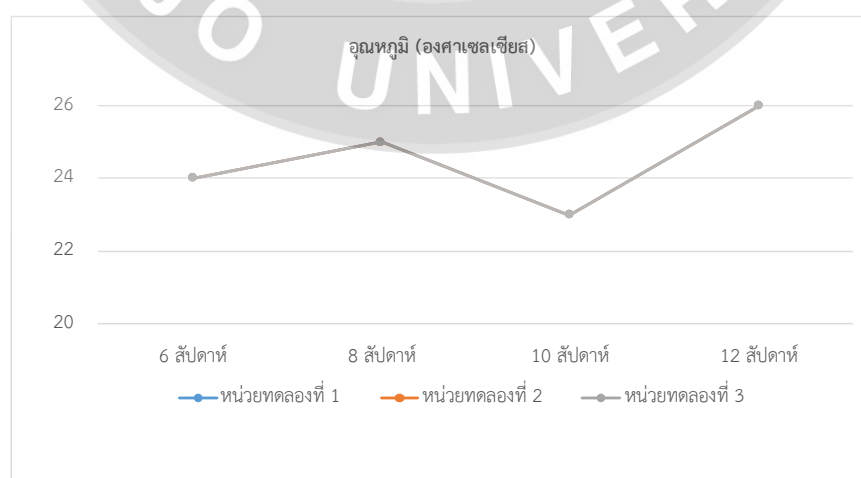
หมายเหตุ : a ($P<0.05$)

คุณภาพน้ำ

จากการศึกษาปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาหมอไทยของหน่วยการทดลองที่ 1 2 และ 3 ที่ช่วงอายุ 6 8 10 และ 12 สัปดาห์ พบว่า

อุณหภูมิอากาศ

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในหน่วยการทดลองต่างๆ คือ หน่วยการทดลองที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับพบว่าทุกหน่วยการทดลองมีแนวโน้มการลดลงและเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศไม่แตกต่างกัน และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 24 – 26 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 20) ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิอากาศย่อมเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพดินฟ้าอากาศและช่วงเวลาในรอบวัน



ภาพที่ 20 อุณหภูมิอากาศในการเลี้ยงปลาหมอ

อุณหภูมิ

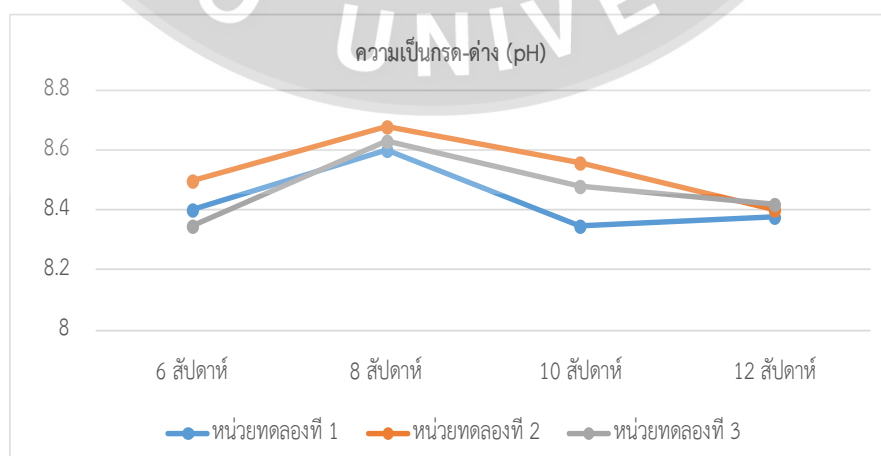
เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิในหน่วยการทดลองต่างๆ คือ หน่วยการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับพบว่า ทุกหน่วยการทดลองมีแนวโน้มการลดลงและเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิไม่แตกต่างกันและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 21 – 24 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 21) ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิอากาศย่อมเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพดินฟ้าอากาศและช่วงเวลาในรอบวัน



ภาพที่ 21 อุณหภูมิในการเลี้ยงปลาหมอ

ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

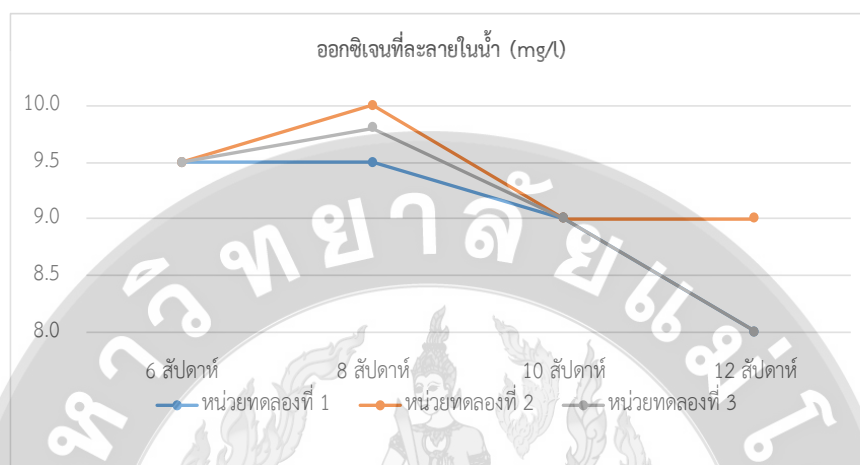
ค่า pH (ความเป็นกรด – ด่าง) เป็นสิ่งที่บ่งบอกให้ทราบถึงความเข้มข้นของสภาพความเป็นกรดหรือสภาพความเป็นด่างของสารละลายโดยวัดออกมาในรูปของแอกทิวิตีของไฮโดรเจนไอออน (วิลเลียมส์ กิจจนะพานิช, 2531) เมื่อเปรียบเทียบค่า pH ในหน่วยการทดลองต่างๆ คือ หน่วยการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ พบว่าทุกหน่วยการทดลองมีแนวโน้มการลดลงและเพิ่มขึ้นของค่า pH อยู่ระหว่าง 8.3 – 8.7 (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 22 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในการเลี้ยงปลาหมอ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO)

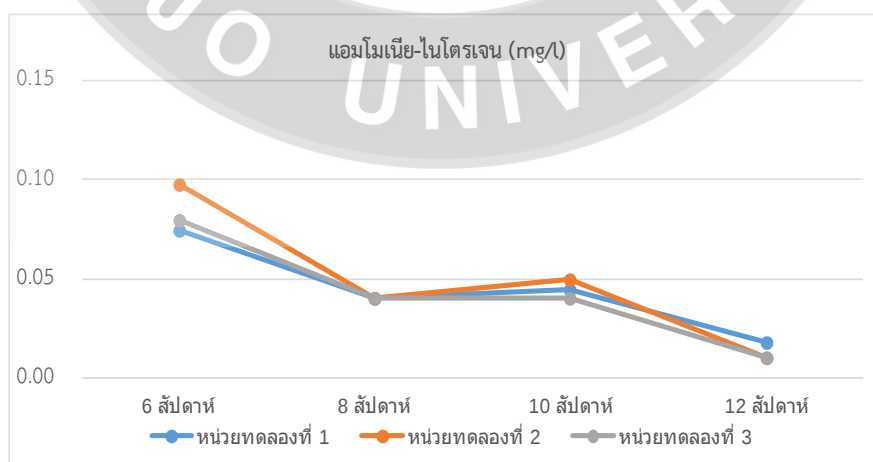
ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO) เป็นสิ่งที่บ่งบอกให้ทราบถึงความเข้มข้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO) (ประเทือง, 2538) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่า DO ในหน่วยการทดลองต่างๆ คือ หน่วยการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ พบว่าทุกหน่วยการทดลองมีแนวโน้มการลดลงและเพิ่มขึ้นของค่า DO ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 8.3 – 8.7 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 23 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO) ในการเลี้ยงปลาหมอ

แอมโมเนีย ไนโตรเจน

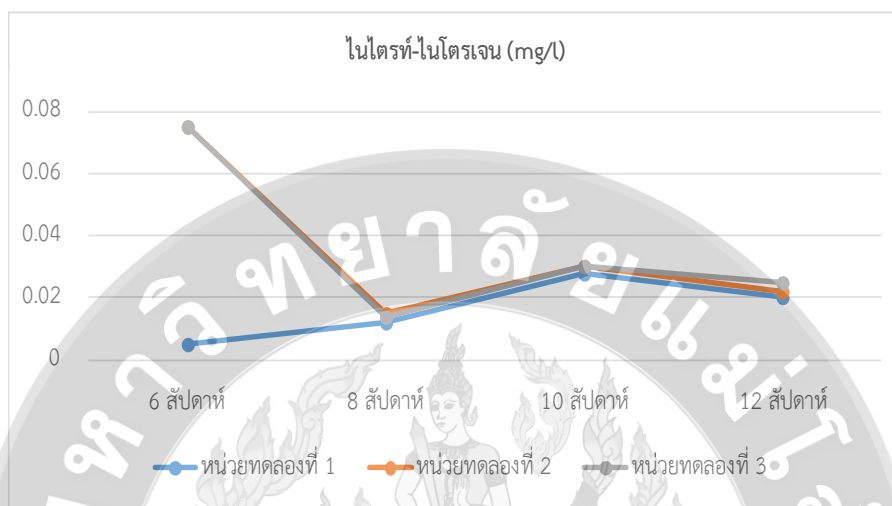
เมื่อศึกษาค่าปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน ในหน่วยการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับพบว่าปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย ไนโตรเจน ในสัปดาห์ที่ 6, 8, 10 และ 12 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.01 – 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับและนอกจากนี้เมื่อนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจนในการเลี้ยงปลาหมอ

ไนโตรที่ไนโตรเจน

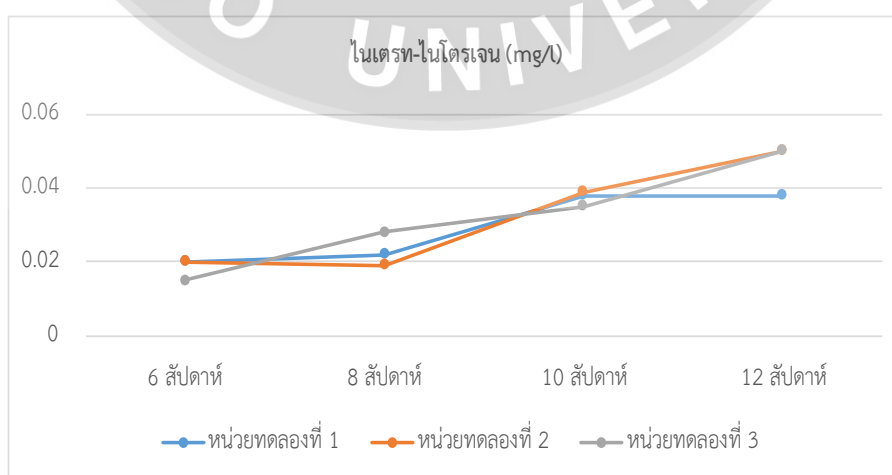
เมื่อศึกษาปริมาณไนโตรที่ ไนโตรเจนในหน่วยการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับพบว่าปริมาณความเข้มข้นของไนโตรที่ ไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 6, 8, 10 และ 12 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.005 – 0.031 มิลลิกรัมต่อลิตรและนอกจากนี้เมื่อนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ปริมาณไนโตรที่ไนโตรเจนในการเลี้ยงปลาหมอ

ไนเตรตไนโตรเจน

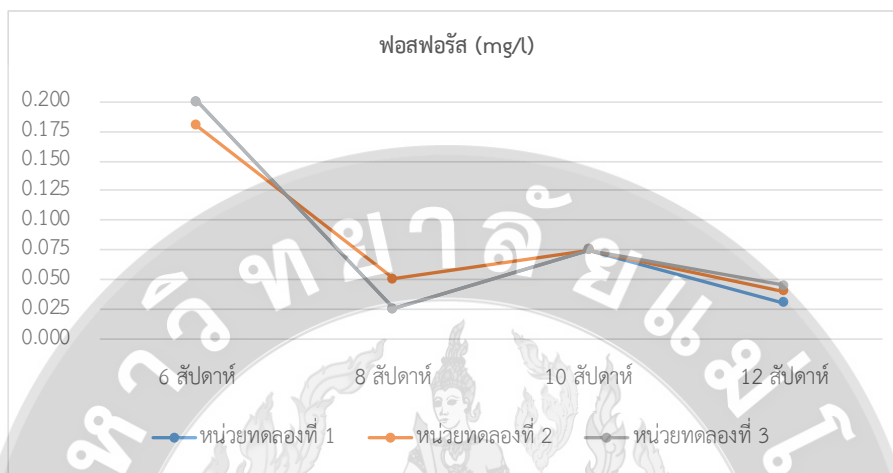
เมื่อศึกษาปริมาณไนเตรต ไนโตรเจนในหน่วยการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับพบว่าปริมาณความเข้มข้นของไนเตรต ไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 6, 8, 10 และ 12 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.016 – 0.051 มิลลิกรัมต่อลิตรและนอกจากนี้เมื่อนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 ปริมาณไนเตรตไนโตรเจนในการเลี้ยงปลาหมอ

ฟอสฟอรัส

เมื่อศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในหน่วยการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ พบว่าปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสัปดาห์ที่ 6, 8, 10 และ 12 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.022 – 0.223 มิลลิกรัมต่อลิตร และนอกจากนี้เมื่อนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 27



ภาพที่ 27 ปริมาณฟอสฟอรัสในการเลี้ยงปลาหมอ

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบเพศเดี่ยวผลการทดลองพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวันของกลุ่มที่ปลาหมอไทยเพศเมียมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด แต่ผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อพบว่ากลุ่มที่ 1 ปลาหมอไทยเพศเมียมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด แต่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ความยาวที่เพิ่มขึ้นพบว่า ความยาวของกลุ่มที่ 1 ปลาหมอเพศเมีย มีความยาวมากที่สุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการศึกษาพบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรชัย(2523) ทำการศึกษาเรื่องการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงโดยวิธีแยกเพศ ปรากฏว่า ปลานิลเพศผู้เจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาได้แก่ปลานิลที่เลี้ยงไว้โดยวิธีผสมเพศ ส่วนปลานิลเพศเมียมีการเจริญเติบโตที่ต่ำที่สุด การเจริญเติบโตของปลาทดลองตั้งแต่วันแรกของการทดลองจนถึงวันที่ 15 ยังไม่มีความแตกต่างกัน หลังจากวันที่ 15 ถึงวันที่ 105 การเจริญเติบโตของปลานิลเพศผู้ ปลานิลที่เลี้ยงแบบผสมเพศ และปลานิลเพศเมีย พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดลองมีข้อเสนอแนะว่า น้ำหนักและความยาวที่เพิ่มต่อวันของปลานิลทดลองทั้งหมดมีการเพิ่มในอัตราสูงช่วงวันที่ 16-30, 31-45, 46-60, 76-90, และ 91-105 แต่ในระยะเวลาทดลองอยู่ในช่วงกลางฤดูฝนถึงต้นฤดูหนาวซึ่งอากาศมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมากถ้าช่วงระยะเวลาใดที่อุณหภูมิของน้ำมีค่าระหว่าง 25-28 องศาเซลเซียส มีแสงแดดพอเพียงในช่วงเวลานั้น น้ำหนักและความยาวเพิ่มต่อวันของปลานิลทดลองทั้ง 12 บ่อ มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ถ้าช่วงระยะเวลาใด อุณหภูมิของน้ำต่ำกว่า 25 องศา

เซลเซียส แสงแดดน้อย ปลานิลทดลองกินอาหารลดลง ช่วงนั้นพบว่า น้ำหนักและความยาวเพิ่มต่อวัน โดยเฉลี่ยของปลานิลทดลองทั้งหมด เพิ่มขึ้นในอัตราที่น้อยกว่าเดิม นอกจากนั้นยังมีงานวิจัยที่สนับสนุน การเลี้ยงปลาโดยวิธีแยกเพศ ดังงานวิจัย นวลมณี(2537) ทำการศึกษาเรื่องการควบคุมเพศปลาอุกให้เป็นเพศเมียทั้งหมด บัญชา และคณะ(2538) ทำการศึกษาเรื่องการควบคุมเพศปลาสร้อยให้เป็นเพศเมีย พุทธรัตน์ และ นวลมณี (2538) ทำการศึกษาเรื่องการเพาะพันธุ์ปลานิลเพศผู้เพื่อใช้ในการเลี้ยงแบบเพศผู้ทั้งหมด ครรชิต และ คณะ(2541) ทำการศึกษาเรื่องการควบคุมเพศปลาหมอไทยให้เป็นเพศเมีย นอกจากนั้น ไมตรี (2551) ทำการศึกษาเรื่องการเลี้ยงปลาแปลงเพศในบ่อซีเมนต์ อัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร เป็นระยะเวลา 105 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่า น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และค่าดัชนีความสัมพันธ์ของอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่อัตราการรอดตาย และอัตรา การแลกเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าปลาหมอชุดแปลงเพศมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าปลาหมอชุดควบคุมอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามการทดลองอาจกล่าวได้ว่าการเลี้ยงปลาหมอไทยเพศเดียว เป็นเพศเมียทั้งหมดอาจมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีแต่ควรเลี้ยงในฤดูหรืออุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอไทย เพื่อการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ดีกว่า

จากการศึกษาปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาหมอ พบว่า มีค่าอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำอยู่ระหว่าง 24-26 และ 21-24 องศาเซลเซียส ค่า pH 8.3-8.7 DO 8.3-8.7 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย ไนโตรเจน 0.01-0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ ไนโตรเจน 0.005-0.031 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต ไนโตรเจน 0.016-0.051 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัส 0.022-0.223 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยต่างๆ ทางกายภาพและเคมีของน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนไตรท์ ไนโตรเจน ไนเตรต ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในทุกหน่วยการทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถเลี้ยงปลาหมอไทยได้ดี ไม่เป็นอันตรายและไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของปลา ซึ่งคุณภาพน้ำดังกล่าวไว้ในข้างต้นเหมาะสมอย่างยิ่งกับการเพาะเลี้ยงปลาหมอไทยได้ และยังสามารถเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่นได้ โดยไม่มีผลกระทบ

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7 การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเหงือกในปลานิล (*Flavobacterium columnare*) เพื่อพัฒนาเป็นวัคซีนป้องกันโรค

ตารางที่ 26 การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2556

ลำดับ	วันที่	ชนิด สัตว์น้ำ	รายละเอียดอาการ/ลักษณะ	ผลการวินิจฉัย ภายนอก	ผลการวินิจฉัย ภายใน	ผลการทดสอบ ความไวของ ยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
1	22/03/56	นิลแดง	กินอาหารได้น้อย ตัวซีด มีการใช้ยา Enrofloxacin ไม่มีการตรวจวัด คุณภาพน้ำ	ปกติ ไม่พบ ปรสิต หรือรอย โรค	ปกติ	-	-
2	18/04/56	นิลแดง	ขนาด 5.5", 5.8g. ไม่มีเครื่องให้ อากาศ ปล่อย 2000ตัว กระชัง 4x6x2m. ฟาร์มคุณลาวัลย์ แปลงแสง อ.สารภี เชียงใหม่	- ตกเลือดบริเวณ ลำตัว - เหงือกเน่า - ครีบหางกร่อน - <i>Flavobacterium</i>	- ตัวซีด - น้ำในช่องท้อง มากผิดปกติ	Enrofloxacin (ENR5), Oxytetracycline (OT30) และ Sulphamethoxazole (RL25) ผลปรากฏว่าไม่มียาตัวใดที่สามารถ ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ดีที่ สุดแต่ตัวยา Enrofloxacin ก่อนข้างจะ มีผลต่อเชื้อแบคทีเรียได้ดีกว่ายาอีก สองชนิดคือ Oxytetracycline และ Sulphamethoxazole	1. ดักปลา ที่ป่วยและ ตายออก โดยเร็ว ที่สุด 2. ห้าม เคลื่อนย้าย ปลาช่วงนี้ เพราะจะท ให้สูญเสีย มาก

ตารางที่ 26 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2556

ลำดับ	วันที่	ชนิดสัตว์น้ำ	รายละเอียดอาการ/ลักษณะ	ผลการวินิจฉัย	ผลการวินิจฉัย	ผลการทดสอบ ความไวของยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
				ภายนอก	ภายใน		
3	18/04/56	นิลแดง	ขนาด 4.5” น้ำหนัก 46 g. วรูฒิ ฟาร์ม ต.วังกระพือ อ.เมือง อุดรดิตถ์ ปล่อย ปลาปริมาณ 2,000ตัว ต่อกระชัง ขนาด 45 ลูกบาศก์เซนติเมตร อายุ 40 วัน มีเครื่องให้อากาศ pH 7.8 - Transparency 35	- มีอาการตกเลือด - บริเวณลำตัว - เหงือกเน่า ครีบ หาง - กร่อน พบเชื้อ <i>Flavobacterium</i> อย่างเห็นได้ชัดเจน	- ตับซีด - มีน้ำในช่องท้อง ป ร ิ ม า ณ ม า ก ผิดปกติ	Enrofloxacin (ENR5) , Oxytetracycline (OT30) และ Sulphamethoxazole (RL25) ผลปรากฏว่า ไม่มียาตัวใดที่สามารถ ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ดีที่สุด แต่ตัวยา Enrofloxacin ก่อนข้างจะมีผล ต่อเชื้อแบคทีเรีย ได้ดีกว่ายาอีกสอง ชนิด คือ Oxytetracycline และ Sulphamethoxazole	1.ตัดปลาที่ ป่วย และ ตาย ออก อย่างเร็ว ที่สุด 2.ห้ ำ ม เคลื่อนย้าย ปลาช่วงนี้ เพราะจะทำ ให้สูญเสีย เยอะ 3.ให้อากาศ เต็มที่ 4.เติมเกลือ ในบ่อ

ตารางที่ 26 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2556

ลำดับ	วันที่	ชนิด สัตว์น้ำ	รายละเอียดอาการ/ลักษณะ	ผลการวินิจฉัย ภายนอก	ผลการวินิจฉัย ภายใน	ผลการทดสอบ ความไวของ ยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
4	25/04/56	นิลแดง	บ่ออนุบาลลูกปลา อ.แม่แตง จ. เชียงใหม่ปล่อยปลาขนาด 0.35 g. ปัจจุบันอายุ 85 วัน ขนาดประมาณ 90g/pcs -Ammonium 0 -DO 6 -pH 7.8	- ปลามีอาการ ลอยตัวเกาะกลุ่ม - เก็ดคยกร กรีบ กร่อน ตกเลือด เหงือกขาว บวม	พบปรสิตกลุ่มเห็บ ระฆังปริมาณมาก ผิวกายเห็งอกมี อาหารบวมแดง พบปรสิตกลุ่มปลิง ใสในปริมาณมาก บริเวณลำตัว	ได้แก่ Enrofloxacin (ENR5), Oxytetracycline (OT30) และ Sulphamethoxazole (RL25) ผลปรากฏว่า Enrofloxacin สามารถ ยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ดีที่สุด แต่ตัว ยา รองลงมาคือ Sulphamethoxazole แต่ Oxytetracycline ไม่มีผลยับยั้งการ เจริญของเชื้อเลยแม้แต่น้อยจึงแนะนำให้ ให้ใช้ยา Enrofloxacin ในการรักษา	
5	3/05/56	นิลแดง บ่อ A3, A4 และ A5	A3 อายุ 14 วัน A4 อายุ 92 วัน A5 อายุ 93 วัน E-mail: nook270427@yahoo.com	เหงือกเน่า กรีบหางกร่อน มีเก็ดคยกรหลุดบางจุด ของลำตัว	ตับซีด พบปลิงใส บริเวณ ลำตัว ของปลาใน บ่อ A5 พบเห็บระฆัง	Enrofloxacin (ENR5) , Oxytetracycline (OT30) และ Sulphamethoxazole (RL25) ผลปรากฏว่า Enrofloxacin ก่อนข้าง ยับยั้งการเจริญเชื้อได้ดีที่สุด ส่วนตัวยา	ตัดปลาที่ ป่วยและ ตายออก อย่างรวดเร็ว ที่สุดห้าม เคลื่อนย้าย

ตารางที่ 26 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2556

ลำดับ	วันที่	ชนิด สัตว์น้ำ	รายละเอียดอาการ/ลักษณะ	ผลการวินิจฉัย ภายนอก	ผลการวินิจฉัย ภายใน	ผลการทดสอบ ความไวของ ยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
				- พบเชื้อ <i>Flavobacterium</i> อย่างเห็นได้ชัดเจน	บริเวณลำตัวของ ปลาในบ่อ A5	รองลงมาคือ Sulphamethoxazole แต่ Oxytetracycline ซึ่งมีผลต่อการเจริญ ของเชื้อได้น้อยมากจึงแนะนำให้ใช้ยา Enrofloxacin ในการรักษาทั้ง 3 บ่อ	ปลาช่วงนี้ เพราะจะทำให้ ให้สูญเสีย เยอะ ให้อากาศ เต็มที่ เดิมเกลือใน บ่อ
6	10/05/56	นิลแดง	ฟาร์ม คุณวิวรรณ จ.เชียงใหม่ นิล แดง ปล่อย 8,300 ตัว ต่อกระชัง ขนาด 5x5 เมตร ลึก 2 เมตร 20 กระชังอายุ 1 เดือน 20 วันมีเครื่อง ให้อากาศ	- มีอาการว่ายน้ำ คางส่วน - ทอย ตาย สีซีด - เหงือกเน่า	- อวัยวะภายใน ปกติ - พบปลิงใส และ เห็บระฆังบริเวณ ลำตัวและเหงือก	Enrofloxacin(ENR5) , Oxytetracycline (OT30 แ ล ะ Sulphamethoxazole (RL25) ผลปรากฏว่า มีปริมาณเชื้อที่ ค่อนข้างจะน้อย การต้านของยาจึง ค่อนข้างทำได้ดี โดยเฉพาะตัวยา Enrofloxacin ค่อนข้างจะมีผลต่อเชื้อ แบคทีเรีย ได้ดีกว่า รองลงมา	1. ดักปลาที่ ป่วย และ ตายออก อย่างเร็ว ที่สุด

ตารางที่ 26 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2556

ลำดับ	วันที่	ชนิด สัตว์น้ำ	รายละเอียดอาการ/ลักษณะ	ผลการวินิจฉัย ภายนอก	ผลการวินิจฉัย ภายใน	ผลการทดสอบ ความไวของ ยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
						คือ Oxytetracycline และ Sulphamethoxazole จึงแนะนำให้ใช้ ยา Enrofloxacin ในการรักษา ร่วมกับ การสาดฟอร์มาลิน เพื่อกำจัดเห็บ ระงับและปลิงในที่อาจเป็นตัวเห็บ ทำให้เกิดภาวะโรคแทรกซ้อนในปลา	2 . ห้า ม เคลื่อนย้าย ปลาช่วงนี้ จะ ทำให้ สูญเสีย 3. ให้อากาศ เต็มที่
7	10/05/56	นิลแดง	ฟาร์ม คุณศักดิ์ดา จ.เชียงใหม่ นิล แดง 6,000 ตัว ต่อกระชังขนาด 5x5 เมตร ลึก 2 เมตร 12 กระชัง อายุ 1 เดือน 20 วันมีเครื่องให้อากาศ	-มีอาการว่ายน้ำ ควงส่ว้น -ทยอย ตาย -สีซีด -เหงือกเน่า	-อวัยวะภายใน ปกติ -พบปลิงใส และ เห็บระงับบริเวณ ลำตัวมากผิดปกติ และเหงือก	Enrofloxacin (ENR5), Oxytetracycline (OT30) และ Sulphamethoxazole (RL25) ผลปรากฏว่า มีปริมาณเชื้อที่ค่อนข้าง จะ น้อย การต้านของยาจึงค่อนข้างทำได้ดี โดยเฉพาะตัวยา Enrofloxacin ค่อนข้าง จะมีผลต่อเชื้อแบคทีเรีย ได้ดีกว่า รองลงมา	1. ตักปลา ที่ป่วยและ ตายออก อย่างรวดเร็ว ที่สุด 2 . ห้า ม เคลื่อนย้าย ปลาช่วงนี้

ตารางที่ 26 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2556

ลำดับ	วันที่	ชนิด สัตว์น้ำ	รายละเอียดอาการ/ลักษณะ	ผลการวินิจฉัย ภายนอก	ผลการวินิจฉัย ภายใน	ผลการทดสอบ ความไวของ ยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
						คือ Oxytetracycline และ Sulphamethoxazole จึงแนะนำให้ใช้ยา Enrofloxacin ใน การรักษา ร่วมกับการสาดฟอรัมาลิน เพื่อกำจัดเห็บระงังและปลิงในที่อาจ เป็นตัวเห็บทำให้เกิดภาวะโรค แทรกซ้อนในปลา	3. ให้ อากาศ เต็มที่ 4. เติมเกลือ ในบ่อ 5. โรยปูน ขาวที่ขอบ บ่อ ก่อน ฝนตกทุก ครั้ง
8	10/05/56	นิลแดง	ขนาด 3.5" น้ำหนักเฉลี่ย 11.6 g. ปริมาณปลาที่ปล่อย 40,000 ตัว / 900Q ปลาอายุ 1 เดือน (ขนาดปล่อยปลา 0.35g.) - alkaline 110 -pH 7.6-7.7	ตัวอย่างปลาที่ส่ง มา ลักษณะ ภายนอกสีซีดผิดปกติเหงือกนํ้า และบวม จากการตรวจ ภายในได้	อวัยวะภายในมี ตับซีดเหลือง ผิดปกติใน ช่องท้อง เล็กน้อย	ไม่มีการทดสอบยา	1. ตักปลา ที่ป่วยและ ตายออก โดยเร็ว

ตารางที่ 26 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2556

ลำดับ	วันที่	ชนิด สัตว์น้ำ	รายละเอียดอาการ/ลักษณะ	ผลการวินิจฉัย ภายนอก	ผลการวินิจฉัย ภายใน	ผลการทดสอบ ความไวของ ยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
			Transparency 25.30 ฟาร์มเกษตรกร บ้านต้นผึ้ง ต.แม่หอพระ อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	กล้องจุลทรรศน์ พบมีเห็บระฆัง ปริมาณมาก ผิดปกติบริเวณ เหงือกพบ <i>Flavobacterium</i>			3. ให้ อากาศ เต็มที่ 4. เติมเกลือ ในบ่อ
9	22/06/56	นิลแดง	เขื่อนกัวลม จังหวัดลำปาง - ปล่อย 2,000 ตัว ขนาดกระชัง 5x5x5x2 - น.น 0.35 g (ลงได้ประมาณ 10 วัน) - อาการทยอยตาย ได้ประมาณ 1 สัปดาห์ - มีฝนตกก่อนปลาเกิดอาการ ประมาณ 1 สัปดาห์ล่วงหน้า DO 6 (นอกกระชัง 7) - pH 7.6 - Alkaline 120	- เหงือกแดง ผิดปกติ - ตัวซีด - มีรอยแดง เล็กน้อยบริเวณ ลำตัว	- พบปลิงใสใน ปริมาณมาก ผิดปกติ บริเวณหัว ลำตัว - พบเห็บระฆังใน ปริมาณมาก บริเวณลำตัว - เหงือกมีอาการ ซีด มีรอยโรค ชนิด <i>Falvobacterium</i>	Enrofloxacin(ENR5), Oxytetracycline (OT30) และ Sulphamethoxazole (RL25) ผลปรากฏว่า มีปริมาณเชื้อที่ ค่อนข้างจะน้อย การต้านของยาจึง ค่อนข้างทำได้ดี โดยเฉพาะด้วยยา Enrofloxacin ค่อนข้างจะมีผลต่อเชื้อ แบคทีเรีย ได้ดีกว่า รองลง	1. ดักปลา ที่ป่วยและ ตายออก โดยเร็ว 2. ห้าม เคลื่อนย้าย ปลาช่วงนี้

ตารางที่ 26 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2556

ลำดับ	วันที่	ชนิด สัตว์น้ำ	รายละเอียดอาการ/ลักษณะ	ผลการวินิจฉัย ภายนอก	ผลการวินิจฉัย ภายใน	ผลการทดสอบ ความไวของ ยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
						มาคือ Sulphamethoxazole ส่วน Oxytetracycline นั้น ไม่มีผลในการ ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเบื้องต้น จึง แนะนำให้ใช้ยา Enrofloxacin ในการ รักษา ร่วมกับการสาดฟอร์มาลิน เพื่อ กำจัดเห็บระฆังและปลิงในที่อาจเป็น ตัวเหี่ยวทำให้เกิดภาวะโรคแทรก ซ้อนในปลา	3. ให้ อากาศ เต็มที่ 4. เติมน้ำเกลือ ในบ่อ 5. ระบาย น้ำที่บริเวณ ขอบบ่อ
10	22/08/56	นิลแดง	ฟาร์มเกษตรกร ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน ปล่อยปลา ปริมาณ 70,000 ตัว/3 บ่อ (บ่อดิน) ขนาดปล่อย 0.35 ไร่ บ่อดินอนุบาล ขนาด 1 งาน 3 บ่อ ความลึก 2 เมตร อายุ 1 เดือน 20 วัน	-มีอาการว่ายน้ำ ลอยหัว ทอย ตายลำตัวซีด มี อาการบวมแดง บริเวณเหงือกพบ เห็บระฆังบริเวณ ลำตัวและเหงือก ในปริมาณที่ มากกว่าปกติ	-อวัยวะภายใน ปกติ	Enrofloxacin (ENR5), Oxytetracycline (OT30) และ Sulphamethoxazole (RL25) ผล ปรากฏว่า มีปริมาณเชื้อที่ค่อนข้างจะ น้อย การต้านของยาจึงค่อนข้างทำได้ ดี โดยเฉพาะด้วยยา Enrofloxacin ค่อนข้างจะมีผลต่อเชื้อแบคทีเรีย ได้ ดีกว่า รองลงมาคือ Sulphamethoxazole	1. ตักปลา ที่ป่วยและ ตายออก 2. ห้าม เคลื่อนย้าย ปลาช่วงนี้ 3. ให้ อากาศ เต็มที่

