การพัฒนาการใช้กากเหลือไบโอแก๊สเพื่อเป็นวัตถุดิบต้นทุนต่ำในอาหารกุ้งก้ามกราม

DAOVIENG YAIBOUATHONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2559

การพัฒนาการใช้กากเหลือไบโอแก๊สเพื่อเป็นวัตถุดิบต้นทุนต่ำในอาหารกุ้งก้ามกราม

Daovieng Yaibouathong

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย)
วันที่ 10 เดือน ม.ค. พ.ศ. 59

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส)
วันที่ 20 เดือน ต.ค. พ.ศ. 59

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ)
วันที่ 20 เดือน ต.ค. พ.ศ. 59

ประธานอาจารย์ประจำหลักสูตร .....
(อาจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ)
วันที่ 20 เดือน ต.ค. พ.ศ. 59

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่ 27 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 59

ชื่อเรื่อง การพัฒนาการใช้กากเหลือไบโอแก๊สเพื่อเป็นวัตถุดิบต้นทุนต่ำในอาหารกุ้งก้ามกราม

ชื่อผู้เขียน Miss Daovieng Yaibouathong

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้กากเหลือไบโอแก๊สเพื่อเป็นวัตถุดิบต้นทุนต่ำในอาหารกุ้งก้ามกราม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการใช้กากเหลือไบโอแก๊สที่เหมาะสมในการทดแทนแหล่งโปรตีนสำหรับเลี้ยงกุ้งก้ามกราม โดยศึกษาอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด ปริมาณผลผลิต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatments) คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ อาหารทดลองมีโปรตีนในอาหาร 26.7-27.4 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาทดลอง 80 วันพบว่า กุ้งก้ามกรามทุกชุดการทดลองให้ผลอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งบ่งชี้ได้ว่ากากเหลือไบโอแก๊สสามารถใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในอาหารกุ้งก้ามกรามได้ ส่วนอัตราการรอด ผลผลิตเฉลี่ย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของ T2 (ผสมของกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์) ให้ผลเฉลี่ยดีที่สุด (P<0.05) ดังนั้นจากการวิจัยสรุปได้ว่า ปริมาณที่เหมาะสมของกากเหลือไบโอแก๊สในอาหารกุ้งก้ามกรามคือ 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการศึกษาการการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณแตกต่างกันเลี้ยงในตะกร้าในบ่อซีเมนที่อุณหภูมิ 32.2 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทดลอง 90 วัน พบว่า มีรอบการลอกคราบแตกต่างกัน (P<0.05) โดย T1, T2, T3 และT4 มีรอบการลอกคราบดังนี้: 19±0.82, 18±0.82, 19.8±0.55 และ 20.8±0.55 วันต่อครั้ง ตามลำดับ

คำสำคัญ กากเหลือไบโอแก๊ส กุ้งก้ามกราม วัตถุดิบต้นทุนต่ำ

Title	Development of Bio-gas Sludge Utilization as a Low Cost Ingredient for Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) Feed
Author	Miss Daovieng Yaibouathong
Degree of	Master of Science in Fisheries Technology
Advisory Committee Chairperson	Associate Professor Dr. Niwooti Whangchai

ABSTRACT

This study aimed to investigate the growth performance, survival rate yield and feed conversion ratio of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) fed with and without bio-gas sludge which is a low cost material. Four treatments: T1 (0% bio-gas sludge), T2 (10% bio-gas sludge), T3 (20% bio-gas sludge) and T4 (30% bio-gas sludge) were used. Experimental feeds were prepared with 26.7-27.4% protein content. The study was conducted in 3x3x1.5 m^3 cages installed in earthen pond and cultured for 80 days. The result showed that growth performance of freshwater prawn was not significant different among treatments ($P>0.05$). It is clearly demonstrated that biogas sludge could be used as low cost feed ingredient for freshwater prawn. T2 (10% biogas sludge) showed the highest survival rate, production and lowest in feed conversion ratio. Consequently, the study found that 10% bio-gas sludge can be used as an alternative ingredient for low-cost freshwater prawn feed. The study of molting period of freshwater prawn which fed feed contained bio-gas in the different levels was investigated. Freshwater prawn which reared in the baskets in the pond at 32.2 degrees Celsius, a trial period of 90 days, were difference of molting period ($P<0.05$). Molting periods of T1, T2, T3 and T4 were 19±0.82, 18±0.82, 19.8±0.55 and 20.8±0.55 days, respectively.

Keywords: Bio-gas sludge, giant freshwater prawn *(Macrobrachium rosenbergii),* low cost ingredient

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพระเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำในการวางแผนการทำการทดลองตลอดรวมทั้งช่วยสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์สำหรับใช้ในการดำเนินงานวิจัย จนกระทั่งงานสำเร็จ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส อาจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีรพร เพกเกาะ ประธานสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ อีกทั้งยังสละเวลาอันมีค่าในการตรวจแก้ไขจนกระทั่งสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ทุนการศึกษา และเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง อำนวยความสะดวกรวมไปถึงให้คำแนะนำทางด้านเทคนิค และวิธีการต่างๆ รวมทั้งห้องปฏิบัติการ FT12107 เอื้อเฟื้ออุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพน้ำรวมไปถึงสารเคมีต่างๆที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ นางสาวสุธิดา วันโน นางสาวสุพันธ์ณี สุวรรณภักดี นางสาวพรพิมล พิมลรัตน์ และนายวิรวุฒิ แต้มประสิทธ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำวิธีการเขียนวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์ข้อมูล และการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว พี่ชาย ผู้ที่ให้กำเนิดและสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการเหล่าเรียนตลอดมาอีกทั้งยังเป็นกำลังใจในยามทุกข์สุขและยังให้ข้อคิดคำแนะนำตลอดมา

Daovieng Yaibouathong

ตุลาคม 2559

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

ตารางภาคผนวก

สารบัญภาพภาคผนวก

บทที่ 1
บทนำ

กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) เป็นกุ้งน้ำจืดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของประเทศ และยังนับว่าเป็นกุ้งน้ำจืดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลกด้วย โดยมีชื่อที่ใช้เรียกทั่วไปว่า Giant River Prawn Giant Malaysian Prawn และ Giant Freshwater Prawn ส่วนชื่อสามัญในภาษาไทยนั้น มีการเรียกอีกหลายชื่อ เช่น กุ้งหลวง กุ้งนาง และกุ้งใหญ่ กุ้งชนิดนี้เป็นกุ้งในวงศ์ Palaemonidae ซึ่งแต่เดิมใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Palaemon carcinus* แต่ชื่อนี้ก็ได้ยกเลิกการ ใช้เรียกขานไปแล้ว และเนื่องจากการที่กุ้งชนิดนี้มีขนาดใหญ่ และกุ้งที่โตเต็มวัยแล้วมักอาศัยอยู่ ในน้ำจืด หรือในน้ำกร่อยที่มีความเค็มต่ำจึงเป็นเหตุให้มีการทำการประมงโดยการจับอย่างมากจน มีจำนวนลดลงในธรรมชาติ เป็นสาเหตุให้มีการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ขึ้น เพื่อทดแทนปริมาณกุ้งที่ ถูกจับไปจากแหล่งน้ำในธรรมชาติ และเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค (บรรจง, 2535)

กุ้งก้ามกราม เป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจอยู่ในฐานะกุ้งน้ำจืดตัวเด่นของภูมิภาคเอเชียใต้และเป็นอีกอาชีพหนึ่งที่ได้รับความสนใจและนิยมเลี้ยงกันมาก โดยพบว่ามีการเลี้ยงกระจายทั่วทุกภาคของประเทศไทย และมีแนวโน้มจะขยายพื้นที่เลี้ยงเพิ่มมากขึ้นในอนาคต แม้กระทั่งพื้นที่ภาคเหนือ ซึ่งลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่สูงและเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารของประเทศไทย พบว่ามีการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามกระจายในหลายจังหวัด ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ นครสวรรค์และแพร่ (กรมประมง, 2546) โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่เป็นเมืองแห่งการท่องเที่ยว มีนักท่องเที่ยวมากมายที่สนใจบริโภคกุ้งก้ามกราม แต่ในปัจจุบันปริมาณกุ้งก้ามกรามไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากผู้เลี้ยงประสบปัญหาราคาอาหารเม็ดที่เลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีราคาค่อนข้างแพง และในการเลี้ยงกุ้งต้นทุนหลักคือ ค่าอาหาร 60–70 เปอร์เซ็นต์ (พุทธ, 2557) และมีการทดแทนปลาป่นด้วยขนไก่เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารกุ้ง (Mendoza *et al*. 2001)

กากเหลือไบโอแก๊สเป็นวัตถุดิบราคาถูกที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตแก๊สชีวภาพมีส่วนประกอบของไนโตรเจนค่อนข้างสูงซึ่งนอกจากจะนำไปใช้ในการเป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ในการเพาะปลูกพืช หรือขายส่งให้กับเกษตรกรที่มีแปลงปลูกพืช ซึ่งราคาที่ขายได้อยู่ประมาณ 0.5–1 บาทต่อกิโลกรัม จากงานวิจัยที่ผ่านมา (นิวุฒิ, 2557) ได้รายงานว่าการพัฒนาสูตรอาหารปลาโดยเน้นการใช้กากเหลือจากบ่อแก๊สชีวภาพผสมกับสารอาหารที่จำเป็น เพื่อลดต้นทุนอาหารปลา และสามารถผลิตแบบพื้นบ้าน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการนำกากเหลือไบโอแก๊สมาเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารกุ้ง เพื่อพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในการผลิต

อาหารต้นทุนต่ำและส่งเสริมให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งก้ามกรามประกอบอาชีพอย่างยั่งยืน อันก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งด้านเศรษฐกิจ และสังคมในบริเวณพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณการใช้กากเหลือไบโอแก๊สที่เหมาะสมในการทดแทนแหล่งโปรตีนสำหรับเลี้ยงกุ้งก้ามกราม
2. เพื่อศึกษาผลของอาหารที่เสริมกากเหลือไบโอแก๊สต่อการลอกคราบของกุ้งก้ามกราม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงปริมาณที่เหมาะสมของกากเหลือไบโอแก๊สต่อการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่สมควรนำมาเลี้ยงเชิงเศรษฐกิจ
2. การสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ
3. นำความรู้ด้านเทคโนโลยีการผลิตงานอาหารที่ลดต้นทุนการผลิตไปประยุกต์ใช้ในด้านการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม
4. เพื่อเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งภาครัฐเอกชนสถานศึกษา และประชาชนทั่วไป

ขอบเขตในการดำเนินการวิจัย

1. การใช้กากเหลือไบโอแก๊สเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม
2. การพัฒนาสูตรอาหารกุ้งก้ามกราม เพื่อลดต้นทุนในการผลิตอาหาร
3. ผลของอาหารที่เสริมกากเหลือไบโอแก๊สต่อการลอกคราบของกุ้งก้ามกราม

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

กุ้งก้ามกราม

กุ้งก้ามกราม (Freshwater prawn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *(Macrobrachium rosenbergii)* เป็นกุ้งน้ำจืดขนาดใหญ่มีลักษณะสำคัญประจำชนิดนี้คือ เปลือกหัวมีหนามแหลม 2 อัน มีร่องอยู่ด้านข้าง กรีแบน ยาวเรียวโคนกรีหนานูนตรงกลางแอ่นลง ส่วนปลางอนขึ้นมีหนาม ลักษณะเป็นฟันเลื่อยด้านบน 8-13 ชนิด และบนสันกรีด้านล่าง 13 ชนิดปลายหางแหลม มีหนาม 4 คู่ ปลายหางยาวจรดด้านข้างของแพนหาง ขาเดินคู่ที่ 1และ 2 มีลักษณะเป็นก้าม คู่ที่ 2 มีขนาดใหญ่ กว่าคู่ที่ 1 กุ้งที่โตเต็มวัยขาเดินคู่ที่ 2 ของเพศผู้จะมีขนาดใหญ่กว่า ของเพศเมียมาก ช่องปล่อยน้ำเชื้อของเพศผู้อยู่บริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 5 เพศเมียมีช่องปล่อยไข่บริเวณโคนขาคู่ที่ 3 กุ้งก้ามกรามมี แพร่กระจายอยู่ทั่วไปในภูมิภาคทางแถบอินโดแปซิฟิค ตามแหล่งน้ำจืดที่มีทางน้ำติดต่อกับทะเล สำหรับในประเทศไทยกุ้งก้ามกรามมีแพร่กระจายอยู่เกือบทั่วทุกภาค (บรรจง, 2535) ชลอ (2547) พบว่าลูกกุ้งวัยอ่อนสามารถเจริญเติบโตในความเค็มที่ระดับ 5-7, 8-10, 12-14 ส่วนในพันได้ดี แต่ที่ความเค็ม 12-14 ส่วนในพัน ลูกกุ้งมีอัตราการรอดเฉลี่ยมากกว่าระดับอื่น

อนุกรมวิธาน

กุ้งก้ามกรามมีชื่อสามัญหลายชื่อ อาทิ กุ้งหลวง กุ้งนาง กุ้งก้ามเลี้ยง กุ้งใหญ่ และกุ้งแห กุ้งก้ามกราม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Macrobrachium rosenbergii* de Man เป็นกุ้งที่อยู่ในวงศ์ Palaemonidae โดยมีอนุกรมวิธานดังนี้

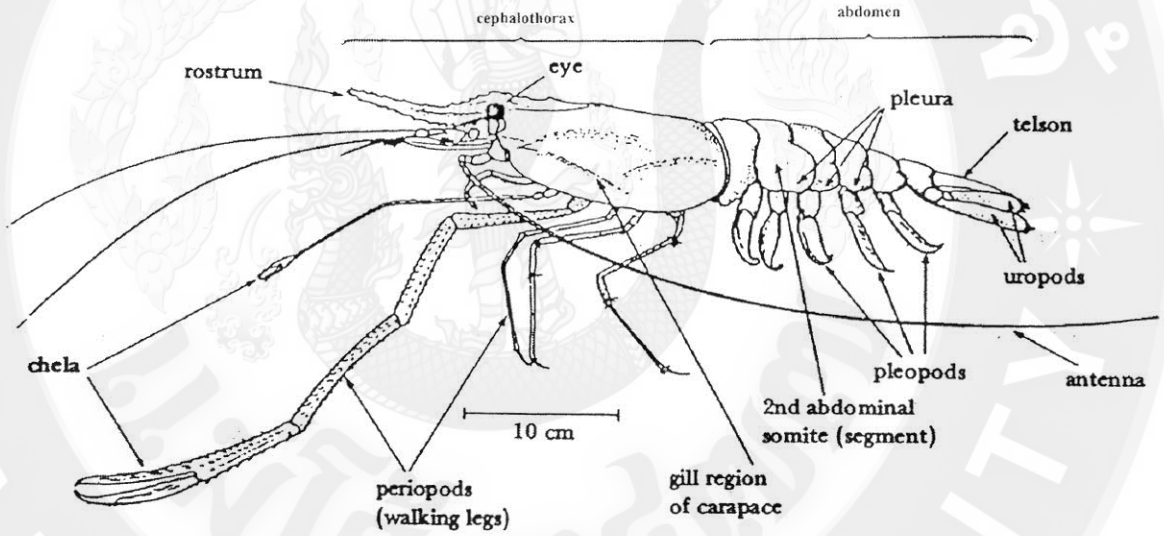
Phylum Arthropoda
Class Crustacean
Order Decapoda
Tribe Caridea
Family Palaemonidae
Genus Macrobrachium
Species *Macrobrachium rosenbergii* (de Man)

ลักษณะทั่วไปของกุ้งก้ามกราม

ลักษณะภายนอกโดยทั่วไป

กุ้งก้ามกราม มีเปลือกคลุมตัวลำตัวแบ่งออกได้ 3 ส่วน คือ หัว อก และท้อง ส่วนหัวและอกรวมกันเป็นปล้องเดียวกันบนเปลือกคลุมหัวทางส่วนหางมีหนาม 2 อัน (hepatic spine และ anternal spine) สองข้างแก้มมีร่องปรากฏอยู่เห็นชัดกรีมีลักษณะแบนข้างยาวประมาณ 10-14 หยัก ตามีก้านยาวยื่นออกนอกเบ้าตาเคลื่อนไหวไปมาได้ (บรรจง, 2535)

กุ้งก้ามกรามโตเต็มวัยนั้นเป็นกุ้งน้ำจืดที่มีขนาดใหญ่ที่สุด โดยมีน้ำหนักถึง 470 กรัม และ มีความยาว 30 เซนติเมตร มีลำตัวเป็นปล้องแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ หัว อก และท้อง โดยที่ส่วนหัว และอกจะรวมติดกัน (cephalothorax) โดยมีเปลือกคลุมส่วนหัว และอก ที่เรียกว่า “หัวกุ้ง หรือ เปลือกคลุมหัว” (carapace) กุ้งก้ามกรามมีลักษณะภายนอก ที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะภายนอกของกุ้งก้ามกราม

ที่มา: New (1998)

ลักษณะของเปลือกคลุมหัวและกรี

เปลือกคลุมหัวมีหนามเล็กๆ ทั่วไปที่บริเวณใต้ตามีหนามเล็กๆ 2 อันคือ antennal spine และ Hepatic spine ส่วนกรีมีลักษณะแบนข้าง โค้งขึ้นมีฟันกรีทั้งด้านบน และด้านล่างโดยมีฟันบน 13-16 ซี่ ฟันล่าง 10-14 ซี่ โคนกรีมีความกว้างหนากว่าปลายกรีโดนที่ปลายกรีจะยาวเลยแผ่นฐานหนวดคู่ที่ 2

ลักษณะของหนวดคู่ที่ 1 และ 2

หนวดคู่ที่1 มีรูปร่างปกติโดยที่เส้น หนวดอันบนยาว แบ่งเป็นปล้องเล็กๆจำนวน มากกว่า 100 ปล้อง 2 เส้น นอกยาวมาก ส่วนหนวดคู่ที่ 2 แผ่นฐานหนวด (scaphocerite) มีความยาว เป็น 3 เท่าของความกว้าง (ประจวบ, 2527)