ตารางที่ 26 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2556

ลำดับ	วันที่	ชนิด สัตว์น้ำ	รายละเอียดอาการ/ลักษณะ	ผลการวินิจฉัย ภายนอก	ผลการวินิจฉัย ภายใน	ผลการทดสอบ ความไวของ ยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
11	02/09/56	นิลแดง	- ฟาร์มนายจันทร์แก้ว ชีป็น อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ปล่อยปลาปริมาณ 60,000 ตัว (บ่อดิน) ขนาดปล่อย 0.35 กรัม - บ่อดินอนุบาล ขนาด 400 ลบ. - alkaline 280 - pH 7 - Transparency 32c - DO 7 - Am 0.4	- มีอาการว่ายน้ำลอยหัว - ครีบกร่อน - ทอยตาย ลำตัวซีด - มีอาการบวมแดงและซ้ำบริเวณเหงือก - พบเห็บระฆังและปลิงใสบริเวณลำตัวและเหงือก - ในปริมาณที่หนาแน่นมาก	- อวัยวะภายในปกติ	Enrofloxacin (ENR5) , Oxytetracycline (OT30) และ Sulphamethoxazole (RL25) ผลปรากฏว่า Enrofloxacin ค่อนข้างยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ดีที่สุด รองลงมาคือ Sulphamethoxazole แต่ Oxytetracycline ซึ่งไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจึงแนะนำให้ใช้ยา Enrofloxacin ในการรักษา	1. ตักปลาที่ป่วยและตายออกอย่างรวดเร็วที่สุด 2. ห้ามเคลื่อนย้ายปลาช่วงนี้เพราะจะทำให้สูญเสียเยื่อ 3. ให้อากาศเต็มที่

ตารางที่ 26 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2556

ลำดับ	วันที่	ชนิด สัตว์น้ำ	รายละเอียดอาการ/ลักษณะ	ผลการวินิจฉัย	ผลการวินิจฉัย	ผลการทดสอบ ความไวของ ยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
				ภายนอก	ภายใน		
12	1/10/56	ปลาดุก	ฟาร์ม คุณโอ 269 หมู่ 4 ต.หนอง หาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 300 ตัว ต่อบ่อขนาด 1x1 เมตร ลึก 1.5 เมตร อายุ 4 เดือน ไม่มีเครื่องให้อากาศ - alkaline - -pH 7.3 DO 3.0	อาการว่ายนํ้าลอย หัว ลักษณะ ภายนอกของปลา แผลตามลำตัว ครีบกร่อน ท้อง บวม	- ตับซีด - ไม่พบปรสิต	Enrofloxacin(ENR5), Oxytetracycline(OT30) Amoxilin(AML10) และ Sulphamethoxazole (RL25) ผล ปรากฏว่า ตัวยา Enrofloxacin ข้อน ข้างจะมีผลต่อเชื้อแบคทีเรีย ได้ ดีกว่า รองลงมาคือ คือ Oxytetracycline จึงแนะนำให้ใช้ยา Enrofloxacin ในการรักษาอาการติดเชื้อ แบคทีเรียของปลาดุก โดยใช้ตัว ยา Enrofloxacin คลุกกับอาหาร ให้ ปลากิน	1.ตัดปลาที่ ป่วยและตาย ออกอย่าง เร็วที่สุด 2.ห้าม เคลื่อนย้าย ปลาช่วงนี้ 4.เติมเกลือ ในบ่อ 5.โรยปูน ขาว
13	8- 11-56	นิลแดง	-อ่างหนองเปี้ย อ.ไชยปราการ น้ำ นายสมชัย นิลวัฒนา ปลานิลแดง เลี้ยงในอ่างเก็บน้ำ (กระชัง) -ขนาด กระชัง 3x6x1.5 m. -อัตราการปล่อย 1,100 ตัว/กระชัง	-อาการว่ายนํ้าลอย หัว มีแผลตกเลือด บริเวณมี ลำตัว ท้องมีอาการบวม (เหงือ่นา)	ปกติ	Enrofloxacin(ENR5),Oxytetracycline (OT30) Amoxilin(AML10) และ Sulphamethoxazole (RL25) ผลปรากฏ ว่า ตัวยา Enrofloxacinค่อนข้างจะมีผล ต่อเชื้อแบคทีเรียได้ดี	1.ตัดปลาที่ ป่วยและตาย ออกอย่าง เร็ว ห้าม เคลื่อนย้าย

ตารางที่ 26 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2556

ลำดับ	วันที่	ชนิด สัตว์น้ำ	รายละเอียดอาการ/ลักษณะ	ผลการวินิจฉัย ภายนอก	ผลการวินิจฉัย ภายใน	ผลการทดสอบ ความไวของ ยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
						ส่วน Oxytetracycline และ Amoxilin ไม่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย จึงแนะนำให้ใช้ยา Enrofloxacin ในการรักษาอาการติดเชื้อแบคทีเรียของปลานิลแดง โดยใช้ด้วยยา Enrofloxacin ผสมผสานกับการให้วิตามิน และการจัดการด้านคุณภาพน้ำพร้อมกัน	3.ให้อากาศ เต็มที่ หรือใช้ สายยางพ่นน้ำ ให้เกิดอากาศ 4.เดิมเกลือใน บ่อ 5.โรยปูนขาว ที่บริเวณขอบ บ่อ ก่อนฝน ตกทุกครั้ง
14	3 /11/56	นิลแดง	ฟาร์ม อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ บ่อ A5ขนาด น้ำหนัก 0.35 g. บ่อ B3 -ขนาด น้ำหนัก 20.35 g. บ่อ A5 ปล่อยวันที่ 23/10/56 มีการใช้ยา Enro ผสมอาหาร 20g/ปลา 60 kg. อายุ 40 วันบ่อ B3 ปล่อยวันที่ 29/10/56 มีการใช้ยา	มีอาการตกเลือด บริเวณลำตัว -เหงือกเน่า ครีบ หางกร่อน -พบแบคทีเรีย <i>Flavobacterium</i> ปริมาณมาก	-ตับซีด -มีน้ำในช่องท้อง ปริมาณมาก ผิดปกติ	ผลปรากฏว่า ตัวยา Enrofloxacin ค่อนข้างจะมีผลต่อเชื้อแบคทีเรีย ได้ดีกว่าส่วน Oxytetracycline และ Amoxilin ไม่มีผลยับยั้งเชื้อ แบคทีเรียจึงแนะนำให้ใช้	1.ดักปลาที่ป่วย และตายออก อย่างรวดเร็วที่สุด 2.ห้าม เคลื่อนย้ายปลา เพราะทำให้ สูญเสียมาก

ตารางที่ 26 (ต่อ) การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำแก่เกษตรกร ปี 2556

ลำดับ	วันที่	ชนิด สัตว์น้ำ	รายละเอียดอาการ/ลักษณะ	ผลการวินิจฉัย	ผลการวินิจฉัย	ผลการทดสอบ ความไวของ ยาปฏิชีวนะต่อโรค	ข้อเสนอแนะ
				ภายนอก	ภายใน		
			Enro ผสมอาหาร 20g/ปลา 60 kg. อายุ 40 วัน ปล่อย 7,000ตัว/บ่อ มีเครื่องให้อากาศ - alkaline 70 -pH 7.0	-พบเห็บระฆัง และปลิงใสใน ปริมาณมาก บริเวณลำตัวและ เหงือก		ยา Enrofloxacin ในการรักษา อาการ ติดเชื้อแบคทีเรียของปลานิลแดง โดยใช้ตัวยา Enrofloxacin ผสมผสานกับการให้วิตามิน และ การจัดการด้านคุณภาพน้ำไป พร้อมกัน	3.ให้อากาศ เต็มที หรือใช้ สายยางพ่นน้ำ ให้เกิดอากาศ 4.เติมเกลือใน บ่อ 5.โรยปูนขาว ที่บริเวณขอบ บ่อ ก่อนฝน ตกทุกครั้ง



ภาพที่ 28 การบริการตรวจโรคและให้คำแนะนำในการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำ



ภาพที่ 29 ตัวอย่างปลาที่ติดโรค *Flavobacterium columnare*

ลูกปลานิล น้ำหนักประมาณ 12 กรัม ความยาว 4.5 เซนติเมตร จากโรงเพาะฟัก คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ลักษณะอาการเบื้องต้นของโรค ปลาจะมีตัวสีด่างซีดเป็นแถบๆ มีเมือกมาก ผิดปกติ หางกุดกร่อน เหงือกกร่อน จากการตรวจวินิจฉัยโรคเชื้อแบคทีเรีย *Flavobacterium* ได้โดยทำ

สไลด์เปียก (wet mount) แบคทีเรียจะอาศัยอยู่บนเมือกของปลาปกติ และปลาที่เป็นโรค เมื่อนำสไลด์เปียก (wet mount) ไปส่องดูใต้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นแบคทีเรียมีการรวมกลุ่มกันเป็นกองฟาง (ภาพที่ 30) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งของเชื้อแบคทีเรียนี้

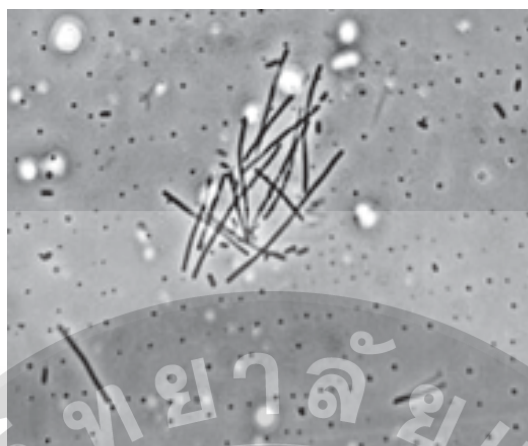


ภาพที่ 30 การรวมกลุ่มของแบคทีเรีย *F. columnare*

มีลักษณะคล้ายกองฟาง (haystack-like) จากการทำสไลด์เปียก (wet mount)

จากการพยายามแยกเชื้อ *Flavobacterium* sp. จากรอยโรคบริเวณเหงือกและบริเวณครีบหางของ ปลานิลที่มีอาการของโรค คือ มีตัวสีดำซิดเป็นแถบๆ มีเมือกมากผิดปกติ ครีบกร่อน เหงือกกร่อน โดยใช้ อาหารเลี้ยงเชื้อวุ้นแข็ง CPA1, CPA2, CPA3 และ CPA4 จากนั้นทดสอบคุณสมบัติของเชื้อแบคทีเรียที่ เจริญบนอาหารดังกล่าว 6 วิธี คือ Catalase test, Citrate test , Cytochrome oxidase test , TSI (Triple Sugar Iron Agar Slant) , Indole test และ Gram Stain โดยส้อมโคโลนีเดี่ยวๆ ทั้งหมด 12 ชุด หรือไอโซเลทจาก รงชัยฟาร์ม 3 ไอโซเลท หนองสะลีก จังหวัดลำพูน 5 ไอโซเลท (ตารางที่ 27) โรงเพาะฟักคณะประมง 4 ไอโซเลท (ตารางที่ 2) ผลการจำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรียตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา ชีววิทยา ชีวเคมี รูปร่างลักษณะโคโลนี ลักษณะโครงสร้างเซลล์ของแบคทีเรียแบ่งได้ 8 กลุ่ม โดยรงชัยฟาร์มแยกได้ 2 กลุ่ม หนองสะลีก จังหวัดลำพูน แยกได้ 2 กลุ่ม โรงเพาะคณะประมงแยกได้ 2 กลุ่ม แบคทีเรียที่พบทั้งรงชัย ฟาร์ม หนองสะลีก จังหวัดลำพูน โรงเพาะคณะประมง แยกได้ 1 กลุ่ม และแบคทีเรียที่พบทั้งหนองสะลีก จังหวัดลำพูน โรงเพาะคณะประมง แยกได้ 1 กลุ่ม จะเห็นได้ว่า อาหารดังกล่าวยังไม่ได้เป็นอาหารจำเพาะ (specific media) สำหรับ *Flavobacterium* sp. เนื่องจาก มีแบคทีเรียชนิดอื่นที่สามารถเจริญได้บนอาหาร เหล่านี้ อย่างไรก็ตาม จากการตรวจสอบน่าจะมีเชื้อแบคทีเรีย *Flavobacterium* เจริญบนอาหารดังกล่าว ซึ่ง สังเกตจาก เมื่อนำเชื้อแบคทีเรียมาย้อมสีผนังเซลล์แบคทีเรีย (Gram Stain) แล้วนำไปส่องดูภายใต้กล้อง

จุลทรรศน์ (100X) พบว่า คีดสีแดงซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างแท่งยาว ลักษณะคล้ายงานของ Pilarski *et al.* (2008) ดังแสดงในภาพที่



ภาพที่ 31 ลักษณะเซลล์แบคทีเรีย *Flavobacterium* sp (X100) (Pilarski *et al.*, 2008) จากการทดลองพบว่า ชนิดของอาหาร อุณหภูมิและความเป็นกรดค้างมีผลต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *F. columnare*

ตารางที่ 27 การเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Flavobacterium* sp ที่แยกบนอาหารเลี้ยงเชื้อต่าง ๆ นาน 12 ชั่วโมง

ชนิดของ อาหารวุ้น	pH	อุณหภูมิ (°C)	OD (610nm)
CPA1	6.0	35	.544
	6.0	35	1.026
	6.4	35	.855
	6.4	35	.888
	6.8	35	1.045
	6.8	35	1.205
CPA2	6.0	40	0.500
	6.0	40	.518
	6.4	40	.421
	6.4	40	.583
	6.8	40	.585
	6.8	40	.456
CPA3	6.0	24	.990
	6.0	24	.909

	6.4	24	1.02
	6.4	24	1.044
	6.8	24	1.112
	6.8	24	.977

เมื่อนำเชื้อแบคทีเรียที่เจริญบนอาหารหมายเลข CPA 4 ไปทดสอบลักษณะทางชีวเคมีของแบคทีเรีย ผลการทดสอบพบว่า เชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์หมายเลข CPA 4 เป็นเชื้อที่มีลักษณะทางชีวเคมีคล้ายคลึงกับเชื้อ *Flavobacterium* ซึ่งมีลักษณะเบื้องต้นเหมือนกับเชื้อแบคทีเรียหมายเลข N202 นอกจากนี้จากการตรวจสอบเบื้องต้นพบว่าเชื้อแบคทีเรียมีลักษณะรูปร่างเป็นแท่งยาว แบคทีเรียแกรมลบ ซึ่งให้ผลบวกของเอนไซม์ Catalase และ Oxidase ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นเชื้อ *Aeromonas* ดังนั้น จึงควรระมัดระวังในการแยกเชื้อ *Flavobacterium* เพราะเป็นเชื้อแบคทีเรียที่ค่อนข้างที่จะแยกออกมาให้เป็นเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ยาก เนื่องจากเป็นเชื้อแบคทีเรียที่เจริญบนอาหารจำเพาะ Cytophaga ซึ่งเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารอาหารต่ำ ส่วนเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกที่มีรูปร่างเป็นแท่ง น่าจะเป็นกลุ่มเชือกลุ่มบาซิลลัส จึงควรมีการศึกษาต่อ เพราะเชื้อแบคทีเรียเหล่านี้สามารถก่อให้เกิดโรคในปลาได้ จึงควรมีการบริหารจัดการที่ดีเพื่อให้ปลามีความแข็งแรงอยู่เสมอ อย่างไรก็ตาม ควรมีการติดตามตรวจสอบคุณสมบัติควบคู่ไปด้วย เพราะคุณสมบัติน้ำมีผลต่อความแข็งแรงของปลาและการเจริญของแบคทีเรีย

ตารางที่ 28 ลักษณะทางชีวเคมีของแบคทีเรีย *Flavobacterium columnare* ที่แยกจากปลาชนิดต่าง ๆ (Pilarski *et al.*, 2008)

Characteristics	Piracanjuba	Pacu	Tambaqui	Cascudo
Gliding motility	+	+	+	+
Pale yellow pigmented colonies	+	+	+	+
L Tryptophane	+	+	+	+
Glucose fermented	+	+	+	+
Raffinose	-	-	-	-
Citrate utilization	+	+	+	+
Cytochrome oxidase	+	+	+	+
Flexirubin-type pigment	+	+	+	+
Congo Red test	+	+	+	+
DNA	+	+	+	+
Nitrate reduction	+	+	+	+
H ₂ S production	+	+	+	+
Catalase	+	+	+	+
Indole production	-	-	-	-
Lysine decarboxylase	-	-	-	-
Ornithine decarboxylase	-	-	-	-
Starch hydrolysis	-	-	-	-
Casein hydrolysis	+	+	+	+
Gelatin hydrolysis	+	+	+	+
Urea hydrolysis	+	+	+	+

เชื้อแบคทีเรีย *Flavobacterium columnare* สายพันธุ์ (AJS 1-4) ที่แยกได้จากแผลที่เป็นจุดสีขาวบนผิวหนังด้านหลังของปลาเขตร้อน ทำการแยกเชื้อลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าเชื้อมีการเจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อและสร้างเมือกสี สีเหลืองบนอาหารเลี้ยงเชื้อ และพบว่าเป็นแบคทีเรียแกรมลบ มีความสามารถในการเจริญเติบโตสูง อุณหภูมิก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียด้วย การติดเชื้อจาก *F. columnare* ที่มีสายพันธุ์แตกต่างกันและให้ความรุนแรงแตกต่างกัน จากการทดลองทั้งสี่สายพันธุ์พบว่า สายพันธุ์ที่ 1 (AJS1) มีความรุนแรงมากที่สุด และสายพันธุ์ที่ 4 (AJS4) มีความรุนแรงของโรคต่ำ สายพันธุ์ AJS1 ปลาฉลาม, สายพันธุ์ AJS2 Black bullhead, สายพันธุ์ AJS3 ปลาเทราท์, สายพันธุ์ AJS4 ปลาทอง (Decostere *et al.*, 1998)

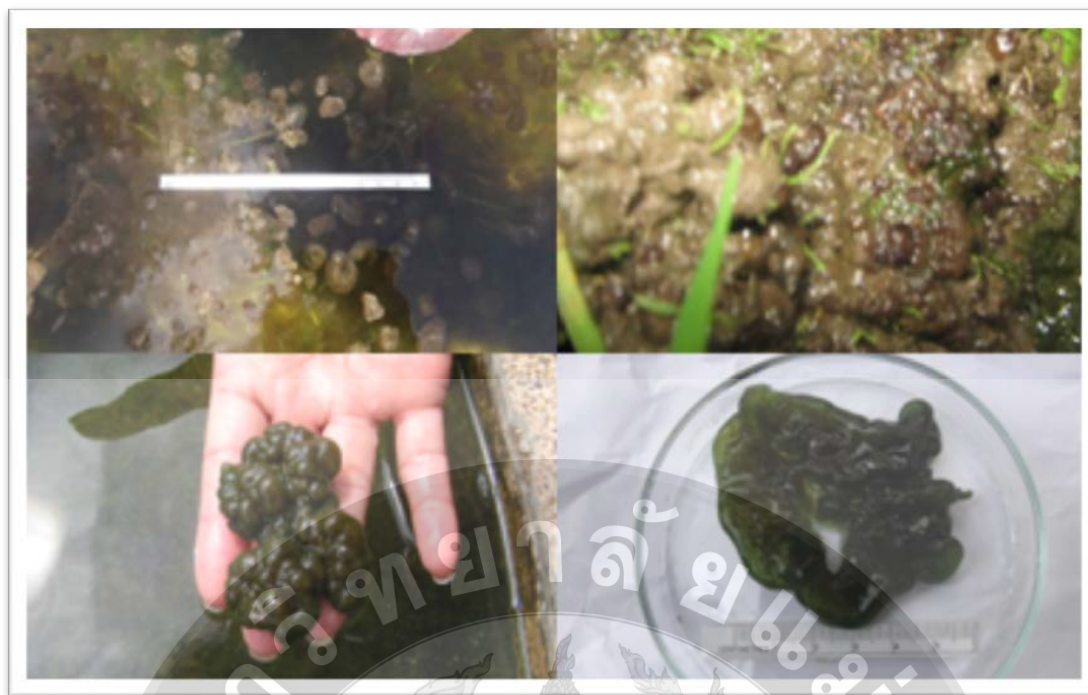
Flavobacterium columnare เป็นเชื้อแบคทีเรียที่สำคัญของปลาน้ำจืด มักเกิดแผลบริเวณผิวหนังและเหงือก หากมีการติดเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้จะทำให้เกิดการตายสูง การระบาดของโรคพบระบาดในตู้เต็มวัยของปลานิล การตรวจการติดเชื้อจากการทดลอง พบว่าทำให้เกิดโรคที่มีลักษณะของบาดแผลตามกล้ามเนื้อพบทั้งในปลานิล และปลาดุก เป็นการทดลองลักษณะของสายพันธุ์ *F. columnare* จากประเทศบราซิล (Figueiredo *et al.*, 2005)

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8 ศักยภาพการเพาะเลี้ยงสาหร่าย Nostoc และ Nostochopsis เพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมในปลาสวยงาม

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สาหร่าย *Nostoc* (ไขหิน) และสาหร่าย *Nostochopsis* (ลอน) ในการเป็นอาหารสัตว์น้ำ โดยทำการเก็บรวบรวม คัดแยก และคัดเลือกสายพันธุ์จากธรรมชาติมา เพาะเลี้ยงระดับห้องปฏิบัติการ

การรวบรวม คัดแยก และคัดเลือกสายพันธุ์ *Nostoc* และ *Nostochopsis* **การเก็บรวบรวม และคัดแยกสายพันธุ์**

ทำการเก็บตัวอย่างสาหร่ายจากแหล่งที่อยู่ต่างๆ จำนวน 5 แหล่งในบริเวณภาคเหนือ ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ลำพูน และพะเยา (ภาพ 31) สามารถคัดแยกสาหร่ายได้ทั้งหมด 19 ไอโซเลต แบ่งเป็นสาหร่าย *Nostoc* 16 ไอโซเลต และสาหร่าย *Nostochopsis* 3 ไอโซเลต นำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ



ภาพ 31 การเก็บตัวอย่างสาหร่ายจากองค์การสวนพฤกษศาสตร์
“สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์” อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

การทดสอบการสร้างสารพิษ

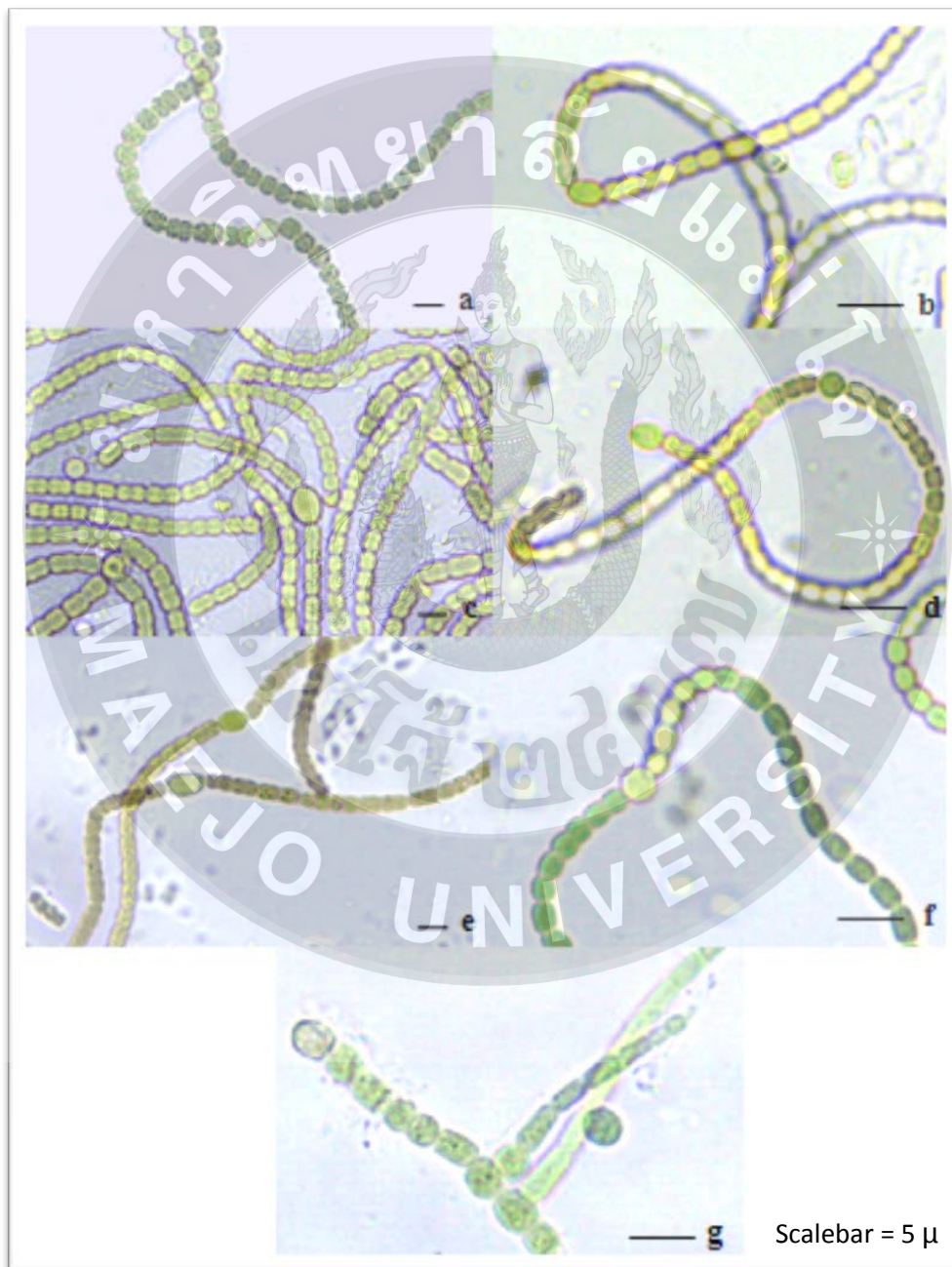
คัดเลือกสาหร่าย *Nostoc* 6 ไอโซเลต และ *Nostochopsis* 3 ไอโซเลต นำไปตรวจวิเคราะห์สารพิษไมโครซิสติน ด้วยชุด The QuantiPlate™ Microcystin Kit (EP 022) พบว่า ตรวจไม่พบปริมาณสารพิษไมโครซิสติน ในสาหร่าย *Nostoc* ทุกไอโซเลต และ *Nostochopsis* 1 ไอโซเลต (ตาราง 29)

ตาราง 29 ค่าความเข้มข้นของไมโครซิสตินในสาหร่าย

ชนิดของสาหร่าย	ความเข้มข้นของสารพิษไมโครซิสติน (ppb)
<i>Nostoc</i> sp. FT1002 (N02)	N.D.
<i>Nostoc</i> sp. FT1004 (N04)	N.D.
<i>Nostoc</i> sp. FT1011 (N11)	N.D.
<i>Nostoc</i> sp. FT1012 (N12)	N.D.
<i>Nostoc</i> sp. FT1014 (N14)	N.D.
<i>Nostoc</i> sp. FT1019 (N19)	N.D.
<i>Nostochopsis</i> sp. FT1018 (NC18)	N.D.
<i>Nostochopsis</i> sp. FT1020 (NC20)	>2.5
<i>Nostochopsis</i> sp. FT1021 (NC21)	>2.5

หมายเหตุ N.D. ตรวจไม่พบสารพิษไมโครซิสติน

คัดเลือกสาหร่ายที่ตรวจไม่พบสารพิษไมโครซิสตินที่มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดของสาหร่าย *Nostoc* ที่มีปริมาณเมือกมาก เมือกปานกลาง และเมือกน้อยอย่างละ 2 ไอโซเลท และคัดเลือกสาหร่าย *Nostochopsis* ที่มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด 1 ไอโซเลท (ภาพ 32 ตาราง 30) เพื่อคัดเลือกสาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ไปหาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตต่อไป โดย นำสาหร่ายทั้ง 7 ไอโซเลท ไปเลี้ยงบนอาหารวุ้น BG-11 สูตรปรับปรุง ที่ความเข้มข้นของ agar 0.5, 1.0 และ 1.5% ทั้งหมด 21 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ บันทึกการเจริญเติบโตของสาหร่ายในวันที่ 14 โดยชั่งน้ำหนักแห้งตามวิธีการของ Oris (2003) นำน้ำหนักแห้งที่ได้มาคำนวณค่า μ และ t_d ได้ผลการทดลอง ดังนี้



ภาพ 32 เซลล์สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารวุ้น BG-11 สูตรปรับปรุง agar 1.5%

a; N02, b; N04, c; N11, d; N12, e; N14, f; N19, g; N18

ตาราง 30 ลักษณะของสาหร่ายไซโทนและสาหร่ายลอน

ชนิดของสาหร่าย	ลักษณะภายนอก	ลักษณะเซลล์ภายใต้กล้อง
N02	เป็นวุ้นบางสีน้ำตาลเข้มเกาะตัวแบบหลวมอยู่ในน้ำ	เซลล์มีลักษณะทรงกลม เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย เซลล์มีขนาด $2.84 \mu\text{m}$ ขนาดเฮทเทอโรซิสต์ $3.45 \mu\text{m}$
N04	เป็นวุ้นสีน้ำตาล เกาะตัวอยู่อย่างหนาแน่นบนขอบอ่าง	เซลล์มีลักษณะทรงรี เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย เซลล์มีขนาด $1.97 \times 1.51 \mu\text{m}$ ขนาดเฮทเทอโรซิสต์ $2.79 \times 2.00 \mu\text{m}$
N11	เป็นวุ้นบางสีน้ำตาลเกาะตัวแบบหลวมอยู่ในน้ำ	เซลล์มีลักษณะทรงรี เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย เซลล์มีขนาด $4.12 \times 2.70 \mu\text{m}$ ขนาดเฮทเทอโรซิสต์ $6.75 \times 4.62 \mu\text{m}$
N12	เป็นเมือกบางสีเขียว	เซลล์มีลักษณะทรงรี เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย เซลล์มีขนาด $1.79 \times 1.50 \mu\text{m}$ ขนาดเฮทเทอโรซิสต์ $2.68 \times 2.05 \mu\text{m}$
N14	เป็นวุ้นสีน้ำตาลบางเกาะตัวอย่างหนาแน่น	เซลล์มีลักษณะทรงรี เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย เซลล์มีขนาด $2.24 \times 2.06 \mu\text{m}$ ขนาดเฮทเทอโรซิสต์ $4.64 \times 3.57 \mu\text{m}$
N19	เป็นวุ้นสีเขียวบางๆ เกาะตัวแบบหลวมอยู่บนสนามหญ้าที่มีน้ำขัง	เซลล์มีลักษณะทรงรี เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย เซลล์มีขนาด $2.26 \times 1.99 \mu\text{m}$ ขนาดเฮทเทอโรซิสต์ $2.98 \times 2.68 \mu\text{m}$
N18	เป็นเมือกบางสีเขียว	เซลล์มีลักษณะทรงรี เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย เซลล์มีขนาด $2.15 \times 3.06 \mu\text{m}$ มีการแตกแขนงแบบม้วนจริง ขนาดเฮทเทอโรซิสต์ $3.56 \times 2.66 \mu\text{m}$ อยู่กลางเส้นสาย

การคัดเลือกพันธุ์สาหร่ายโดยเพาะเลี้ยงในอาหารวุ้น BG-11 สูตรปรับปรุง

ผสม agar 0.5, 1 และ 1.5 %

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของ *Nostoc* และ *Nostochopsis* ในอาหารวุ้น BG-11 สูตรปรับปรุง ผสม agar 0.5, 1.0 และ 1.5% เป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่า สาหร่ายที่มีค่า μ สูงที่สุด และค่า t_d น้อยที่สุด คือ N19 ในอาหารวุ้น BG-11 ผสม agar 0.5, 1.0 และ 1.5% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วน NC18 ไม่

สามารถศึกษาการเจริญเติบโตบนอาหารแข็งได้ เนื่องจากเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรีย ทำให้สาหร่ายตาย (ตาราง 31 ภาพ 33)

ตาราง 31 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) และระยะเวลาที่เซลล์เจริญเติบโตเป็นสองเท่า (t_d) ของสาหร่าย *Nostoc* ในอาหารวุ้น BG 11 สูตรปรับปรุงความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5% เป็นระยะเวลา 14 วัน (Mean $\pm$ SE)