ลักษณะของขาเดิน

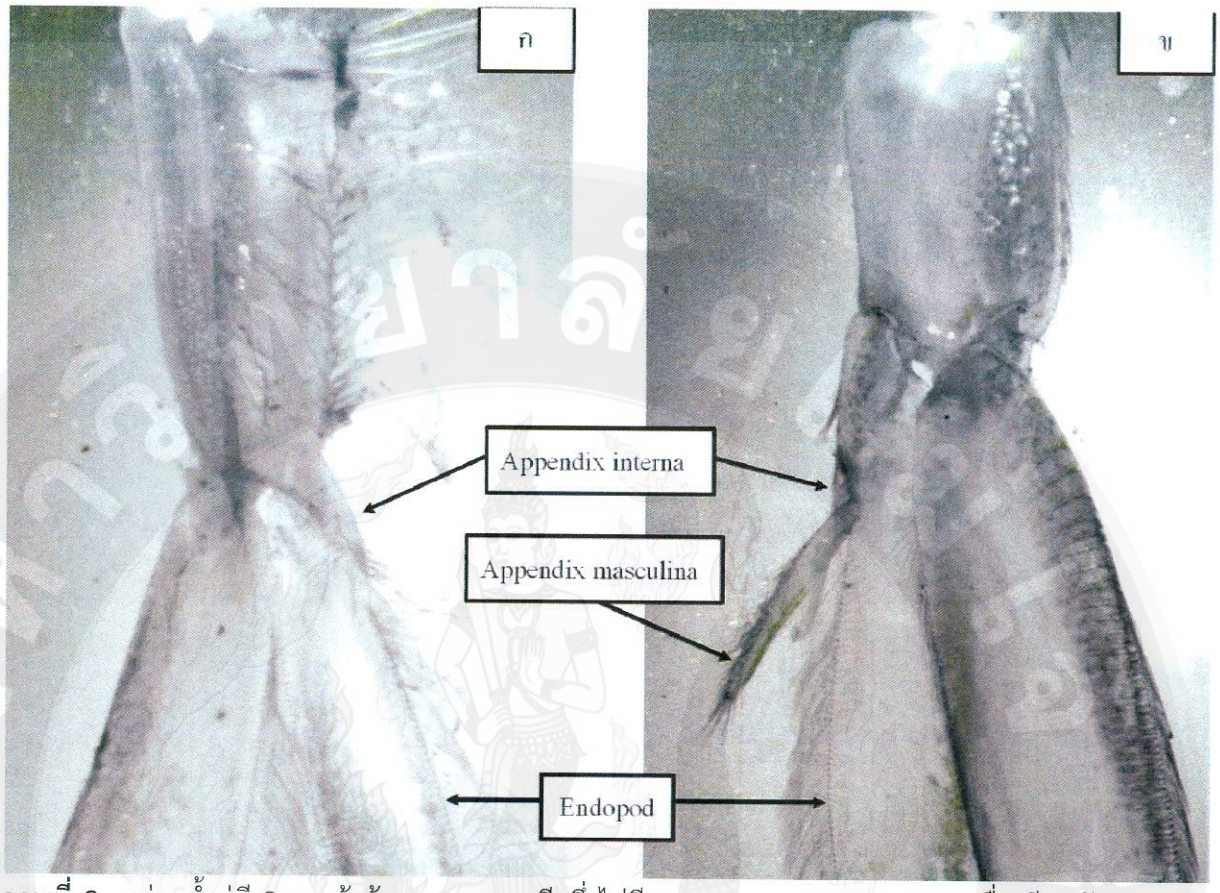
ขาเดินคู่ที่ 1 ของกุ้งก้ามกรามเมือนำมายืดตรงพบว่าความยาวครึ่งหนึ่งของปล้อง ที่3 (carpus) จะยาวเลยแผ่นฐานหนวด และส่วนปลายของก้าม (dactylus) จะมีความยาวเท่ากับส่วนของตัวหนีบของปลายปล้องที่ 2 (propodus) ส่วนปล้องที่ 3 จะมีความยาวเป็น 2 เท่าของส่วนก้าม หรือ ยาว เท่ากับ 4/5 ของปล้องที่ 5 (ประจวบ, 2527)

ขาเดินคู่ที่ 2 จะมีลักษณะที่แข็งแรง มีขนาดใหญ่ และยาวกว่าขาเดินคู่แรก ขาเดินของ กุ้งก้ามกรามนั้นทั้งด้านซ้าย และขวามีขนาดเท่ากัน และเมือนำมาเหยียดตรงจะพบว่า ส่วนของ ปล้องที่ 4 (merus) จะมีความยาวเลยฐานหนวด ส่วนของก้ามหนีบจะบาง และสั้นกว่า ส่วนโคนก้าม ในส่วนขอบด้านในของก้ามหนีบจะมีฟันที่โคน 3-4 ซี่ และปกคลุมด้วยขนอ่อนๆ ตลอดทั้งขา ขาเดินคู่ที่ 2 เป็นลักษณะที่บ่งชี้เพศของกุ้งก้ามกราม โดยในกุ้งก้ามกรามเพศผู้จะมีขนาดใหญ่กว่า เพศเมีย (ภาพที่ 2) (ประจวบ, 2527)

ขาเดินคู่ที่ 3 ในส่วนปลายสุดของขาหรือปล้องที่ 7 (dactylus) มีลักษณะเป็นปลาย แหลมธรรมดา ส่วนของปล้องที่ 2 จะมีความยาวมากกว่า 2 เท่าของปล้องปลายสุด หรือประมาณ 1-7 เท่าของปล้องที่ 3 ส่วนขาเดินคู่ที่ 4-5 มีลักษณะปกติโดยไม่มีลักษณะเป็นก้ามและมีความยาวปกติ (ประจวบ, 2527)

ลักษณะของขาว่ายน้ำ

ขาว่ายน้ำของกุ้งก้ามกรามมี 5 คู่ โดยที่ขาว่ายน้ำคู่ที่ 1 และคู่ที่ 3-5 จะมีลักษณะที่เหมือนกัน และแยกออกเป็น 2 ส่วน โดยมีส่วนที่อยู่ด้านใน เรียกว่า endopodite และส่วนที่อยู่ด้านนอก เรียกว่า exopodite ส่วนขาว่ายน้ำคู่ที่ 2 นั้น เฉพาะในกุ้งเพศผู้จะมีอวัยวะซึ่งมีลักษณะเป็นติ่งแยกจากด้านในของ appendix internal ที่เรียกว่า appendix musculina (ประจวบ, 2527) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ขาว่ายน้ำคู่ที่ 2 ของกุ้งก้ามกราม เพศเมียซึ่งไม่มี Appendix masculina (ก) เมื่อเทียบกับเพศผู้ ซึ่งมี Appendix masculina (ข)
ที่มา: ประจวบ (2527)

แหล่งที่อยู่อาศัย

กุ้งก้ามกรามมีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางพบทั้งบริเวณแหล่งน้ำกร่อย และแหล่ง น้ำจืดกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นจะเดินทางไปหากินในแหล่งน้ำจืดตามแม่น้ำลำคลองทั่วๆ ไปเมื่อถึงฤดูผสมพันธุ์พ่อแม่พันธุ์กุ้งจะเดินทางมายังแหล่งน้ำกร่อยซึ่งเป็นบริเวณปากแม่น้ำหรือทะเลสาบเพื่อผสมพันธุ์วางไข่ และเลี้ยงตัวอ่อนจนเป็นกุ้งวัยรุ่นแล้วเดินทางเข้าไปบริเวณน้ำจืดเพื่อเลี้ยงตัวจนเป็นกุ้งใหญ่ต่อไป (กรมประมง, 2555)

การเลือกสถานที่เลี้ยงกุ้งก้ามกราม

สถานที่ที่จะใช้ขุดบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามควรเป็นดินเหนียวหรือดินร่วนจะทำให้เก็บน้ำได้ดี และคัดดินไม่พังทลายง่าย และไม่ควรเป็นดินเปรี้ยวเพราะจะทำให้สภาพน้ำเป็นกรด ไม่เหมาะสำ หรับการเจริญเติบโตของกุ้งบ่อเลี้ยงกุ้งควรอยู่ใกล้แหล่งน้ำที่มีคุณภาพดี สะอาดไม่มีมลภาวะจากโรงงานอุตสาหกรรมแหล่งชุมชน และแหล่งเกษตรกรรมน้ำควรมีปริมาณมากพอที่จะใช้ตลอดทั้งปี โดยเฉพาะถ้าเป็นพื้นที่ที่มีน้ำส่งเข้าบ่อโดยไม่ต้องสูบน้ำเช่นน้ำจากแม่น้ำลำคลอง คลองชลประทาน ก็จะยิ่งดีเพราะจะช่วยลดค่าใช้จ่ายพื้นที่เลี้ยงควรอยู่ใกล้แหล่งพันธุ์กุ้งก้ามกรามเพื่อสะดวกในการลำเลียงขนส่งลูกกุ้งมิให้บอบช้ำนอกจากนี้ควรอยู่ใกล้ถนนไฟฟ้าเพื่อสะดวกในการขนส่งอาหาร ผลผลิต ตลอดจนใกล้ตลาดเพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งปัจจัยการผลิตต่างๆ (กรมประมง, 2555)

รูปแบบบ่อและการก่อสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

รูปทรงบ่อที่ได้รับความนิยมมักเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพราะสะดวกในการจัดการและการจับกุ้งขนาดของบ่อควรกว้างประมาณ 25 เมตร ไม่ควรเกิน 50 เมตร มีเนื้อที่ประมาณ 1-5 ไร่ต่อบ่อพื้นบ่อต้องอัดเรียบแน่นจะทำให้จับกุ้งได้สะดวกความลึกของบ่อที่เหมาะสมคือ 1 เมตร ถ้าบ่อลึกเกินไปจะทำให้ออกซิเจนในน้ำขาดแคลนได้หากบ่อตื้นเกินไปก็จะทำให้แสงแดดส่องถึงก้นบ่อก็จะเกิดขี้แดดและทำให้น้ำเน่าเสียได้ง่ายคันบ่อต้องสูงพอที่จะป้องกันน้ำท่วมในฤดูน้ำหลาก และมีความลาดชันพอประมาณถ้าคันบ่อลาดชันน้อยไปจะทำให้พังทลายได้ง่ายหากลาดชันมากไปก็จะทำให้เปลืองพื้นที่ทางระบายน้ำของบ่อควรแยกจากกัน และทางน้ำเข้าน้ำออกควรอยู่ตรงกันข้ามประตูระบายน้ำต้องปล่อยน้ำได้เร็ว และควบคุมระดับน้ำได้ดีควรอยู่ทิศใต้ลมเพื่อระบายของเสียได้ดีแนวบ่อทางด้านยาวควรเป็นแนวรับลมเพื่อให้ออกซิเจนในอากาศละลายน้ำได้ดีบ่อควรมีความลาดเอียงสู่ประตูระบายน้ำและคลองระบายน้ำออกจะต้องอยู่ต่ำกว่าประตูระบายน้ำเพื่อระบายน้ำออกให้หมด (กรมประมง, 2555)

สำหรับบริเวณที่เคยเป็นนาข้าวเก่าแล้วทำการปรับเปลี่ยนพื้นที่มาเป็นนากุ้งส่วนใหญ่จะมีสภาพเป็นกรดหรือที่เรียกว่าดินเปรี้ยวเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีมากติดต่อกันเป็นเวลานานโดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพพื้นที่แบบนี้ควรใส่ปูนให้มากขึ้นสำหรับบ่อใหม่สภาพดินที่เป็นกรดให้ใช้ปูนขาว 80-100 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนบ่อเก่าที่ใช้เลี้ยงมา 2-3 ปี แล้วหรือบ่อที่เคยเลี้ยงกุ้งกุลาดำมาก่อนให้ไถพรวนดินก้นบ่อแล้วสูบน้ำทิ้งเพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ซึ่งทำให้ก้นบ่อเน่าเสียแล้วหว่านปูนขาว 200-300 กิโลกรัมต่อไร่ ตากบ่อประมาณ 3-4 สัปดาห์จนแห้งสนิทจึงเปิดน้ำเข้าบ่อ (กรมประมง, 2555)

ควรใช้ปูนครั้งแรกในการเตรียมบ่อจะทำให้การทำสีน้ำง่าย และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำน้อยในช่วงต้นของการเลี้ยงการใช้ปูนในขณะที่มีกุ้งอยู่ในบ่อจะต้องใช้ความระมัดระวัง เพราะอาจจะ

ส่งผลกระทบกับกุ้งได้สำหรับบ่อที่มีน้ำสีเข้มอยู่แล้วการใส่ปูนอาจจะต้องหลีกเลี่ยงมาใส่ในช่วงบ่าย เพราะการใส่ปูนในช่วงเช้าอาจทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และไม่ควรใส่ปูนพร้อมกับปุ๋ยเพราะจะทำให้ปูน และปุ๋ยจับตัวกันตกตะกอนทำให้ไม่เกิดประโยชน์การใส่ปุ๋ยควรทำหลังจากการใส่ปูนแล้วประมาณ 3-5 วันในช่วงฤดูฝนควรใช้ปูนโรยที่คันขอบบ่อจะช่วยลดปัญหาความเป็นกรดในบ่อกุ้งที่เกิดจากน้ำฝนได้ (กรมประมง, 2555)

การเตรียมน้ำ

ก่อนสูบน้ำเข้าบ่อต้องสังเกตดูว่ามีการใช้ยาฆ่าแมลงในนาข้าวไร่สวนบริเวณใกล้ เคียงหรือไม่ ถ้ามีควรงดการสูบน้ำเข้าบ่อในช่วงนั้นเพราะยาฆ่าแมลงจะทำให้กุ้งตายหมดหลังจากสูบน้ำเข้าบ่อแล้ว ควรกักน้ำไว้ 2-3 วันเพื่อเป็นการปรับสภาพน้ำบริเวณปากท่อน้ำเข้าควรปิดด้วยอวนไนลอนตะแกรง ผ้ากรองหรือใช้เฝือกกั้นเพื่อป้องกันศัตรูกุ้งที่ปนมากับน้ำหลังจากนั้นก็ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ และปลาป่นผสมรำละเอียดสัดส่วน 1 ต่อ 1 อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ละลายน้ำแล้วสาดให้ทั่วบ่อ เพื่อให้เกิดอาหารธรรมชาติได้แก่ พวกแพลงก์ตอนโดยดูจากน้ำให้เป็นสีเขียวอมเหลืองหรือน้ำตาล (กรมประมง, 2555)

การเลือกพันธุ์กุ้งก้ามกราม

ควรเลือกกุ้งที่มีลักษณะว่ายน้ำปราดเปรียวแข็งแรงลำตัวใสมีขนาดใกล้เคียงกัน และเป็นลูกกุ้งที่คว่ำ แล้วหรืออายุไม่ต่ำกว่า 20 วัน ควรได้รับการปรับสภาพให้อยู่ในน้ำจืดไม่ตำกว่า 2-3 วัน (กรมประมง, 2555)

การลำเลียงพันธุ์กุ้งก้ามกราม

การลำเลียงพันธุ์กุ้งโดยใช้รถยนต์ระหว่างการลำเลียงควรรักษาอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 20-22 องศาเซลเซียส นิยมทำกันในช่วงเช้ามืดหรือกลางคืนความหนาแน่นของพันธุ์กุ้งที่ลำเลียงประมาณ 1,000-2,000 ตัว ต่อถุงขึ้นอยู่กับขนาดของลูกกุ้ง และระยะทาง (กรมประมง, 2555)

การปล่อยพันธุ์กุ้งก้ามกรามลงเลี้ยง

บ่อที่เตรียมพร้อมสำหรับการปล่อยพันธ์กุ้งลงเลี้ยงควรมีระดับน้ำไม่ต่ำกว่า 60 เซนติเมตร ควรปล่อยกุ้งไม่เกิน 7 วัน หลังจากสูบน้ำเข้าบ่อ และทำสีน้ำเรียบร้อยแล้ว เพราะจะทำ ให้กุ้งเจริญเติบโตได้เร็วกว่าศัตรูกุ้งอาจหลุดรอดเข้ามาในช่วงสูบน้ำเข้านิยมปล่อยพันธ์กุ้งเวลาเช้าหรือเย็น โดยนำถุงพันธ์กุ้งลอยน้ำในบ่อประมาณ 20 นาที เพื่อเป็นการปรับอุณหภูมิหลังจากนั้นก็ทำการปรับสภาพน้ำโดยเปิดถุงออกตักน้ำในบ่อมาผสมกับน้ำในถุงอย่างช้าๆ แล้วค่อยๆ ปล่อยพันธ์กุ้งลงบ่อเพื่อ

ช่วยให้ลูกกุ้งมีการปรับตัวจะทำให้ลูกกุ้งแข็งแรงและมีอัตรารอดมากขึ้นควรปล่อยกุ้งในต้นฤดูแล้งจะโตเร็วกว่าช่วงหน้าหนาวอาจใช้กิ่งไผ่หรือกิ่งไม้อื่นๆสุมไว้ในบ่อทำที่หลบซ่อนให้กุ้งขณะที่ลอกคราบและยังเป็นการเพิ่มที่อยู่อาศัยให้กับกุ้งได้อีกด้วยแต่กิ่งไม้ที่ใช้จะต้องแห้งไม่มียางเพราะกิ่งไม้สดหรือมียางจะเน่าเปื่อยผุง่ายทำให้น้ำเสียได้ (กรมประมง, 2555)

อัตราการปล่อยกุ้งก้ามกราม

การปล่อยลูกกุ้งก้ามกรามลงบ่อควรทำกระชังไนล่อนมุ้งฟ้ากว้าง 1.5 เมตร ยาว 1.5 เมตร ลึก 1 เมตร เอาไว้ในบ่อชำหรือบ่อเลี้ยงสำหรับไว้ตรวจสอบอัตรารอดตายโดยนำลูกกุ้งที่จะปล่อยมาใส่กระชังกระชังละ 200 ตัว เวลาให้อาหารก็ให้ลูกกุ้งในกระชังด้วยเมื่อครบ 7 วัน ก็นับอัตรารอดถ้ารอดน้อยก็ต้องปล่อยเสริมใหม่จะช่วยให้ไม่ต้องปล่อยลูกกุ้งเผื่อตายอีกไร่ละ 40,000-50,000 ตัว ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้กุ้งหนาแน่นเกินไปขาดออกซิเจนตายได้ง่ายทำให้ขาดทุน (กรมประมง, 2555)

อัตราความหนาแน่นในการเลี้ยงมีอยู่ 3 แบบ คือ

1. ระดับความหนาแน่นน้อย ปล่อยกุ้งอัตรา 20,000-24,000 ตัวต่อไร่ แล้วทำการคัดกุ้งตัวเมียออก เมื่ออายุ 3.5 เดือน แล้วยังทยอยจับกุ้งขายได้อีก 5 ครั้ง กุ้งที่จับได้ทั้งหมดเฉลี่ยไร่ละ 510-540 กิโลกรัม กุ้งตัวใหญ่จะขายได้ราคาดี ได้กำ ไรเฉลี่ย 24,000-30,000 บาทต่อไร่ต่อปี