ชนิด สาหร่าย	μ			t_d		
	0.5%	1.0%	1.5%	0.5%	1.0%	1.5%
					2.48 $\pm$ 0.22 ^d	
N02	0.13 $\pm$ 0.03 ^{aA}	0.28 $\pm$ 0.03 ^{aB}	0.49 $\pm$ 0.01 ^{aC}	6.17 $\pm$ 1.81 ^{bB}	A	1.42 $\pm$ 0.03 ^{eA}
N04	0.81 $\pm$ 0.04 ^c	0.70 $\pm$ 0.04 ^c	0.84 $\pm$ 0.06 ^c	0.87 $\pm$ 0.04 ^a	1.0 $\pm$ 0.06 ^{bc}	0.84 $\pm$ 0.06 ^{bc}
					1.28 $\pm$ 0.10 ^c	
N11	0.36 $\pm$ 0.02 ^{bA}	0.55 $\pm$ 0.04 ^{bB}	0.61 $\pm$ 0.07 ^{abB}	1.92 $\pm$ 0.13 ^{aB}	A	1.17 $\pm$ 0.16 ^{dA}
N12	0.90 $\pm$ 0.04 ^{cA}	0.10 $\pm$ 0.01 ^{dB}	1.01 $\pm$ 0.02 ^{dB}	0.77 $\pm$ 0.03 ^a	0.70 $\pm$ 0.01 ^{ab}	0.69 $\pm$ 0.01 ^{ab}
N14	0.40 $\pm$ 0.10 ^{bA}	0.60 $\pm$ 0.02 ^{bcAB}	0.73 $\pm$ 0.00 ^{bcB}	1.93 $\pm$ 0.47 ^a	1.15 $\pm$ 0.03 ^c	0.96 $\pm$ 0.00 ^{cd}
N19	1.06 $\pm$ 0.02 ^{dA}	1.17 $\pm$ 0.05 ^{eA}	1.20 $\pm$ 0.03 ^{eA}	0.66 $\pm$ 0.01 ^a	0.59 $\pm$ 0.03 ^a	0.58 $\pm$ 0.02 ^a

หมายเหตุ : พืชระยะยกกำลังพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ในแต่ละชนิดของสาหร่าย (แนวตั้ง)

พืชระยะยกกำลังพิมพ์ใหญ่ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ในแต่ละ% agar (แนวนอน)



ภาพ 33 สาหร่ายแห้งในอาหารวุ้น BG-11 สูตรปรับปรุง ผสม agar 0.5, 1.0 และ 1.5 %
 N02 (a-c); a) 0.5%, b) 1.0%, c) 1.5% N04 (d-f); d) 0.5%, e) 1.0%, f) 1.5%
 N11 (g-i); g) 0.5%, h) 1.0%, i) 1.5% N12 (j-l); j) 0.5%, k) 1.0%, l) 1.5%
 N14 (m-o); m) 0.5%, n) 1.0%, o) 1.5% N19 (p-r); p) 0.5%, q) 1.0%, r) 1.5%

ทำการคัดเลือกสาหร่าย *Nostoc* จำนวน 4 ไอโซเลต ได้แก่ N02, N12, N14, และ N19 และ *Nostochopsis* 1 ไอโซเลต คือ NC18 นำไปเลี้ยงในอาหาร BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate ความเข้มข้น 0, 0.25 และ 0.5% เพื่อหาสาหร่ายที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด ได้ผลการทดลอง ดังนี้

การเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงผสม Sodium alginate ความเข้มข้น 0, 0.25 และ 0.5%

นำสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis* ที่ผ่านการคัดเลือก ทั้ง 5 ไอโซเลต มาเลี้ยงในอาหารเหลวผสม sodium alginate ความเข้มข้น 0, 0.25 และ 0.5% ตามลำดับ ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ บันทึกการเจริญเติบโตของสาหร่ายใน 16 วัน โดยชั่งน้ำหนักแห้งตามวิธีการของ Oris (2003) นำน้ำหนักแห้งที่ได้มาคำนวณค่า μ และ t_d พบว่า *Nostoc* มีค่า μ สูงที่สุด และ t_d น้อยที่สุด คือ N12 ที่ sodium alginate 0.25 และ 0.5% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 32, ภาพ 34)

ตาราง 32 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และระยะเวลาที่เซลล์เจริญเติบโตเป็นสองเท่าของสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis* ในอาหารเหลวผสม sodium alginate ความเข้มข้น 0, 0.25 และ 0.5% ระยะเวลา 16 วัน (Mean $\pm$ SE)

ชนิด สาหร่าย	μ			t_d		
	0%	0.25%	0.5%	0%	0.25%	0.5%
N02	1.21 $\pm$ 0.06 ^{bA}	1.89 $\pm$ 0.10 ^{cdB}	1.77 $\pm$ 0.04 ^{cB}	0.57 $\pm$ 0.03 ^{aB}	0.37 $\pm$ 0.02 ^{aA}	0.39 $\pm$ 0.01 ^{aA}
N12	1.16 $\pm$ 0.03 ^{bA}	1.96 $\pm$ 0.05 ^{dB}	1.93 $\pm$ 0.02 ^{dB}	0.60 $\pm$ 0.02 ^{aB}	0.35 $\pm$ 0.01 ^{aA}	0.36 $\pm$ 0.00 ^{aA}
N14	0.28 $\pm$ 0.03 ^{aA}	0.40 $\pm$ 0.02 ^{aB}	0.51 $\pm$ 0.01 ^{aC}	2.52 $\pm$ 0.23 ^{bB}	1.73 $\pm$ 0.07 ^{bA}	1.37 $\pm$ 0.04 ^{cA}
N19	1.28 $\pm$ 0.02 ^{bA}	1.76 $\pm$ 0.01 ^{cB}	1.75 $\pm$ 0.07 ^{cB}	0.54 $\pm$ 0.01 ^{aB}	0.39 $\pm$ 0.00 ^{aA}	0.40 $\pm$ 0.01 ^{aA}
NC18	1.29 $\pm$ 0.05 ^b	1.34 $\pm$ 0.06 ^b	1.41 $\pm$ 0.04 ^b	0.54 $\pm$ 0.02 ^a	0.52 $\pm$ 0.03 ^a	0.49 $\pm$ 0.01 ^b

หมายเหตุ พยัญชนะยกกำลังพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ในแต่ละชนิดของสาหร่าย (แนวตั้ง)

พยัญชนะยกกำลังพิมพ์ใหญ่ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ในแต่ละความเข้มข้นของอาหารเหลว (แนวนอน)



ภาพ 34 สาหร่ายแห้งในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate 0, 0.25 และ 0.5%
 N02 (a-c); a) 0%, b) 0.25%, c) 0.5% N12 (d-f); d) 0%, e) 0.25%, f) 0.5%
 N14 (g-i); g) 0%, h) 0.25%, i) 0.5% N19 (j-l); j) 0%, k) 0.25%, l) 0.5%
 NC18 (m-o); m) 0%, n) 0.25%, o) 0.5%

ทำการคัดเลือกสาหร่าย *Nostoc* 2 ไอโซเลต (N12 และ N19) และ *Nostochopsis* 1 ไอโซเลต (NC18) (สาหร่าย N02 และ N14 เนื่องจากเซลล์มีขนาดเล็กไม่สามารถทำการเก็บผลผลิตได้ด้วยการกรอง) ที่มีการ

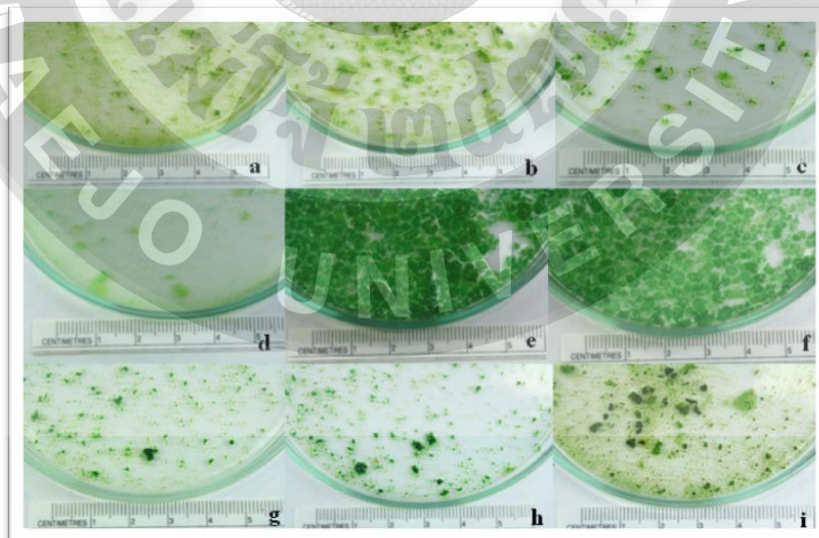
เจริญเติบโตดีที่สุด มาทำเพิ่มปริมาณการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุง และอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate ความเข้มข้น 0.5% และทดสอบในขั้นตอนต่อไป

**การเพาะเลี้ยงระดับห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และ
ปริมาณรงควัตถุของสาหร่าย *Nostoc* และ *Nostochopsis***

นำสาหร่ายทั้งสามไอโซเลตมาเพิ่มปริมาณการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุง และอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate ความเข้มข้น 0.5% ระยะเวลา 21 วัน ในขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร บรรจุอาหารเหลว 1 ลิตร (ปริมาณสาหร่ายสดเริ่มต้นมีค่าเทียบเท่าน้ำหนักแห้ง 100 มิลลิกรัม) เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อสาหร่ายอายุครบ 21 วัน นำสาหร่ายสดที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุ และนำสาหร่ายที่เหลือไปอบในตู้อบเชื้อ ที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 3 วัน ทำการชั่งน้ำหนักแห้ง น้ำหนักแห้งที่ได้มาคำนวณค่า μ และ t_u ของสาหร่าย นำสาหร่ายที่เหลือไปปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียดแล้วนำมาล่อนผ่านตระแกรง ขนาด 150 ไมครอน (ภาพ 5) แล้วนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและปริมาณรงควัตถุของสาหร่ายแห้ง

การเจริญเติบโตของสาหร่ายในอาหาร BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate 0.5%

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของ *Nostoc* และ *Nostochopsis* ในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate ความเข้มข้น 0.5% เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่า สาหร่าย N12 และ N19 มีค่า μ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่มีค่า μ สูงกว่า NC18 เช่นเดียวกับสาหร่าย N12 และ N19 มีค่า t_u ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่มีค่าต่ำกว่า NC18 (ตาราง 33 ภาพ 34)



ภาพ 35 สาหร่ายสดในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate 0, 0.25 และ 0.5 % N12 (a-c); a) 0%, b) 0.25%, c) 0.5% N19 (d-f); d) 0%, e) 0.25%, f) 0.5% NC18 (g-i); g) 0%, h) 0.25%, i) 0.5%



ภาพ 36 สาหร่ายแห้งเลี้ยง; a) N12, b) N19, c) N18, d) 0.25%, c) *Spirulina*

ตาราง 33 ค่าอัตราการเจริญเติบโต และระยะเวลาที่เซลล์เพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของสาหร่ายในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate 0.5% ระยะเวลา 21 วัน (Mean±SE)

ชนิดสาหร่าย	μ	t_d
N12	0.97 ± 0.02^b	0.72 ± 0.02^a
N19	0.95 ± 0.01^b	0.73 ± 0.01^a
NC18	0.77 ± 0.02^a	0.90 ± 0.02^b

หมายเหตุ พืชชนิดนี้ยกกำลังพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในสาหร่ายแต่ละชนิด (แนวตั้ง)

ปริมาณรงควัตถุและคุณค่าทางโภชนาการในสาหร่ายสดและแห้งในสูตรอาหารแต่ละชนิด

ปริมาณรงควัตถุในสาหร่ายสดและแห้ง

นำสาหร่ายสดและแห้งมาวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ ไฟโคเออร์ธริน และไฟโคไซยานิน ปรับปรุงตามวิธีการของ KMUTT (2001) และ Lawrenz et al.(2011) พบว่า ปริมาณรงควัตถุของสาหร่ายสดในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงเปรียบเทียบกับในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate 0.5% ระยะเวลา 21 วัน พบว่า

สาหร่ายสดมีปริมาณแคโรทีนอยด์ของ N12 ใน BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate 0.5% ให้ค่าสูงกว่าใน BG-11 สูตรปรับปรุง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนใน N19 และ NC18 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ค่าไฟโคเออร์ธรินและค่าไฟโคไซยานินของสาหร่ายทั้งสามไอโซเลทมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในอาหารทั้งสองสูตร (ตาราง 34)

สาหร่ายแห้งมีปริมาณแคโรทีนอยด์ของ N12 และ NC18 มีค่าสูงกว่า N19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่าไฟโคไซยานิน N12 มีค่าสูงกว่า N19 และ NC18 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนค่าไฟโคเออร์ธรินไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ($P>0.05$) (ตาราง 34)

ตาราง 34 ปริมาณรงควัตถุของสาหร่ายสดและแห้งในอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงและอาหารเหลว BG-11 สูตรปรับปรุงผสม sodium alginate 0.5% เป็นระยะเวลา 21 วัน (Mean $\pm$ SE)

ปริมาณ รงควัตถุ	Carotenoid ($\mu\text{g/g dryweight}$)		Phycoerythrin ($\mu\text{g/l}$)		Phycocyanin ($\mu\text{g/l}$)	
	สาหร่ายสด	สาหร่ายแห้ง	สาหร่ายสด	สาหร่ายแห้ง	สาหร่ายสด	สาหร่ายแห้ง
N12 BG-11	98.70 $\pm$ 0.80 ^b	68.40 $\pm$ 1.50 ^b	4215.77 $\pm$ 567.26	1261.41 $\pm$ 295.04 ^a	1713.68 $\pm$ 719.01 ^a	2223.16 $\pm$ 212.25 ^b
N12 BG-11 Sodium alginate 0.5%	122.30 $\pm$ 5.10 ^c	203.50 $\pm$ 7.00 ^d	6771.78 $\pm$ 1216.95	3419.09 $\pm$ 661.40 ^b	3010.53 $\pm$ 865.25 ^a	2501.05 $\pm$ 367.62 ^b
N19BG-11	28.70 $\pm$ 1.80 ^a	13.60 $\pm$ 0.90 ^a	5643.15 $\pm$ 661.40	597.51 $\pm$ 99.59 ^a	5835.79 $\pm$ 1211.32 ^{ab}	787.37 $\pm$ 245.08 ^a
N19 BG-11 Sodium alginate 0.5%	36.20 $\pm$ 1.80 ^a	131.40 $\pm$ 11.20 ^c	2854.77 $\pm$ 201.92	597.51 $\pm$ 57.50 ^a	2362.11 $\pm$ 240.66 ^a	555.79 $\pm$ 138.95 ^a
NC18 BG-11	152.70 $\pm$ 4.30 ^d	63.70 $\pm$ 3.80 ^b	6240.66 $\pm$ 1265.33	962.65 $\pm$ 165.97 ^a	7642.11 $\pm$ 1485.72 ^b	833.68 $\pm$ 160.44 ^a
NC18 BG-11 Sodium alginate 0.5%	141.20 $\pm$ 9.10 ^d	185.80 $\pm$ 19.50 ^d	7136.93 $\pm$ 1827.54	1526.97 $\pm$ 87.83 ^a	8058.95 $\pm$ 2309.76 ^b	1204.21 $\pm$ 46.32 ^a

หมายเหตุ พยัญชนะยกกำลังพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในสาหร่ายแต่ละชนิด (แนวดิ่ง)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยในปีแรก สามารถสรุปผลการดำเนินงานในแต่ละชุดโครงการได้ดังนี้

1) ปลาหนังลูกผสม (พ่อบิก x แม่สาว) รุ่น F2 ขนาดใหญ่ (>800 กรัม) มีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุดเท่ากับ 4.00 ± 0.001 กรัม/วัน แต่ปลาขนาดเล็ก (<400) มีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด เท่ากับ 2.59 ± 0.01 ส่วนในระดับฮอร์โมนเพศในปลาขนาดใหญ่ (>800 กรัม) มีค่ามากที่สุด ในฤดูผสมพันธุ์ (testosterone 1.56 ± 0.75 ng/ml และ 17β -estradiol 69.375 ± 26.72 pg/ml)

2) สาหร่ายไกมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นอาหารเสริมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ และหากพิจารณาจากผลการเจริญเติบโตโดยภาพรวมและการลงทุนค่าอาหารจากการเสริมสาหร่ายไก สูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาหนังลูกผสมด้วยการเสริมสาหร่ายไกในระดับ 5% น่าจะเหมาะสมที่สุด

3) คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อจากการชำแหละปลาหนังลูกผสม พบว่า ปลาหนังลูกผสมเพศผู้มีเปอร์เซ็นต์เนื้อ กระดูกหัวและก้างปลา มากกว่า ปลาเพศเล็กน้อย แต่พบว่าเพศเมียมีเครื่องในมากกว่า คุณค่าทางโภชนาของปลาหนังลูกผสมมีเปอร์เซ็นต์ความชื้น 76.35 โปรตีน 17.07 ไขมัน 2.42 คาร์โบไฮเดรต 1.17 เถ้า 1.39 และเถ้าใย 0.89 ตามลำดับ

ผลตอบแทนจากการจำหน่ายเนื้อปลาในรูปปลาสดแบบแบ่งเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ในปลาเพศผู้และปลาเพศเมีย มีผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ย 68.70 และ 97.75 บาทต่อตัว ต้นทุนจากการจำหน่ายในรูปแบบแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา เพื่อการเพิ่มมูลค่าของเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด พบว่าการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน 1 กิโลกรัม มีต้นทุนการผลิต 157 บาท ขณะที่การผลิตไส้อ้วปลา มีต้นทุนการผลิต 161 บาท

ผลจากการสำรวจความพึงพอใจของทดสอบชิมเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากปลาหนัง พบว่าเพศหญิงร้อยละ 57.0 เพศชายร้อยละ 43.0 ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 26-35 ปีร้อยละ 39.3 ประกอบอาชีพข้าราชการ ร้อยละ 39.9 มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 60.0 มีการศึกษาในระดับปริญญาตรีร้อยละ 74.7 นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 98.6 มีรายได้ระหว่าง 10,001-30,000 บาทต่อเดือน ร้อยละ 63.4 และไม่เคยรับประทานไส้อ้วที่ทำจากเนื้อปลาร้อยละ 60.5

ทัศนคติของผู้ให้สัมภาษณ์ที่มีต่อเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา พบว่า ระดับคะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 4 มีรสชาติดีและอร่อย และเชื่อว่าการรับประทานเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาทำให้สุขภาพดี ร่างกายแข็งแรง ในขณะที่ระดับคะแนน 3 เนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาราคาแพง เชื่อว่ากลิ่นของเนื้อปลาเกิดจากแหล่งที่มาหรือระบบการเลี้ยง และเชื่อว่าโดยทั่วไปเนื้อปลา มีความสะอาดและความปลอดภัยกว่าเนื้อสัตว์ประเภทอื่น

การประเมินระดับคะแนนความพึงพอใจต่อเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์และความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อไส้กรอก อยู่ในระดับ 4 (ดี) ส่วนเนื้อปลาและไส้อ้ว อยู่ในระดับ 3 (ปานกลาง)

4) ในการเลี้ยงปลาหมอไทยเชิงพาณิชย์เพื่อลดต้นทุนค่าอาหาร ควรเติมไบมันสำปะหลังแห้งที่ระดับ 2

เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นอัตราที่เหมาะสมต่อผลผลิตรวมที่ได้และคุ้มค่ากับการลงทุน

5) การเลี้ยงปลานิลแดงในบ่อคอนกรีตที่มีระบบไหลเวียนแบบปิดที่ระดับความหนาแน่น 86 ตัว/ลูกบาศก์เมตร ให้อัตราแลกเนื้อที่ต่ำกว่า การเลี้ยงที่ระดับ 43 และ 129 ตัว/ลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีที่สุด

6) การเลี้ยงปลาหมอไทยที่เลี้ยงแบบคละเพศหรือแยกเพศในบ่อซีเมนต์ ให้น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

7) แบคทีเรีย *F. columnare* สามารถเจริญได้บนอาหาร Tryptone-Yeast extract medium ที่มีส่วนผสมของโซเดียมอะซิเตต (sodium acetate) และวุ้น (gelatine) โดยพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อคือ 6.2 – 6.4 การเพิ่มความชื้นในอาหารมีส่วนช่วยให้การเก็บรักษาเชื้อชนิดนี้ได้ยาวนานขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังประสบปัญหาในการแยกเชื้อบริสุทธิ์และเพิ่มจำนวนแบคทีเรียชนิดนี้ให้เพียงพอเพื่อเป็นแอนติเจน (antigen) สำหรับการผลิตวัคซีน

8) สูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไซ่หิน (*Nostoc*) และสาหร่ายลอน (*Nostochopsis*) สำหรับการทดลองนี้คือ อาหารสูตร BG-11 สูตรปรับปรุง (ที่ไม่เติม NaNO_3) ที่ผสม sodium alginate 0.5% เนื่องจากทำให้สาหร่ายมีการจับตัวกันเป็นก้อนง่ายต่อการเก็บผลผลิตและให้ปริมาณสาหร่ายมาก การใช้สาหร่ายไซ่หินและสาหร่ายลอน จะช่วยเพิ่มสีสันให้แก่ปลาสวยงาม ทั้งยังอาจเพิ่มภูมิคุ้มกันบางประเภทได้อีกด้วย และยังมีต้นทุนการผลิตสาหร่ายต่อกรัมน้ำหนักแห้งน้อย จึงมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจมาก จะเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันได้เป็นอย่างดีให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาสวยงามได้อีกด้วย

สรุปผลการวิจัยตามกรอบของแผนงานวิจัย

จากการดำเนินในปีแรก แผนงานวิจัยนี้สามารถดำเนินงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยงานที่ได้มีส่วนช่วยในการเพิ่มผลผลิตศักยภาพการผลิตสัตว์น้ำเพื่อการแข่งขัน โดยการนำกลุ่มปลาหนัง (catfish) มาพัฒนาสายพันธุ์ให้โตเร็ว มีคุณภาพเนื้อที่ดี มีการทดลองเลี้ยงปลาหมอไทยซึ่งเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีความทนต่อความแปรปรวนของสภาพอากาศ รวมทั้งมีการพัฒนาอาหารที่จะทำให้ปลาโตเร็วและมีสารสำคัญที่เป็นประโยชน์ทั้งต่อปลาและผู้บริโภค มีการเสาะหาแนวทางในการลดต้นทุนอาหารปลา สร้างเสริมองค์ความรู้เพื่อเป็นพื้นฐานข้อมูลการสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศอย่างสมดุลและยั่งยืน โดยคำนึงถึงหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มีการสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าและถนอมอาหาร ผลผลิตที่ได้จากปลาหนังลูกผสมจะมีการพัฒนาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เกิดการพัฒนากระบวนการผลิตและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อประหยัดน้ำ ประหยัดพลังงานและง่ายต่อการบริหารจัดการในฟาร์ม

การผลิตสัตว์น้ำเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน ประกอบไปด้วยโครงการวิจัยย่อยจำนวน 8 โครงการ โดยแต่ละโครงการย่อย จะมุ่งเน้นวิจัยเพื่อตอบโจทย์ของการเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน ลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ลดการใช้ยาและสารเคมี ลดความเสี่ยงจากการขาดน้ำหรือความแปรปรวนของคุณภาพน้ำ โดยการเลี้ยงในระบบปิด

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง.ตลาดปลาสวยงามในประเทศไทย. ออนไลน์ [เข้าถึงได้จาก] <http://www.fisheries.go.th/sf-prachinburi/web2/index.php/2011-02-12-04-30-23>. 25 กรกฎาคม 2554
- กรมประมง. 2553. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.fisheries.go.th/it-stat/yearbook/> (4 กันยายน 2556).
- กรมประมง. 2540. **การเพาะเลี้ยงปลานิล**. กองส่งเสริมการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 44 หน้า
- กรมประมง. 2549. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2547**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2549. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง. 91 หน้า.
- กรมประมง สำนักบริหารจัดการด้านการประมง. ส่วนควบคุมการค้าสัตว์น้ำและปัจจัยการผลิต
2556. **สถิติการนำเข้า-ส่งออกสัตว์น้ำสวยงามประเภทต่างๆ ผ่านด่านตรวจสัตว์น้ำ ประจำปี 2553 และปี 2554**. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.fishquarantine.org/?name=stat25> (25 กรกฎาคม 2556).
- กระทรวงสาธารณสุข. 2550. ปลา – อาหารคู่ชีวิต. (ออนไลน์). แหล่งที่มา <http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/view.php?group>.
- กาญจนา เตียวชี. “การอนุบาลลูกปลากะพงขาวอายุ 1 วัน ที่มีความหนาแน่น” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.nicaonline.com/articles10/site/view_article.asp?idarticle=1686 [2549]. สืบค้นได้ จาก 12 ตุลาคม 2552.
- การุณอุไรประสิทธิ์. “ผลของความหนาแน่นต่อการเลี้ยงปลาหมอในบ่อดิน” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.nicaonline.com/articles10/site/view_article.asp?idarticle=1306 [2548]. สืบค้นได้ จาก 12 ตุลาคม 2552.
- กำธร โพธิ์ทองคำ. 2514. **ชีววิทยาของปลาหมอไทย**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 10 แผนกทดลองและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ กองบำรุงพันธุ์สัตว์น้ำ กรมประมง. 24 หน้า
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน จิตรลดา สอนตะโก และดวงพร อมรเลิศพิศาล. 2555. ผลของสาหร่ายสไปรูลินาต่อการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของพ่อแม่พันธุ์ปลาน้ำจืดกลุ่ม *Pangasius* และการอนุบาลลูก ปลาหนัง 4 สายพันธุ์ในกระชัง. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 5 (2), 12-26.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน ดวงพร อมรเลิศพิศาลและ อุดมลักษณ์ สมพงษ์. 2554. รูปแบบการเพิ่มประสิทธิภาพและผลตอบแทนการเลี้ยงปลาบึกและปลาลูกผสม. วารสารแม่โจ้ปริทัศน์ ปีที่ 12 ฉบับที่ 3: 16-21.
- เกรียงศักดิ์เม่งอำพัน ดวงพร อมรเลิศพิศาล สุดาพร ตงศิริ ชนกนันต์ จิตมนัส วิวัฒน์ หวังเจริญ และชนนัทศุภกิจงานนท์. 2555. **คู่มือการเลี้ยงปลาบึก ปลาสาวย และปลาลูกผสม(บึกสยาม)เพื่อเพิ่มมูลค่า**. 35หน้า.

- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2539. เอกสารประกอบการสอน วิชา พล.301 หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 212 น.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2545. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. จังหวัดเชียงใหม่.
- กลุ่มวิเคราะห์การค้าประมงระหว่างประเทศ. 2553. กรมประมง. <http://www.fisheries.go.th>.
- ขจรเกียรติ ศรีนวลสม, นพพร ประเสริฐสม, ชัยณรงค์ วิทวารวัฒน์, บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และจกมลพรมยะ. 2554. เปรียบเทียบผลของการเสริมสาหร่ายยูกลีนา (*Euglena sanguinea*) และสาหร่ายสไปรูลีนา (*Spirulina platensis*) ต่อการเพิ่มสีปลาการ์ป (*Cyprinus carpio*). ใน เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาประมง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. กรุงเทพฯ. หน้า 341-348.
- คทาฐปานบุญ, วรณยุชนเจริญ, เขมชาติจิวิประสาทและอายุวัฒน์นิลศรี. 2545. ผลของอัตราความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตของปลาโงในกระชัง. ใน: บทคัดย่อการสัมมนาประชุมวิชาการประมงประจำปี 2546 กรมประมง.
- ครรชิต วัฒนาดิถกุล, มัลลิกา นิโรธ, นวลมณี พงศ์ธนา. 2541. การควบคุมเพศปลาหมอไทย [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://pikul.lib.ku.ac.th/>. (1 มีนาคม 2555)
- ศิริ กอนันตกุล. 2542. การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ. กองประมงน้ำจืด กรมประมง,
- โมยิต ศรีภูธร. 2544. ปลาหมอไทยแปลงเพศเชิงพาณิชย์ ต่อยอดการพัฒนา เพื่อคุณภาพชีวิตคนสกจนคร. หัวหน้าสาขาวิชาประมง. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.coastalaqua.com/>. (1 มกราคม 2554)
- “จากปลานิลพระราชทานสู่ปลานิลแดงทนเค็มสายพันธุ์ผสม” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.dailynews.co.th/newstartpage/index.cfm?page=content&categoryId=340&contentID=11056> [2552]. สืบค้นได้จาก 10 ตุลาคม 2552.
- เจริญศักดิ์ ไรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, จงรักษ์แก้วประสิทธิ์, พัฒนาอนุรักษพงษ์ศรีและสมยศพุทธเจริญ. 2531. ปริมาณโปรตีนในใบมันสำปะหลัง 13 พันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 21 (3): 176-181.
- ชนกันต์ จิตมนัส. 2544. ความรู้เกี่ยวกับวัคซีนเพื่อป้องกันโรคปลา. วารสารการประมง. 54(6): 515 – 520.
- ชนกันต์ จิตมนัส. 2550. โรคปลานิล. วารสารแม่โจ้ปริทัศน์. 8(6): 15 - 19.
- ชนกันต์ จิตมนัส. 2556. โรคปลานิล. เชียงใหม่สัตว์แพทยสาร 11(1): 75 – 86. เข้าถึงได้ที่ http://assess.vet.cmu.ac.th/journal/document/journal/2556_8.pdf
- ไชย ส่องอาชีพ. 2547. ปลาหมอไทยเลี้ยงง่ายขายคล่อง. เทคโนโลยีชาวบ้าน. 12 (332): 102–10.
- เชาวลิต อังคะรา. “เว็บไซต์เผยแพร่ เรื่อง ปลานิล. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการ
- ตุลฮาบ หวังสุข. 2556. การเร่งสีปลาสวยงามด้วยสารประกอบให้สี. [ระบบออนไลน์] แหล่ง

ที่มา <http://www.pantown.com/group.php?display=content&id=32498&name=content2&area=3>
(18 สิงหาคม 2554).

ประมง. ภาควิชาการจัดการประมง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง.”[ออนไลน์].
เข้าถึงได้จาก :<http://fishtech.rmutsv.ac.th/home/fish/nin.doc> [2551]. สืบค้นได้ จาก 12 ตุลาคม
2552.

ธนิตชัย ปรัชญาถาวรกุล และ ศศิธร ตรงจิตภักดี. 2556. **ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบฟนฝอยต่อ
ปริมาณซี-ไฟโคไซยานิน**. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา [http://www](http://www.agro.ku.ac.th/file/dep_research/271/KC4606067.pdf)
[agro.ku.ac.th/file/dep_research/271/KC4606067.pdf](http://www.agro.ku.ac.th/file/dep_research/271/KC4606067.pdf). (10 ตุลาคม 2556)

รัชศึก กุ่มพร้อม, จงกล พรหมยะ, เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน, นิวุฒิ หวังชัย และชนกันต์ จิตมนัส.

2554. ผลของสาหร่ายสไปรูลีนาและสาหร่ายไคต่อการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันและการ
ปรับปรุงสีของปลาทอง. วารสารวิจัย มข. 16 (6): 612-621.

ธรรมรักษ์ ละอองนวล. 2541.การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. อุบลราชธานี: คณะเกษตร
และอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี. 212 น.

นิวุฒิ หวังชัย. 2556. **โภชนศาสตร์สัตว์น้ำ**. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมง และทรัพยากรทางน้ำ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. 226 น.

นันทนาชเสนี. 2536.คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด.กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.177 น.

นันทิยา อุ่นประเสริฐและคณะ. 2543. การหาระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารปลาทราย 2 ขนาด.
วารสารการประมง.53(1) น.43-50

นวลมณี พงศ์ธนา พุทธรัตน์ เป้าประเสริฐกุล และบัญชา ทองมี. 2538. **การใช้ฮอร์โมนในการผลิตปลา
สลิด เพศเมีย**. [ระบบออนไลน์]แหล่งที่มา<http://pikul.lib.ku.ac.th/>. (1 มีนาคม 2555)

นวลมณี พงศ์ธนา, มัลลิกา นิโรธ และครรชิต วัฒนาดิลกุล. 2541. การควบคุมเพศปลาหมอไทย.
Anabas testudineus (Bloch,1972) เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 20/2541 สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรม
สัตว์น้ำ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ . 22 หน้า

นวลมณี พงศ์ธนา. 2537. **การควบคุมเพศปลาดุกให้เป็นเพศเมียทั้งหมด**. [ระบบออนไลน์]แหล่งที่มา
<http://pikul.lib.ku.ac.th/>. (1 มีนาคม 2555)

นวลมณี พงศ์ธนา. 2537. **การจำแนกเพศปลานิล**. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ
กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 15 หน้า

นิภา กาลศรี และคณะ.“การอนุบาลปลาดุกอยู่ในกระชัง” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
[ttp://www.nicaonline.com/articles10/site/view_article.asp?idarticle=285](http://www.nicaonline.com/articles10/site/view_article.asp?idarticle=285) [2546]. สืบค้นได้จาก
12 ตุลาคม2552.