2. ระดับความหนาแน่นปานกลาง ปล่อยกุ้งอัตรา 75,000-80,000 ตัวต่อไร่ ทำการคัดกุ้งเพศเมียออกเมื่ออายุ 3.5 เดือน แล้วค่อยทยอยจับกุ้งขายได้อีก 10 ครั้ง จะจับกุ้งได้ทั้งหมด 848-910 กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งขนาดเล็กจะได้ราคาไม่ดีแม้ว่าจะได้น้ำหนักมากแต่ก็กินอาหารมากอัตราแลกเนื้อจะสูงทำให้ต้นทุนสูงมีกำไรน้อยการเลี้ยงวิธีนี้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลกระทบมาก เช่นร้อนอบอ้าวฝนตกมากจะทำให้กุ้งปรับตัวไม่ทันจึงมีปัญหากุ้งตายมากทำให้กำไรน้อย (กรมประมง, 2555)

3. ระดับความหนาแน่นมากปล่อยกุ้งอัตรา 150,000-200,000 ตัวต่อไร่ วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดแต่ต้องใช้บ่อเลี้ยง 2 บ่อขึ้นไปโดยบ่อหนึ่งจะปล่อยเลี้ยงอย่างหนาแน่น (บ่อชำ) แล้วย้ายไปเลี้ยงในบ่อเลี้ยงที่เตรียมไว้อีกทีในบ่อชำควรมีเครื่องตีน้ำ 4 ใบใช้เครื่องดีเซล 2.5 แรงม้า ความหนาแน่นของกุ้งที่ปล่อยตั้งแต่ 150,000-200,000 ตัวต่อไร่ การให้อาหารแบ่งให้กินวันละ 4 มื้อ

เมื่อกุ้งอายุ 2 เดือนก็ใช้อ้วนตาถี่ขนาดช่องตา 1-2 เซนติเมตรจับกุ้งตัวโตออกจากบ่อชำไปเลี้ยงในบ่อเลี้ยงถ้ามีบ่อเลี้ยงหลายบ่อให้แบ่ง เลี้ยงเท่าๆ กัน โดยการนับหรือชั่งแล้ว ประมาณเอา จะทำ ทุก 20 วัน เมื่อกุ้งอายุประมาณ 4 เดือน กุ้งในบ่อเลี้ยงที่ย้ายมาจากบ่อชำก็สามารถจับขายได้ซึ่งจะจับขายทุก 35 วัน ขณะเดียวกันก็นำกุ้งจากบ่อชำมาใส่ในบ่อเลี้ยงทุก 35 วัน เช่นกัน คือ พอขายกุ้งใหญ่ออกไปแล้วก็จับกุ้งในบ่อชำมาเลี้ยงเพิ่มในบ่อเลี้ยงใหม่อัตราที่ย้ายไปปล่อยในบ่อเลี้ยงรวมกันไม่

เกิน 30,000 ตัวต่อไร่ ทุกครั้งที่จับกุ้งในบ่อชำเพื่อย้ายไปยังบ่อเลี้ยงถ้าพบกุ้งตัวเมียมีไข่ หรือไม่มีไข่ก็ตามหรือกุ้งจิ๊กโก๋ต้องคัดออกพอจับกุ้งขายไปประมาณ 6 ครั้ง กุ้งทุกบ่อก็จะน้อยลงให้ทำการคัดกุ้งตัวใหญ่ทุกบ่อขาย และนำกุ้งตัวเล็กมารวมไว้ในบ่อเดียวกุ้งก้นบ่อนี้ส่วนมากจะเป็นกุ้งตัวผู้ทั้งหมดให้เลี้ยงต่อไปจะได้กุ้งตัวใหญ่และราคาดี (กรมประมง, 2555)

ส่วนบ่อที่จับกุ้งหมดแล้วให้ตากบ่อลอกเลนหว่านปูนขาวเพื่อเตรียมการเลี้ยงต่อไป กว่าจะเตรียมบ่อเสร็จ และสูบน้ำใหม่เข้ามาในบ่อเพื่อเลี้ยงกุ้งใช้เวลาประมาณ 30-40 วัน ซึ่งกุ้งก้นบ่อที่รวบรวมไว้ก็จะโตพอที่จะขายได้เงินอีกครั้งถ้ากุ้งก้นบ่อเหลือกมากให้รวมกุ้งก้นบ่อตัวเล็กที่จับได้ไปแยกเลี้ยงในบ่อเตรียมใหม่เป็น 2 บ่อ ถ้ากุ้งหนาแน่นมากเกินไปก็ให้แยกบ่อออกไปอีก ส่วนบ่อชำก็เตรียมตากบ่อไว้กุ้งที่จะเลี้ยงใหม่อาจจะเปลี่ยนบ่อชำเดิมเป็นบ่ออื่นก็ได้เมื่อปล่อยกุ้งใหม่ในบ่อชำ ได้ 2 เดือนแล้วกุ้งก้นบ่อที่จับมาขยายในบ่อใหม่ก็โตพอที่จะจับขายได้ประมาณ 2 ครั้งแล้ว ซึ่งการย้ายกุ้งออกจากบ่อชำไปใหม่วิธีนี้จะทำให้จับกุ้งได้ทุกๆไม่เกิน 2 เดือน เงินทุนหมุนเวียนก็จะใช้จากการขายกุ้งชุดเก่านำมาใช้ในการเลี้ยงกุ้งชุดใหม่วิธีนี้จะทำให้ได้กำไรมาก เพราะกุ้งตัวโต และทำให้มีรายได้รวมทั้งเงินทุนหมุนเวียนตลอดทั้งปีอีกด้วย (กรมประมง, 2555)

การสุ่มตัวอย่างกุ้งก้ามกราม

การสุ่มตัวอย่างเป็นการตรวจสอบการเจริญเติบโตของกุ้ง และเป็นการตรวจดูสภาพกุ้งรวมถึงอาการผิดปกติอื่นๆ โดยจะทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ เดือน อาจทำได้หลายวิธี ได้แก่วิธีใช้ไฟฉายส่องดูกุ้งที่เกาะอยู่บริเวณขอบบ่อในช่วงเวลากลางคืนหรือเช้ามืด เพื่อสังเกตกุ้งในบ่อและคาดคะเนจำนวนกุ้งหรือโดยวิธีการงมกุ้งแล้วนำมาคาดคะเนจำนวนกุ้งได้เช่นกัน และวิธีการทอดแห ซึ่งเป็นวิธีที่ดีและนิยมใช้โดยจะทอดแหเก็บตัวอย่างกุ้งตรวจดูจำนวนน้ำหนัก ความยาวกุ้ง เช่น กุ้งก้ามกรามอายุ 45 วัน ความยาวไม่ควรต่ำกว่า 9 เซนติเมตร นำข้อมูลเหล่านี้มาคำนวณจำนวนกุ้งทั้งบ่อซึ่งจะนำมาใช้ประกอบการคำนวณอาหาร และปรับอาหารให้เพียงพอกับกุ้ง แล้วยังทำให้สามารถสังเกตอาการผิดปกติของกุ้งได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ อีกด้วย (กรมประมง, 2555)

การถ่ายเทน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

การถ่ายเทน้ำจะสัมพันธ์กับอายุและขนาดของกุ้งในบ่อจะช่วยทำให้กุ้งเจริญเติบโต เนื่องจากกุ้งเป็นสัตว์น้ำที่เจริญเติบโตโดยการลอกคราบการถ่ายเทน้ำใหม่จะกระตุ้นให้กุ้งลอกคราบ สำหรับกุ้งอายุ 1-2 เดือนแรกในสภาพปกติไม่จำเป็นต้องถ่ายน้ำนิยมใช้วิธีเพิ่มระดับน้ำทุกสัปดาห์แทนเมื่อกุ้งอายุ 2 เดือนขึ้นไปอาจเปลี่ยนถ่ายน้ำเดือนละ 2-4 ครั้งครั้งละประมาณ 1 ส่วน 3 หรือ ขึ้นอยู่กับสภาพน้ำในบ่อและฤดูกาลสำหรับการขุนกุ้งด้วยปลาสดหรืออาหารสดอื่นๆควรถ่ายน้ำในวันถัดไปเพราะเศษอาหารและของเสียจากการขับถ่ายจะทำให้น้ำในบ่อเขียวจัดอย่างรวดเร็วภายใน 3-5 วัน

หลังจากให้อาหารสดเมื่อกุ้งอายุได้ประมาณ 4-5 เดือน ควรระบายน้ำก้นบ่อและอาจจะต้องดูดเลนด้วยถ้าก้นบ่อมีเศษอาหาร และของเสียหมักหมอยู่มากจะทำ 1-2 เดือนต่อครั้งโดยทำ 1 ส่วน 3 หรือของพื้นที่บ่อพร้อมกับระบายน้ำออกเปลี่ยนน้ำใหม่แล้วหว่านปูนขาวบริเวณที่ดูดเลนไม่เกิน 30 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วงนี้ควรลดอาหาร 1-2 วัน เพราะกุ้งที่ได้น้ำใหม่จะลอกคราบและไม่กินอาหาร (กรมประมง, 2555)

ระยะเวลาเลี้ยงและการจับ

เมื่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามจนอายุได้ประมาณ 6 เดือน ก็จะเริ่มทำการคัดขนาด และจับกุ้งขายโดยลดน้ำในบ่อลงเหลือประมาณ 50 เซนติเมตร แล้วใช้อวนลาก โดยใช้อวนช่องตา ขนาด 4 .เซนติเมตร เพื่อให้กุ้งที่มีขนาดเล็กหลุดลอดออกได้ไม่บอบช้ำที่ตีอวนจะมีตะกั่วถ่วงสำหรับเชือกคราวบนเวลาลาก อาจใช้ไม้ไผ่ค้ำไว้โดยเสียบไว้กับทุ่นลอยที่ทำมาจากต้นกล้วยการจับกุ้งนิยมทำในช่วงเช้าเพราะอากาศไม่ร้อน (กรมประมง, 2555)

การคัดขนาดแยกประเภทกุ้ง

การจับกุ้งต้องมีการคัดขนาดและแยกประเภทเนื่องจากกุ้งที่จับได้จะมีขนาดและลักษณะต่างกันจะขายได้ราคาไม่เท่ากันโดยทั่วไปจะทำการคัดขนาด และแยกประเภทกุ้งได้ดังต่อไปนี้ (กรมประมง, 2555)

1. ตัวผู้ใหญ่ (กุ้งขนาด 1) ขนาดน้ำหนักประมาณ 100 กรัม (10 ตัวต่อกิโลกรัม)
2. ตัวผู้รอง (กุ้งขนาด 2) ขนาดน้ำหนักประมาณ 70 กรัม (15 ตัวต่อกิโลกรัม)
3. ตัวผู้ขนาดเล็ก (กุ้งขนาด 3) ขนาดน้ำหนักประมาณ 50 กรัม (20 ตัวต่อกิโลกรัม)
4. ตัวผู้ขายาว เป็นตัวผู้ก้ามยาวใหญ่จะมีราคาถูกกว่ากุ้งตัวผู้ลักษณะธรรมดา
5. ตัวเมียไม่มีไข่ ราคาจะดีกว่าตัวเมียมีไข่
6. ตัวเมียมีไข่
7. กุ้งนิ่มหรือกุ้งที่เพิ่งลอกคราบ
8. กุ้งจิ๊กโก๋ เป็นกุ้งแคระแกร็นไม่ลอกคราบ

โรคกุ้งก้ามกรามและการป้องกันรักษา

1. โรค Shell disease หรือโรคจุดดำ บนเปลือกกุ้ง (กรมประมง, 2555)

สาเหตุ เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม Chitinolytic bacteria ซึ่งได้แก่ *Aeromonas hydrophila* และบางครั้งจะถูกแทรกซ้อนด้วยโรคเชื้อราภายหลัง เชื้อแบคทีเรียชนิดนี้ จะเกาะติดและทำลายเปลือกกุ้งทำให้บริเวณที่มีเชื้อเป็นจุดสีดำทำให้กุ้งที่เลี้ยงมีคุณภาพต่ำและเสียราคา อาการ

อีกอย่างหนึ่งที่มักพบในกุ้งทีเป็นโรคจุดดำบนเปลือกคือกุ้งจะแสดงความก้าวร้าว และชอบกัดตัวอื่นที่เล็กหรืออ่อนแอกว่าจึงยิ่งทำให้มีปัญหามากขึ้น

การป้องกันและรักษา

การลดปริมาณความหนาแน่นของกุ้งลงจะทำให้อัตราการแพร่กระจายของโรคลดลงอย่างรวดเร็วยาที่นิยมใช้รักษาโรคจุดดำบนเปลือกนั้นได้แก่ยาปฏิชีวนะผสมอาหารให้กุ้งกิน (กรมประมง, 2555)

2. โรคแบคทีเรียในเหงือก (กรมประมง, 2555)

สาเหตุ เนื่องจากมีเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม Filamenus เข้าไปเกาะติดอยู่ในเหงือกกุ้งทำให้กุ้งหายใจไม่สะดวกหากแบคทีเรียขยายตัวอย่างรวดเร็วจะทำให้ระบบการทำงานของเหงือกเสื่อมสภาพอาจจะทำให้กุ้งตายได้โดยเฉพาะเมื่อกุ้งอยู่กันอย่างหนาเกินไป

การป้องกันรักษา

- ลดอัตราความหนาแน่นของกุ้งในบ่อลงให้มากที่สุดเท่าที่จะทำ ได้
- ควบคุมการให้อาหารการทำความสะอาดเศษอาหารที่เหลือ และตะกอนพื้นบ่อ
- ยาที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ Furanace (3-5 กรัมต่อกิโลกรัม)

* ยาตัวนี้ห้ามใช้ในหลายประเทศแล้ว จึงควรหลีกเลี่ยง

3. โรคกล้ามเนื้อขุ่นขาว (กรมประมง, 2555)

สาเหตุ ส่วนใหญ่โรคกล้ามเนื้อขุ่นขาวจะเกิดขึ้นเมื่อเลี้ยงด้วยความหนาแน่นเกินไปจนทำให้ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอแก่ความต้องการบริโภคของกุ้งในบ่อ สาเหตุอื่น ๆ อาจจะได้แก่ อุณหภูมิ และ pH ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในบางครั้งเมื่อมีการปรับน้ำในบ่อจึงทำให้กุ้งช็อกได้โรคนี้พบนานๆ ครั้ง และไม่เป็นปัญหาจนทำให้กุ้งตายมากนัก (กรมประมง, 2555)

การป้องกันและรักษา

- ลดปริมาณความหนาแน่นของกุ้งลง และดูแลเรื่องการให้ออกซิเจนอย่างเพียงพอในบ่อเลี้ยงกุ้ง
- ควบคุม และดูแลเรื่องคุณภาพน้ำให้อยู่ในภาวะที่เหมาะสมอย่างสม่ำเสมอ

4. โรคเหงือกดำ (กรมประมง, 2555)

สาเหตุ เกิดจากการมีของเสียจำพวกไนไตรท์และไนเตรท ละลายอยู่ในน้ำก้นบ่อมากเกินไป

การป้องกันและรักษา

- ทำ ความสะอาดพื้นบ่ออย่างสม่ำเสมอเพื่อกำจัดเศษอาหาร และของเสียออกไป
- เปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อให้น้ำหมุนเวียน และมีออกซิเจนเพียงพอแก่ความต้องการของกุ้งในบ่อ

5. โรคลอกคราบช้า (กรมประมง, 2555)

สาเหตุ

1. อาหารมีคุณภาพต่ำหรือการให้อาหารไม่ถูกต้อง
2. คุณภาพน้ำในบ่อไม่ดีเท่าที่ควร
3. อาจมีสารพิษปะปนอยู่กับน้ำในบ่อเลี้ยง

การป้องกันและรักษา

แก้ไขสาเหตุที่เกิดขึ้นทั้ง 3 ข้อดังกล่าว

แหล่งน้ำและคุณภาพน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง

แหล่งน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งต้องทราบว่ามีปริมาณน้ำเพียงพอที่จะใช้เลี้ยงกุ้งได้กี่เดือนเพื่อนำไปวางแผนเลี้ยงกุ้งได้เหมาะสมกับสถานการณ์คุณภาพน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพราะว่ากุ้งอาศัยอยู่ในน้ำซึ่งคุณภาพน้ำจะมีผลกระทบโดยตรงกุ้งที่อยู่ในน้ำที่มีคุณภาพดีก็จะเจริญเติบโตได้ดีละรวดเร็วผู้เลี้ยงก็จะประสบผลสำเร็จ และได้กำไรมากถ้าหากคุณภาพน้ำไม่ดีกุ้งจะเจริญเติบโตช้าหรือเป็นโรคได้ง่ายทำให้กุ้งตายเป็นจำนวนมากผู้เลี้ยงก็ต้องขาดทุนการรักษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งจึงเป็นสิ่งสำคัญมา (กรมประมง, 2555)

อุณหภูมิของน้ำ

อุณหภูมิน้ำ ที่เหมาะสมที่สุดอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปอาจทำให้กุ้งอ่อนแอหรือตายได้ กุ้งเป็นสัตว์เลือดเย็น ดังนั้นถ้าอุณหภูมิน้ำต่ำอัตราการสร้าง และเผาผลาญในร่างกายต่ำทำให้กินอาหารน้อยลงอุณหภูมิที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตคือ 28-32 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงหรือตำกว่านี้ 1 องศาเซลเซียส ต้องลดอาหารลง 10 เปอร์เซ็นต์ ทุก องศาเซลเซียส (กรมประมง, 2555)

สีของน้ำ

น้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งควรเป็นสีเขียวอมน้ำตาล ขึ้นอยู่กับชนิดของแพลงก์ตอน เพื่อป้องกันแสงแดดไม่ให้ส่องถึงก้นบ่อมาก เป็นการลดการเกิดขี้แดดและพืชน้ำอื่นๆ ถ้าขี้แดดในบ่อมีมากมันจะไปเกาะตัวกุ้งทำให้กุ้งไม่ลอกคราบ (กรมประมง, 2555)

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ

น้ำบริสุทธิ์ประกอบด้วยอะตอม 3 อะตอม คือ อะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอม และอะตอมของออกซิเจน 1 อะตอม ธาตุทั้งสองจะยึดเกาะกันโดยแรงร่วม (Covalent bonding) น้ำเป็นตัวทำละลายได้ดีโดยเฉพาะกับอินทรีย์สาร ทั้งนี้เพราะว่าสนามไฟฟ้าในโมเลกุลของน้ำมีทั้งประจุบวกและประจุไฟฟ้าลบ เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายได้ดีนี่เองจึงทำให้น้ำมีการเปลี่ยนแปลง คุณสมบัติได้ตลอดเวลา คุณสมบัติทางเคมีที่มีความสำคัญสำหรับการเลี้ยงปลามีดังต่อไปนี้ (ประเทือง, 2534)

ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)

ออกซิเจนเป็นก๊าซที่เป็นองค์ประกอบหลักของอากาศมีอยู่ในอากาศ 20.95เปอร์เซ็นต์ เป็นอันดับสองรองจากไนโตรเจนที่มีอยู่ 70.08 เปอร์เซ็นต์ ออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญมากต่อสิ่งที่มีชีวิตแทบทุกชนิด เพราะต้องถูกนำไปใช้ในขบวนการต่างๆเพื่อก่อให้เกิดพลังงาน ขบวนการต่างๆ ที่ต้องใช้ออกซิเจนเรียกว่า Aerobic process

ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้น้อยมาก เนื่องจากไม่ได้ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ ดังนั้นการละลายจึงขึ้นอยู่กับความกดดันของบรรยากาศ อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณเกลือแร่ที่มีอยู่ในน้ำ ความสามารถของการละลายน้ำของออกซิเจนอยู่ในช่วงระหว่าง 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และ 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ในสภาพความกดดัน 1 บรรยากาศ เมื่อความกดดันบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป ความสามารถในการละลายน้ำก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย ในฤดูร้อนปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำน้อยลงเพราะมีอุณหภูมิสูง ขณะเดียวกันที่การย่อยสลายและปฏิกิริยาต่าง ๆ จะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความต้องการออกซิเจนเพื่อไปใช้ในกิจกรรมเหล่านั้นสูงไปด้วย จึงมีผลทำให้เกิดสภาพการขาดแคลนออกซิเจนในน้ำได้ ทำให้เกิดการเน่าเหม็นของน้ำในบ่อหรือสระ เนื่องจากออกซิเจนไม่พอสำหรับให้เกิด Aerobic condition ในทางตรงกันข้ามบางครั้งแหล่งน้ำอาจปรากฏว่ามีออกซิเจนเกินจุดอิ่มตัว เนื่องจากมีการผลิตออกซิเจนขึ้นมาก เช่น การมีสาหร่ายในน้ำมาก เกินไปทำให้เกิดสภาพความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วก็เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้เช่นกัน ออกซิเจนมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ดังนั้นการควบคุมและป้องกันไม่ให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลงจนอยู่ในระดับที่จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อคุ้มครองให้สัตว์น้ำสามารถอาศัยอยู่ได้เป็นปกติ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่ควรมีค่าต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (ธรรมรักษ์, 2541)

น้ำในบ่อปลาส่วนใหญ่ได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของแพลงตอนพืช และออกซิเจนถูกใช้ไปเพื่อการหายใจของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารอยู่ตลอดเวลา ในเวลากลางวันปริมาณออกซิเจนที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์แสง ผลิตได้เร็วกว่าการใช้ออกซิเจนเพื่อการหายใจและย่อยสลายอินทรีย์สาร ดังนั้นปริมาณออกซิเจนในน้ำจึงยังคงมีเหลืออยู่ ในเวลากลางคืนน้ำได้รับออกซิเจนจากการที่ออกซิเจนในอากาศละลายปนกับน้ำเท่านั้น ฉะนั้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อปลาจึงลดลงในเวลากลางคืน (มั่นสิน และไพพรรณ, 2539)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเป็นคุณสมบัติของน้ำที่สำคัญเป็นอย่างมากสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเนื่องจากสัตว์น้ำทุกชนิดต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในการใช้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นโดยทั่วไปแล้วไม่ควรมีความเข้มข้นต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งได้มีการรายงานไว้แตกต่างกันบ้างดังตารางที่ 1 (กรมประมง, 2555)

ตารางที่ 1 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เอกสารอ้างอิง
< 4.0	ชลอ และ พรเลิศ, 2547
< 5.0	มั่น สิน, 2538
5.0-7.0	ชาญยุทธ, 2534
< 5.0	จารุวัฒน, 2530
< 4.5	พุทธ, 2544

ความเป็นด่าง (Alkalinity)

ความเป็นด่างของน้ำ คือความสามารถรับโปรตอนหรือไฮโดรเจนอิออนของน้ำ หรือความสามารถของน้ำที่ทำให้สภาพความเป็นกรดกลายเป็นกลาง ความเป็นด่างน้อยประกอบด้วยคาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต และไฮดรอกไซด์เป็นส่วนใหญ่ อาจมีพวกบอเรต (Borate) ซิลิเคต ฟอสเฟต และสารอินทรีย์ต่างๆปนอยู่บ้างเป็นจำนวนน้อย ค่าความเป็นด่างของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติพบตั้งแต่ห้าไปจนถึงหลายร้อยมิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่ค่าความเป็นด่างของน้ำในพื้นที่แห้งแล้งจะมีค่าสูง ความเป็นด่างไม่เป็นพิษแต่มีผลเกี่ยวเนื่องกับคุณสมบัติอื่นๆ ของน้ำ เช่น ความเป็นกรดด่าง ความกระด้าง เป็นต้น ความเป็นด่างของน้ำช่วยควบคุมไม่ให้แหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างอย่างรวดเร็ว น้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำจะเป็นน้ำอ่อนและมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำซึ่งทำให้แหล่งน้ำมีผลผลิตต่ำ น้ำที่มีความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 4.5 จะไม่พบค่าความเป็นด่าง น้ำที่มีค่าความเป็นด่างสูงและมีค่าความกระด้างต่ำ ในช่วงเวลาที่มีการสังเคราะห์แสงค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะสูงขึ้นมากอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ค่าความเป็นด่างกับค่าความกระด้างของน้ำมีความสัมพันธ์กัน น้ำที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ควรมีค่าความเป็นด่างและค่าความกระด้างอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน คือควรมีค่าความเป็นด่างประมาณ 100–120 ลิตรมิลลิกรัมต่อลิตร และไม่ควรลดลงจากค่าปกติเกิน 25 เปอร์เซ็นต์

รูปแบบค่าความเป็นด่างของน้ำตรวจวัดออกมาเป็น

1. น้ำที่มีค่าความเป็นด่างเกิดจากไฮดรอกไซด์เพียงอย่างเดียว มีค่า pH มักเกิน 10 ขึ้นไป
2. น้ำที่มีค่าความเป็นด่างเกิดจากคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียว มีค่า pH สูงกว่า 8.5 ขึ้นไป
3. น้ำที่มีค่าความเป็นด่างเกิดจากไอดรอกไซด์ และคาร์บอเนตรวมกันมีค่า pH ค่อนข้างสูงเกินกว่า 10 ขึ้นไป
4. น้ำที่มีค่าความเป็นด่างเกิดจากคาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตรวมกัน มีค่า pH ประมาณ 8.3 ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 11

5. น้ำที่มีค่าความเป็นด่างเกิดจากไบคาร์บอเนตอย่างเดียว มีค่า pH ต่ำกว่า 8.3 (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528)

ตารางที่ 2 ระดับความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

pH	เอกสารอ้างอิง
7.8-8.5	ชลอ และ พรเลิศ, 2547
6.5-8.5	มั่น สิน, 2538
7.0-8.5	ยนต์, 2529
7.0-8.5	ชาญยุทธ, 2534
7.0-8.5	จารุวัฒน, 2530
6.5-8.5	พุทธ, 2544
7.0-8.5	New, 1998
7.0-8.5	Sandifer and Smith, 1977

ไนโตรเจน (Nitrogen)

สำหรับทางด้านประมงจะศึกษาไนโตรเจนใน 3 รูปแบบ คือ แอมโมเนีย (NH_3, NH_4^+) ไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต สำหรับพืชสามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนได้หลายรูปแบบมาทำการสังเคราะห์เป็นโปรตีน เช่น ใช้ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย (NH_3) หรือไนเตรท (NO_3^-) สำหรับสัตว์ไม่สามารถใช้ไนโตรเจนจากอากาศรวมทั้งสารอนินทรีย์ไนโตรเจน มาทำการสังเคราะห์โปรตีนเหมือนกับพืช สัตว์ต้องอาศัยโปรตีนจากพืชหรือจากสัตว์อื่นๆ มาใช้ในการเจริญเติบโต เมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตายลง สารประกอบโปรตีนในร่างกายก็จะถูกย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย นอกจากนี้ของเสียที่ถูกขับถ่ายออกมาจากสัตว์จะมีสารประกอบพวกโปรตีนหรืออินทรีย์ไนโตรเจนที่ยังย่อยไม่หมด ดังนั้นสารเหล่านี้จะถูกแบคทีเรียย่อยสลายให้เป็นแอมโมเนีย แอมโมเนียที่เกิดขึ้นอาจถูกพืชนำไปใช้ประโยชน์ ในการสร้างโปรตีนใหม่ แต่ถ้ามีปริมาณมากก็จะถูกออกซิไดซ์ กลายเป็นสารประกอบไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) (ปรากรม, 2537)

นอกจากนี้บ่อปลาจะได้รับไนโตรเจนจากอากาศโดยตรง โดยขบวนการถ่ายเทแลกเปลี่ยนระหว่างอากาศกับน้ำแล้ว ยังมีแบคทีเรียในดินก้นบ่อสามารถตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixation) จากอากาศอีกทางหนึ่งด้วยแบคทีเรียกลุ่มนี้บางชนิดอาศัยอยู่ได้ทั้งในดินก้นบ่อ และในน้ำและ รวมทั้ง

แบคทีเรียและสาหร่ายเขียวแกมน้ำเงินก็สามารถตรึงไนโตรเจนได้เช่นกัน ส่วนใหญ่ได้แก่ สาหร่ายในสกุล *Nostoc* สกุล *Anabaena* และสกุล *Anabaenopsis* (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528)

แอมโมเนีย (Ammonia)