- ประภาส โฉลกพันธุ์รัตน์. 2556. **การเพาะเลี้ยงปลาทอง**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.home.kku.ac.th/pracha/Goldfish.htm> (23 มิถุนายน 2556)
- ประดิษฐ์เพชรเจริญ. “ผลของความหนาแน่นการเติบโตของลูกปลาไหลนา” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.nicaonline.com/articles10/site/view_article.asp?idarticle=1305 [2548]. สืบค้นได้จาก 12 ตุลาคม 2552.
- ประเทือง เขาวัววันกลาง. 2536. **การเลี้ยงปลาน้ำจืด**. คณะวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรกรรมน. 35-38
- ประเทืองเขาวัววันกลาง. 2538. **คุณภาพน้ำทางการประมง**. ลำปาง: แผนกประมง คณะสัตวศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตลำปาง. 86 น.
- ปราณี ชื่นนอก. “การเพาะเลี้ยงปลานิล.” บล็อกเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการ กลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี โรงเรียนบ้านทองหลาง ต.โนนแดง อ.คง จ.นครราชสีมา. สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครราชสีมา เขต 6 [ออนไลน์]. เข้าได้จาก: http://pong-fish.blogspot.com/2008/07/blog-post_28.html [2552]. สืบได้จาก 10 ตุลาคม 2552
- ไพบรมา ยงมานิตชัย. 2546. **สาหร่ายกับสารที่น้ำรู้**. ออนไลน์ [เข้าถึงได้จาก] <http://www.ku.ac.th/e-magazine/july46/agri/seaweed.html> 18 กรกฎาคม 2554.
- พุทธรัตน์ เป้าประเสริฐกุล, นวลณี พงศ์ธนา. 2538. **การทดลองเพาะเลี้ยงปลานิลเพศผู้ GMT**. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://pikul.lib.ku.ac.th/>. (1 มีนาคม 2555)
- พรชัย จารุรัตน์จามร. 2523. **การศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงโดยวิธีแยกเพศ**. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 53 หน้า
- ไพศาล สิทธิกรกุล. 2548. **วิทยานิพนธ์การเลี้ยงปลานิลเพื่อการเรียนการสอนและการวิจัย**. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริม กรุงเทพฯ. 268 หน้า
- _____. (ม.ป.ป.). **การเลี้ยงปลาหมอเทศเมียในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง**. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.coastalacqua.com/oldweb/index.php>. (1 มีนาคม 2555)
- มันสิน ตันทุลเวศม์ และ มันรัช ตันทุลเวศม์. 2536. **เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันสิน ตันทุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2544. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ เล่ม 1**. กรุงเทพฯ: การจัดการคุณภาพน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 319 น.
- มัลลิกา นิโรช, พุทธรัตน์ เป้าประเสริฐกุล, สยาม กังเจริญพัฒนา, นวลณี พงศ์ธนา. 2541. **ระบบการกำหนดเพศและการผลิตปลาแสงจันทร์เพศเดียว** [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://pikul.lib.ku.ac.th/>. (1 มีนาคม 2555)

- ไมตรี กำเนิดมณี. 2551. การเลี้ยงปลาหม่อแปลงเพศในบ่อซีเมนต์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2551.ศูนย์พัฒนาประมงพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 17 หน้า
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2530. เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรน้ำจืด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 75. กรุงเทพฯ: สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง. 104 น.
- ยุวดี พิรพรพิศาลศรีวรรณ ไชยสุขโณมยง ไชยอุบลและประเสริฐ ไวยะกา. นิเวศวิทยาและการใช้ประโยชน์ของสาหร่ายไคและลอนในลำน้ำน่านและลำน้ำโขง.ออนไลน์ [เข้าถึงได้จาก] <http://www.aseanbiodiversity.info/Abstract/53004573.pdf> วันที่ 25 กรกฎาคม 2554
- ยุวดี พิรพรพิศาล โณมยง ไชยอุบล ยุวดี พิรพรพิศาลอิสรพงษ์พงษ์ศิริกุลสุนทร เปื่องการรัตติกาล มุ่งหมายพัฑพร คุณประดิษฐ์พิชญวรรณธงจิรพรเพกเกาะ และ คมสัน เรืองฤทธิ์. 2547. ความหลากหลายทางชีวภาพและการใช้ประโยชน์ของสาหร่ายในลำน้ำน่าน. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ปีที่ 3 ฉบับพิเศษ 1 เมษายน 2547. หน้า 84-94.
- ยุวดี พิรพรพิศาล จิตติกานต์ ปัญโญใหญ่ ดวงพร อมรเลิศพิศาล 2555. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบของสาหร่ายเตา. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 40 (1), 228-235.
- ยุวดี พิรพรพิศาล. 2549. สาหร่ายวิทยา Phycology. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่. 546 หน้า
- ยุวดี พิรพรพิศาล. 2549. สาหร่ายวิทยา. เชียงใหม่. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 546 น.
- ยุวดี พิรพรพิศาล. 2550. สาหร่ายไคความรู้ทั่วไปและการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. โชตนาพรันจำกัด. จังหวัดเชียงใหม่. 50หน้า.
- ยุวดี พิรพรพิศาล. 2551. บทความปริทรรศน์ : งานวิจัยสาหร่ายน้ำจืดที่กินได้ในภาคเหนือของประเทศไทย, Edible Freshwater Macroalgae in Northern Thailand research.; วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 2(1): 178-189.
- เยววมลย์คำเจริญ, สาโรชคำเจริญ, อภิชัยศิริประภากรและพรรศรีสาภิยะ. 2529. ส่วนประกอบโภชนะต่างๆของอาหารสัตว์ในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น,ขอนแก่น.
- เรณู ยาชีโร, วิชัย วัฒนกุล, ประคอง ดังประพฤทธิกุล และ สรณัฐศิริสว. 2541. ระดับอิสทราดิออล-17 บีต้าและเทสโทสเตอโรนในปลาหม่อทะเล *Epinephelus lanceolatus*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 297 หน้า
- ลพบุรี. ประพัฒน์ศรี พันธุ์ศรีและคณะ. 2541. ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกปลาดุกยัก (Clarias gariepinus). วารสารวิจัยและฝึกอบรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 50 หน้า

- ลภัสรดา มุ่งหมาย. 2549. การเพาะเลี้ยงและการหาลักษณะเฉพาะเชิงโมเลกุลด้วยเทคนิคอาร์เอพีดีของสาหร่ายกินได้บางชนิดจากแม่น้ำน่าน. เชียงใหม่ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. 95 น.
- วิดาบินรัมย์, 2549. ปลาเพาะ. วารสารสถาบันอาหารปีที่ 8 ฉบับที่ 45: 34 -45
- วิกิพีเดีย. 2556. ปลาทอง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.th.wikipedia.org/wiki/> (26 มิถุนายน 2556)
- วิกิพีเดีย. 2556. *Nostoc*. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.en.wikipedia.org/wiki/Nostoc> (20 กรกฎาคม 2556)
- วิทย์ธารชลาณกิจ ประจิตร วงศ์รัตน์ สุขุม ไร่ใจ ประทักษ์ ตาบทพิพัชร และ ลัดดา วงศ์รัตน์. 2533. การศึกษาคุณภาพน้ำและทรัพยากรสัตว์น้ำในพื้นที่พรุโต๊ะแดงจังหวัดนราธิวาส. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 111 น.
- วิธีการเสริมคุณค่าทางอาหาร. ออนไลน์ [เข้าถึงได้จาก] <http://www.ninekaow.com/scoops/?action=view&catID=0000001&pid=0000023> วันที่ 25กรกฎาคม2554ลภัสรดา มุ่งหมาย. 2549.การเพาะเลี้ยงและการหาลักษณะเฉพาะเชิงโมเลกุลด้วยเทคนิคอาร์เอพีดี ของสาหร่ายกินได้บางชนิดจากแม่น้ำน่าน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 95หน้า
- วิไลลักษณ์ กิจชนะพานิช. 2531. คู่มือการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย. 130 หน้า.
- วิมล จันทรโรทัย ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ ศิริมล ชุ่มสูงเนิน และสมฤกษ์ ชินมุข. 2535. อาหารที่ระดับโปรตีนต่างกันแต่พลังงานคงที่ต่อการเจริญเติบโตและไขมันสะสมในปลาสร้อย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 124. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 102 หน้า
- ศราวุธเจโสออนัญญา คำจตุ สุชาติ จุลอดุงกฤษณพันธ์ โกเมน ไปรินทร์ เมตตา ทิพย์บรรพตและ นพพร สิทธิเกษมกิจ. 2547. ปลาหมอไทย: เทคนิคการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร. 33 น.
- ศิริณี งอยจันทร์ศรี และ วิระวรรณ ระย่น .2550. การศึกษาสภาวะเศรษฐกิจสังคมของการเลี้ยงปลาโพงในกระชังในแม่น้ำโขง. เอกสารวิชาการที่ 31/2550. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสกลนคร สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง; 48 หน้า.
- ศิริเพ็ญ ตรีไชยาพร. 2543.การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 125 น.

- ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำชุมพร. 2555. ปลาหมอสายพันธุ์ 'ชุมพร ๑'. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.fisheries.go.th/genetic-chumphon/images/.../year%2055.pdf (20 กุมภาพันธ์ 2556).
- สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 2554. www.nicaonline.com/webboard/index.php. ศูนย์สารสนเทศ. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย. 2553. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ http://www.fisheries.go.th/it-stat/data_2551/menu_2551.htm
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ. 2540. การเพาะเลี้ยงปลานิลเทศผู้ล้น. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 22 หน้า.
- สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำจืด กรมประมง. สถิติการส่งออกปลาสดจากปี 2553. ออนไลน์ [เข้าถึงได้จาก] http://www.aahri.in.th/fish/stat_th.aspx?Lyear=2010&menu=2&y=2011&Group= วันที่ 25 กรกฎาคม 2554
- สยามคาร์ฟ. 2552. การเกิดสีของปลาแฟนซีคาร์ฟ, [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.siamcarp.com/board/index.php?topic=2132.0> (23 กรกฎาคม 2556)
- เสน่ห์บัวสนิท. (2554) <http://www.rdi.rmutsb.ac.th/2011/download/00002.pdf>
- เสน่ห์ ผลประสิทธิ์, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุลและกฤษณ์ มงคลปัญญา. 2536. การเพาะขยายพันธุ์ปลาบึก. วารสารการประมง. ปีที่ 46 ฉบับที่ 5 : 339 – 415.
- สมเจตน์ปัญญาวณิชย์. 2549. ปลาหมอไทย. เกษตรสยามบุ๊คส์, กรุงเทพฯ. 184 น. สัตว์น้ำจืด. 2547. ปลาหมอไซค์ใหญ่ตลาดยังโต. วารสารสัตว์น้ำ 15 (173):119 – 126.
- สมพงษ์คุณย์จินดาขบพร. 2542. การเพาะเลี้ยงปลาหมอไทย. ภาควิชาประมง, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 38 น.
- สารพันคุณค่าจากปลา (Online) เข้าถึงได้จาก http://numu_tam.exteen.com/20100721/entry-2 สืบค้น 6 สิงหาคม 2557
- สาวิตรี สีลาเกษ. 2547. การศึกษาผลของระดับโปรตีนและพลังงานต่างกันต่อการเจริญเติบโตของลูกปลาหมอขนาด 1.6 กรัม. วารสารการประมง 57(4) น. 4
- สาหร่ายนอสตอก. ออนไลน์ [เข้าถึงได้จาก] https://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=41939. ออนไลน์เข้าถึง 18 กรกฎาคม 2544.
- สุจินต์ โรจนพิทักษ์. 2550. การเลี้ยงปลาหมอ. เกษตรสยามบุ๊คส์, กรุงเทพฯ. 88 น.
- สำนักงานประมงจังหวัดเชียงใหม่. 2554. http://www.fisheries.go.th/fpochiangmai/web2/index.php?option=com_content&view=article&id=61&Itemid=58
- สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร. คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายน้ำจืด. ออนไลน์ [เข้าถึงได้จาก] www2.it.mju.ac.th/dbresearch/rae/index.php วันที่ 25 กรกฎาคม 2554

- สุภาวดี และคณะ. 2544. การทดลองผลของระดับโปรตีนในอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาปลูแดง. วารสารวิจัยและฝึกอบรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.
- สุนิรัตน์ เรืองสมบูรณ์, ศักดิ์ชัย ชูโชติ และปวีณา ทวีกิจการ. 2555. การใช้อาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune* สดและแห้งในการเลี้ยงปลาหมอสี Kenyi cichlid, *Pseudotropheus lombardoi*. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40(1) 208-217 น.
- สมพงษ์คุณย์จินดาชบาพร, พรชัย จารุรัตน์จามร และ ลำเนาวั ของสาย. 2541. การเลี้ยงปลาหมอไทยเพื่อการค้า. รายงานวิจัย ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 15 หน้า.
- สมพงษ์คุณย์จินดาชบาพร. 2542, การเจริญเติบโตของปลาหมอไทยวัยอ่อนที่ความหนาแน่นต่างกัน. เกษตร. หน้า 62-67.
- สมพงษ์คุณย์จินดาชบาพร. 2542. การเพาะเลี้ยงปลาหมอไทย. ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 38 หน้า.
- สมพงษ์คุณย์จินดาชบาพร. 2531. การเพาะพันธุ์ปลาหมอไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สรรสาระเทคโนโลยีชีวภาพ. 2555. มหาภาพยารจีนี่แห่งสารสี. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.biotech.or.th/tsb/.../E-mag%20March%20-%20August%202012.pdf> (10 สิงหาคม 2555)
- สราวุธเจโส๊ะ และคณะ. 2547. ชีววิทยาและเทคนิคการเพาะเลี้ยงปลาหมอไทยเชิงพาณิชย์. สัตว์น้ำปีที่ 15 ฉบับที่ 176. หน้า 27-30
- สัตว์น้ำจืด. 2547. ปลาหมอ ไซค์ใหญ่ ตลาดยังโต. วารสารสัตว์น้ำ 15(173): 119-126.
- สันติชัย รังสิยาภิรมย์ และอำพร ศักดิ์เศรษฐ. 2547. ชีววิทยาบางประการของปลาหมอ เอกสารฉบับที่ 50 สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดนครราชสีมา, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 60 หน้า.
- สันติชัย รังสิยาภิรมย์ และ อำพร ศักดิ์เศรษฐ. 2547. ชีววิทยาบางประการของปลาหมอ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 50/2547. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 59 หน้า
- องอาจคำประเสริฐ. “การเลี้ยงปลากดแก้วในกระชังด้วยความหนาแน่น 2 ระดับ” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.nicaonline.com/articles10/site/view_article.asp?idarticle=1416 [2549]. สืบค้นได้จาก 22 กุมภาพันธ์ 2552.
- อัจฉราวรรณอินตะโมงค์, 2554. คุณภาพและโภชนาการของเนื้อปลาบึก ปลาสร้อยและปลาลูกผสม. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. จังหวัดเชียงใหม่.
- อาภารัตน์ มหาขันธ์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2550. นอสตอคสู่ไข่มุกภูมิปัญญาไทยสู่สากล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 22 (2):55-57.

- อานูวิ บากา และวุฒิพร พรหมขุนทอง. 2555. ผลของสาหร่ายไส้ไก่ในอาหารต่อการเจริญเติบโตการใช้ประโยชน์จากอาหารและการตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันของปลานิลแดง. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50 : สาขาประมง. 515-524.
- อรพินท์ จินตสถาพร, บัณฑิต ขวงสร้อย และ ประเสริฐ สมิตวิชังค์ . 2548. ระดับเหมาะสมของคาร์ทีนอยต์ร่วมต่อความเข้มสีปลาคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*). [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.elib.fisheries.go.th> (20 สิงหาคม 2556)
- อุทัย กันโรและสุกัญญาจิตตพรพงษ์. 2547. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม
- อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2538. การเพาะขยายพันธุ์ปลา. ภาควิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 231 หน้า.
- อนุวัติ อุปนันไชย.“การอนุบาลลูกออดกบนาด้วยอัตราความหนาแน่นฯ” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.nicaonline.com/articles10/site/view_article.asp?idarticle=2041 [2549]. สืบค้นได้จาก 12 ตุลาคม 2552.
- อัศวิน แก้วคง. 2539. การเลี้ยงปลาในกระชัง.ฟาร์มมิ่ง. 4 (23) น. 22
- อำไพพรรณ ไกรสุรสีห์ และ สุชาติ ไกรสุรสีห์. 2548. การเลี้ยงปลาหมอในกระชังด้วยความหนาแน่นต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 27/2548. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 19 หน้า..
- Adrian, J. and F. Peyrot. 1971. Possible use of the cassava leaf (*Manihotutilissima*) in humannutrition. **Plant Foods Human nutri.**2: 61-65.
- Akiyama, D.M., Dominy,W.G. and Lawrence,A.L. 1991. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry: revised. pp. 80–98. In . **Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Thailand and Indonesia September 19–25** . Singapore, American Soybean Association.
- Amornlerdpison,D., Mengumphan,K., Thumvijit,S.andPeerapornpisal,Y.2011. Antioxidant and anti-inflammatory activities of freshwater macroalga, *Cladophoraglomerata*Kützting. Thai **Journal of Agricultural Science**, 44(5): 283-291.
- Anadu, D.I., Anozie,O.C. and Anthony,A.D.. 1990. Growth response of *Talapia* fed diets containing various levels of ascorbic acid cobalt chloride. **Aquaculture** 88: 329-336.
- Anagnostidis, K. and Komárek, J. 1990. Modern approach to the classification system of cyanophytes, 5: Stigonematales. - **Algol Studies** 59: 1-73 .
- Anna C. price, Cameron J. Weadick, Janet Shim, and H, Halen Rodd. 2008. Pigments, patterns, and fish behavior. **ZEBERFISH**. (5): 296-307.

- AOAC. 1995. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed. Arlington, VA, USA.
- Arabi, H.M., Yazdi, T. and Faramarzia, M.A. 2010. Influence of whole microalgal cell immobilization and organic solvent on the bioconversion of androst-4-en-3, 17-dione to testosterone by *Nostoc muscorum*. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**. 62(3-4): 213–217
- Association official Analytical Chemists (AOAC). 1995. Official methods of analysis of AOAC International, 16th ed. AOAC International, Arlington, VA. 1360 p.
- Astorg P. 1997. Food carotenoids and cancer prevention: An overview of current research. *Trends in Food Science & Technology*, 8: 406-413.
- Atsushi W. 1951. Production in cultural solution of some amino acids by the atmospheric nitrogen-fixing blue-green algae. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 34(1): 50-55.
- Bennett, A. and Bogorad L. 1973. Complementary chromatic adaptation in a filamentous blue-green alga. *The J. of Cell Biol.* 58: 419-435.
- Bhattacharyya, S., Nayak, B. and Choudhury, N.K. 2011. Response of diazotrophic cyanobacterium *Nostoc carneum* under pesticide and UV-B stress. **Journal Chemosphere**. 84(1): 131–135.
- Bichi A .H. and Ahmad M.K. 2010. Growth performance and nutrient utilization of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed varying dietary levels of processed cassava leaves. **Bayero Journal of Pure and Applied Sciences**, 3(1): 118 – 122
- Boulenger, G.A. 1907. **The fish of the Nile**. H. Kegan Paul, London.
- Boyd, C.E. 1982. **Water Quality Management for Pond Fish Culture**. New York: Elsevier Scientific Publish Company. 318 p.
- Castenholz, R. W. 2001. Phylum BX. Cyanobacteria. In *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 2nd edn, vol. 1, pp. 473–487.
- Chimits, P. 1995. **Tilapia and its culture**. A preliminary bibliography. FAO Fish Bull 8
- Curtis, M.C., Jones, C.M., 1995. **Observations on monosex culture of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* von Martens Decapoda: Parastacidae**. in earthen ponds. *J. World Aquacult. Soc.* 26, 154–159.
- CyanoDB.cz a database of cyanobacterial genera. 2011. *Nostochopsis*. ออนไลน์ [เข้าถึงได้จาก] <http://www.cyanodb.cz/Nostochopsis> 18 กรกฎาคม 2554.
- Danayadol, T., Uraiprasit, D., Phuvanath, S. and Direkbussarakom, S. 2000. An applied phagocytosis assay in fish. **Fisheries gazette**. 53(5): 461-466.

- Davis HS. A new **bacterial disease in freshwater fishes**. United States. Bureau of Fisheries Bulletin 1922(38):37–63.
- Declercq, A.M., Freddy Haesebrouck, Wim Van den Broeck, Peter Bossier and Annemie Decostere. **Columnaris disease in fish: a review with emphasis on bacterium-host interactions**. Veterinary Research 2013,(44): 27 Available from <http://www.veterinaryresearch.org/content/44/1/27>
- Decostere, A., Haesebrouck, F. and Devriese, L.A. 1998. **Characterization of four *Flavobacterium columnare* (*Flexibacter columnaris*) strains isolated from tropical fish**. *Vet. Microbiol.*, 62(1):35–45. Available from [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1135\(98\)00196-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1135(98)00196-5)
- Decostere A, Haesebrouck F, Turnbull JF, Charlier G. **Influence of water quality and temperature on adhesion of high and low virulence *Flavobacterium columnare* strains to isolated gill arches**. J Fish Dis 1999(22): 1–11.
- Desikachary T.V. 1959. *Cyanophyta*. ICAR Monographs, New Delhi, 686 pp.
- Devenda, C. 1977. Cassava as a feed source for ruminants. pp. 107-119. In **Cassava as Animal Feed : Proceeding of a workshop**, University of Guelph, Guelph.
- Doolgindachbaporn, S. 1994. **Development of Optimal Rearing and Culturing Systems for Climbing Perch, *Anabastestudineus* (Bloch) (Perciformes, Anabantidae)**. Ph.D. Thesis, Department of Zoology, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba.
- Edge R., McGarvy D.J. and Truscott T.G. 1997. The carotenoids as anti-oxidants-a review. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 41: 189-200.
- Eggum, B.O. 1970. The protein quality of cassava leaves. *Brith. J. of Nutri.* 24: 761-768.
- Farber, J.M. (1991). Microbiological aspects of modified atmosphere packaging technology review. *J. Food. Prot.* 54 (3), 58-70..
- Farmer, B. 2004. **Improved methods for the isolation and characterization of *Flavobacterium columnare***. Master's Thesis. Louisiana State University. Available from http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-11112004-113024/unrestricted/Farmer_thesis.pdf
- Farombi, E.O., Adelobo, O.A. and Ajimok, Y.R. 2007. Biomarker of oxidative stress and heavy metal level as indicators of environmental pollution in African Catfish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 4(2), 158-165
- Figueiredo HC, Klesius PH, Arias CR, Evans J, Shoemaker CA, Pereira DJ Jr, Peixoto MT. 2005

- Fraser, O.P., and Sumar S. (1998). Composition changes and spoilage fish (part II) microbiological induced deterioration. *Nutr. Food Sci.* 6 (3): 325-329.
- Hashtroudi, Mehri Seyed, Shariatmadari, Zeinab, Riahi, Hossein and Ghassempour, Alireza. 2013. Analysis of *Anabaena vaginicola* and *Nostoc calcicola* from Northern Iran, as rich sources of major carotenoids. **Food chemistry**. 136 (2013): 1148-1153 p.
- Helms LM ,G.A. 1987. Studies on the regulation of growth hormone release from the proximal pars distalis of male tilapia, *Oreochromis mossambicus*, in vitro.) *General And Comparative Endocrinology [Gen Comp Endocrinol]*. 48-55.
- Holt, R. A., J. E. Sanders, J. L. Zinn, J. L. Fryer, and K. S. Pilcher. 1975. **Relation of water temperature Isolation and characterization of strains of Flavobacterium columnare from Brazil.** *J Fish Dis.* Apr. 28(4): 199-204.
- Iverson, E.S. 1976. **Faming the edge of the sea.** The white friars press Ltd. London.
- Kledmanee K. 2010. **Immune response of Asian seabass (*Lates calcarifer*, Bloch) following diet supplementation with chitosan [MSc thesis].** Chonburi: Burapha University.
- Khajareern, J.M., S. Terapuntuwat, S. Khajareern and S. Soontornsorn. 1977. Determination of basic chemical parameters of cassava root products of different origin processing technology and quality, pp 15-30. *In KKU-IDRC Cassava/Nutrition Project Annual Report.* KhonKaen University, KhonKaen
- Khatoon N., Sengupta P., Homechaudhuri S. and Pal R. 2010. Evaluation of Algae Based Feed in Goldfish (*Carassius auratus*) Nutrition. *Proc. zool. Soc.*, 63(2) : 109–114
- KMUTT. 2001. Laboratory instruction: A workshop on mass cultivation of *Spirulina*, 8 – 11 January, 2001. King Monkut's University of Technology, Thonburi, Bangkok, Thailand. pp 14 – 15.
- Kohinoor, A.H.M., M.Z. Haque, and M.H. Osmani. 1995. **Food Size Preferences of the Climbing Perch, *Anabas testudineus* Bloch and the African Cat fish, *Clarias gariepinus* Burchell larvae.** *Bangladesh J. Zool.* 23(2): 159-166.
- Komarek, J. & K. Anagnostidis. 1989. Modern approach to the classification of the Cyanophytes 4-- Nostocales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 82: 247-345.
- Komarek, J. and Anagnostidis, K. 1999. **Cyanoprakaryota: Oscillatoriaceae, I Teli, Gustav Fisher Vercher verlag Jena, Stuttgart.**
- Kunttu H Kuhne Stephan, Lakatos Michael, Foltz Sarah , Muffler Kai and Ulber Roland. 2013.

- Characterization of terrestrial cyanobacteria to increase process efficiency in low energy consuming production processes.** Sustainable Chemical Processes. 1(1): 1-6MT, Valtonen ET, Jokinen EI, Suomalainen L-R: **Saprophytism of a fish pathogen as a transmission strategy.** Epidemics 2009(1): 96–100.
- LaFrentz BR, LaPatra SE, Call DR, Cain, KD. **Isolation of rifampicin resistant *Flavobacterium psychrophilum* strains and their potential as live attenuated vaccine candidates.** Vaccine 2008(26): 5582 – 5589.
- Lawrenz Evelyn, Fedewa, J. Erin, and Richarson, L. Tammi. 2011. Extraction protocols for the quantification of phycobilins in aqueous phytoplankton extracts. Journal of Applied Phycology. 23:865–871. Michel, C., D. Antonio, and R. P. Hedrick
- Leghninger, L.A. 1982. **Principles of Biochemistry** . New York: Worth Publishers Inc. 500 p.
- Li, H., Li Z., Xiong S., Zhang, H., Li, Na., Zhou S., Liu, Y And Huang, Z. 2011. **Pilot-Scale Isolation of Bioactive Extracellular Polymeric Substances from Cell-free media of Mass Microalgal Cultures Using Tangential-flow Ultrafiltration.** Journal Process Biochemistry. 46(5): 1104–1109.
- Liu, Xue-Jun, Yue Jiang, and Feng Chen. 2005. **Fatty acid profile of the edible filamentous Cyanobacterium Nostoc flagelliforme at different temperatures and developmental stages in liquid suspension culture.** Process Biochemistry. 40(1): 371-377.
- Lovell, T. 1934. Nutrition and feeding of fish. United States of America. 260 pp.
- . 1999. **Production of viable cultures of *Flavobacterium psychrophilum*: approach and control.** Research Microbiology 150: 351 – 358.
- Mona S., Kaushik A. and Kaushik C. P. 2011. Sequestration of Co(II) from aqueous solution using immobilized biomass of *Nostoclinckia* waste from a hydrogen bioreactor. Desalination, 276: 408–415.
- Montaldo, A. 1977. Whole plant utilization of cassava for animal feed, pp. 95-106. **In Cassavaas Animal Feed: Proceeding of workshop.** University of Guelph, Guelph.
- Moore AA, Eimers ME, Cardella MA. **Attempts to control *Flexibacter columnaris* epizootics in pond-reared channel catfish by vaccination.** J AquatAnim Health 1990 (2): 101 - 111.
- Munday, B.L., 1994. Fish. In: B.S. Cooper (Editor). **Antimicrobial Prescribing Guidelines for Veterinarians.** A Post Graduate Foundation Publication, University of Sydney in association with National Health and Medical Research Council, Sydney, N.S.W., pp. 305-326.

- Naegel, L.C.A. 1977. **Combined production of fish and plants in recirculating water.** Aquaculture 10: 17-24.
- Nostoc* Algae. ออนไลน์ [เข้าถึงได้จาก] <http://www.21food.com/showroom/78355/product/algae-nostoc.html> 18 กรกฎาคม 2554.
- Oost V., R., Beyer, J., & Vermeulen, N. P. E. 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13, 57–149
- Oris, J. T. 2003 **Poppulations, Communities and Species Interaction.** [online]. Available http://www.zoology.muohio.eduloris/ZOO121/notes/Envs2003_07.htm (15 March 2011)
- Papaefthimiou D., Htouzek P., Mungnai M.A., Lukesova A., Turicchia S., Ulla R. and Stefano V. 2008. Differential patterns of evolution and distribution of the symbiotic behaviour in nostocacean cyanobacteria. *International Journal of Systemic and Evolutionary Microbiology*, 58:553-564.
- Pandey, U. and Pandey, J. 2008. Enhanced production of high-quality biomass, δ -aminolevulinic acid, bilipigments, and antioxidant capacity of a food alga *Nostochopsis lobatus*. **Applied biochemistry and biotechnology**. 150(2), 221-231.
- Pandey U. and Pandey J. 2008. Enhanced production of biomass, pigments and antioxidant capacity of a nutritionally important cyanobacterium *Nostochopsis lobatus*. *Bioresource Technology*, 99(10): 4520-4523.
- Peerapornpisal, Y., Amornlerdpison, D., Rujjanawate, C., Ruangrit, K. and Kanjanapothi, D. 2006. Two endemic species of macroalgae in Nan river, Northern Thailand, as therapeutic agents. **Science Asia** 32 supplement 1: 71-76.
- Pilarski, F.; Rossini, A.J.; Ceccarelli, P.S. 2008. **Isolation and characterization of *Flavobacterium columnare* (Bernardet et al. 2002) from four tropical fish species in Brazil.** *Braz. J. Biol.* 68, 409 – 414. Available from <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000200025>
- Ramamoorthy, K., Bhuvaneswari, S. Sankar, G. and Sakkaravarthi, K. 2010. Proximate composition and carotenoid content of natural carotenoid sources and its colour enhancement on marine ornamental fish *Amphiprion ocellaris* (Cuveir 1880). **World Journal of Fish and Marine Sciences**. 2 (6): 545-550.
- Roger, D.J. and M. Milner. 1963. Amino acid profile of monioc leaf protein in relation to nutritive value. **Econ. Bot.** 17 (3): 211-216.

- Sardar, M.R., Thompson K.D., Penman D.J. and McAndrew B. J. 2001. Immune responses of Nile tilapia clones developmental and comparative. **Immunology**. 25: 37-46.
- Seigel, B.V. 1974. Enhanced interferon response to murine leukemia virus by ascorbic acid. **Infection and Immunity** 10(2) : 409-410.
- Sekar S. and Chandramohan M. 2008. Phycobiliproteins as a commodity: trends in applied research, patents and commercialization. **J Appl Phycol**, 20:113-136.
- Shoemaker CA, Klesius PH, Evans, JJ. **Efficacy of a modified live *Flavobacterium columnare* vaccine in fish**. **Fish & Shellfish Immunology** 2011(30): 304 – 308.
- Shoemaker CA, Klesius PH, Evans, JJ. **Immunization of eyed channel catfish, *Ictalurus punctatus*, eggs with monovalent *Flavobacterium columnare* vaccine and bivalent *F. columnare* and *Edwardsiella ictaluri* vaccine**. **Vaccine** 2007(25): 1126 – 1131.
- Shukla, S. P., and A. K. Kashyap. 2003. **An assessment of biopotential of three cyanobacterial isolates from Antarctic for carotenoid production**. **Indian Journal of Biochemistry and Biophysics**. 40(5): 362-366.
- Singh, C. B., & Biban, L. 2013. **Impact of intracellular build-up of mercury on phycocyanin leakage in the planktonic cyanobacteria *Nostoc muscorum* and *Anabaena variabilis***. **Journal of Algal Biomass Utilization**. 4 (2): 28-41.
- Smith, H.M. 1945. **The freshwater fish of Siam or Thailand**. United States Government Printing Office, Washington D.C. 622 pp.
- Steffens, W. 1989. **Principles of Fish Nutrition**. Ellis Horwood, Chichester. 384 p.
- The on-line database cyanobacteria genera. 2556. *Nostoc*. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.cyanodb.cz/Nostoc> (25 มิถุนายน 2556)
- Tondiew C. 2007. **Effect of Noni (*Morinda citrifolia*) and Fahtalaijons (*Andrographis paniculata*) on pigmentation and phagocytosis in goldfish (*Carasius auratus*)** [MSc thesis]. Bangkok: Kasetsart University.
- to *Flexibacter columnaris* infection in steelhead trout (*Salmo gairdneri*), coho (*Oncorhynchus kisutch*) and chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) salmon**. **Journal of Fisheries Research Board of Canada** 32: 1553 – 1555.
- Van der Oost, R., Beyer, J., Vermeulen, N. P. E. 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in Dalgaard, P., Gram, L., and Huss, H.H. (1993). Spoilage and shelf-life of cod fillets packed in vacuum or modified atmosphere. **Int. J. Food Microbiol**. 28 (4): 21-29.

Van der Oost, R., Beyer, J., Vermeulen, N. P. E. 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: **A review. *Environ Toxicol Pharm* 13: 57–149.**

Wagner BA, Wise DJ, Khoo LH, Terhune JS. **The epidemiology of bacterial diseases in food-size channel catfish.** *J Aquat Anim Health* 2002(14): 263 – 272.

Wakabayashi, H. 1991. **Effect of environmental conditions on the infectivity of *Flexibacter Columnaris* to fish.** *Journal of Fish Diseases* 14: 279 – 290.

Webster, C.D., Kenneth R.T., Morgan, A.M., Grisby, E.J., and Gannam, A.L. 2000. Use of hempseed meal, poultry by-product meal, and canola meal in practical diets without fish meal for sunshine bass (*Morone chrysops* X *M. saxatilis*). *Aquaculture* 188: 299-309.

Woodland, D.J., 1967. **Population study of a freshwater crayfish *Cherax albidus* Clark: with particular reference to the ecoenergetics of a population.** PhD Thesis, University of New England, Armidale, NSW, 283 pp.

www.matichon.co.th

Yang Y., Park Y., Cassada D. A., Snow D.D., Rogers D. G. and Jiyoung L. 2011. In vitro and in vivo safety assessment of edible blue-green algae, *Nostoc commune* var. *sphaeroides* Kützinger and *Spirulina platensis*. *Food and Chemical Toxicology*, 49:1560-1564.