แอมโมเนียจะพบได้ 2 รูปแบบ คือ แอมโมเนียอิออน ซึ่งมีการแตกตัวได้ง่าย (Ionized ammonia NH_4^+) ส่วนใหญ่จะพบในสภาพน้ำเป็นกรดกับก๊าซแอมโมเนียไม่มีอิออน ซึ่งไม่แตกตัว (Unionized ammonia NH_3) ซึ่งมักพบมากในสภาพน้ำเป็นด่างและอุณหภูมิสูง

รูปแบบของแอมโมเนียที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำจะอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัว (NH_3) ความเป็นพิษของอันอิออนไนซ์แอมโมเนียเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีปริมาณต่ำและพิษของอันอิออนไนซ์แอมโมเนียลดลง ถ้าในน้ำมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงเพราะว่าคาร์บอนไดออกไซด์ ในน้ำทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำลดลงส่วนแอมโมเนียในรูปที่แตกตัว (NH_4^+) จะไม่มีพิษต่อสัตว์น้ำ นอกจากจะมีความเข้มข้นสูงมาก ๆ สำหรับแอมโมเนียในรูปไม่แตกตัวนั้นจะมีความสามารถในการแพร่กระจายผ่านผนังเซลล์ได้ดี เนื่องจากไม่มีประจุไฟฟ้าและสามารถละลายได้ดีในไขมัน ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของผนังเซลล์ การให้อาหารที่มีโปรตีนสูงในบ่อปลา เศษอาหารหรือของเสียที่มีอยู่จะทำให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำได้ (นันทนา, 2536)

ไนไตรท์

สารประกอบไนโตรเจนอีกตัวคือไนไตรท์ ซึ่งจะมีพิษต่อสัตว์น้ำสูงไนไตรท์เป็นสารที่เกิดขึ้นจากขบวนการ Nitrification โดยมีการเปลี่ยนแปลงมาจากแอมโมเนียในสภาวะที่มี pH ต่ำหรือเป็นกรดจะมีปริมาณไฮโดรเจนอิออนสูง ซึ่งไฮโดรเจนอิออนจะทำปฏิกิริยากับไนไตรท์ได้ กรดไนตรัส (Nitrous acid)

สำหรับกรดไนตรัสจะมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำสูงกว่าไนไตรท์ ดังนั้นเมื่อค่า pH ต่ำ ต้องระมัดระวังความเป็นพิษของไนไตรท์ที่จะทำอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ ในสภาวะปกติไนไตรท์ในน้ำ มักไม่ค่อยก่อให้เกิดปัญหา นอกจากจะเกิดการสะสมจนกระทั่งถึงระดับที่เป็นพิษ ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ จะมีโอกาสสะสมไนไตรท์จนถึงระดับที่เป็นพิษได้ โดยเฉพาะบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการหมุนเวียนของน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ ระดับความเข้มข้นของไนไตรท์ในบ่อปลาไม่ควรเกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตรความเป็นพิษของแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงปลา สามารถลดได้โดยใช้เกลือแกง(NaCl) ในอัตราประมาณ 200-250 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกๆ 1-2 อาทิตย์ (นันทนา, 2536)

ไนเตรท

ไนเตรทมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแพลงตอนพืชและพืชน้ำ ดังนั้นปริมาณของไนเตรท จึงสามารถบอกกำลังการผลิต (Productivity) ของแหล่งน้ำได้ ซึ่งแพลงก์ตอนพืชจะใช้ไนเตรทใน

การสร้างโปรตีน แหล่งที่มาของไนไตรท ได้มาจากบวนการ ออกซิเดชั่นไนไตรท์ เป็นไน เตรท ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น นอกจากนี้ยังได้มาจากการใส่ปุ๋ยซึ่งมีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ทางด้านประมงไนเตรทไม่ถือว่ามีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำโดยตรงนอกเสียจากมีความเข้มข้นสูงมาก (นันทนา, 2536 ; ธรรมรักษ์, 2541)

อาหารและความต้องการสารอาหารสำหรับกุ้งก้ามกราม

กุ้งก้ามกรามมีนิสัยกินอาหารได้หลากหลายชนิด ความต้องการสารอาหารขึ้นอยู่กับอายุ ตัวอ่อนของกุ้งก้ามกรามในวันแรกหลังฟักเป็นตัวจะยังไม่กินอาหาร หลังจากนั้นการพัฒนาระบบการย่อยจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ Jones *et al.* (1993) รายงานว่า สิ่งมีชีวิตที่จะใช้เป็นอาหารแก่ตัวอ่อนกุ้งก้ามกรามระยะที่ 2-6 หลังจากฟักเป็นตัวควรเป็นแพลงก์ตอนสัตว์ แต่เมื่อเข้าสู่ระยะที่ 7 จะสามารถกินได้ทั้งพืชและสัตว์ (Omnivorous) ส่วน Barros and Valent (1997) กล่าวว่า ตัวอ่อนจะใช้รยางค์บริเวณท้อง (maxilliped) ในระยะที่ 3 และใช้ maxilliped ร่วมกับ pereiopods ในตัวอ่อนระยะที่ 4 ถึง 11 ในการจับอาหาร การจับอาหารเป็นไปอย่างอิสระ แต่การย่อยอาหารลูกกุ้งจะไม่สามารถย่อยอาหารทุกชนิดที่กินเข้าไปได้ เมื่อพ้นระยะวัยอ่อนเป็นกุ้งใหญ่ กุ้งก้ามกรามจะมีพฤติกรรมกินอาหารทั้งพืชและสัตว์รวมถึงสัตว์หน้าดิน จากการวิเคราะห์องค์ประกอบที่พบในกระเพาะของกุ้งก้ามกรามพบว่าส่วนใหญ่เป็นชิ้นส่วนของพืช เช่น สาหร่ายทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ สารอินทรีย์ซากสัตว์เน่าเปื่อย แมลงน้ำ ตัวอ่อนแมลง หอย เป็นต้น

Weidenbach (1980) ได้ศึกษาอาหารในกระเพาะอาหารของกุ้งก้ามกรามพบว่ากุ้งที่เลี้ยงจะกินอาหารเม็ดที่ให้เป็นอาหารได้เป็นอย่างดี นอกจากกินอาหารที่ให้แล้วกุ้งจะหาอาหารธรรมชาติที่เกิดในบ่อ เช่น พวกพืชน้ำต่างๆ

อาหารสำหรับสัตว์น้ำปกติจะใช้ปลาป่นเป็นโปรตีนหลักแต่กุ้งก้ามกรามสามารถใช้โปรตีนจากพืชในอัตราที่สูงกว่ากุ้งทะเล ทั้งนี้เนื่องจากกุ้งก้ามกรามสามารถนำคาร์โบไฮเดรตที่มากับแหล่งโปรตีนพืชไปใช้เป็นพลังงานได้มากกว่า (Watanabe, 1975) ส่วน Sandifer and Joseph (1976) ได้ทดลองเรื่องผลของไขมันต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามพบว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไขมันมีการเจริญเติบโตดีกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารไม่ผสมไขมัน

Kanazawa et al. (1970) ได้รายงานว่ากุ้งก้ามกรามมีความต้องการระดับโปรตีนในอาหารที่ทำให้กุ้งเจริญเติบโตดีจะอยู่ในช่วง 40-60 เปอร์เซ็นต์ Reed and Abramo (1989) กล่าวว่ากุ้งก้ามกรามขนาดโตจะมีความต้องการโปรตีนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 30-35 เปอร์เซ็นต์ โดย Clifford and Brick (1978) ได้เสนอว่าเพื่อให้มีการนำโปรตีนไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตสำหรับกุ้งก้ามกรามระยะวัยรุ่นได้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดอาหารสำหรับกุ้งก้ามกรามควรมีอัตราส่วนของไขมันต่อ

คาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 1:4 สำหรับการผลิตอาหารสำเร็จรูปในประเทศไทย จะต้องมีการแสดงตัวเลขปริมาณมากสุดและน้อยสุดของสารอาหารได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น เป็นต้น

Lovell (1989) กล่าวว่า ระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งอยู่ระหว่าง 28-60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสิ่งที่ทำให้ระดับความต้องการโปรตีนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด คุณภาพของโปรตีนอัตราการกินรวมไปถึงการปรากฏของอาหารธรรมชาติในบ่อกุ้งทุกชนิดที่มีการศึกษาต้องการกรดอะมิโนจำเป็น 10 ชนิด (ตารางที่ 3) ซึ่งกรดอะมิโนจำเป็นที่กุ้งต้องการจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าของกรดอะมิโนที่จำเป็นในร่างกายของกุ้ง

ตารางที่ 3 ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นในกุ้ง

Amino Acid	Shrimp muscle (เปอร์เซ็นต์)
Arginine	4.76
Histidine	1.66
Isoleucine	2.89
Leucine	7.04
Lysine	7.24
Methionine	2.92
Phenylalanine	3.90
Threonine	3.62
Tryptophan	0.52
Valine	2.87

ที่มา: ดัดแปลงจาก Lovell (1989)

ความต้องการโปรตีน

กุ้งก้ามกรามมีความต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นใกล้เคียงกับกุ้งชนิดอื่น Watanabe (1975) รายงานว่า ความต้องการกรดอะมิโนของกุ้งก้ามกราม คือ กรดอะมิโนที่จำเป็นได้แก่ Histidine, Lysine, Arginine, Methionine, Leucine, Isoleucine,tyrosine, Valine, Phenylalanine ส่วนที่เป็นกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น ได้แก่ Proline, Glycine, Cystine, Serine, Alanine, Aspatic acid และ Glutamic acid

ความต้องการไขมัน

องค์ประกอบเฉพาะชนิดของกรดไขมันมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามมากกว่าปริมาณไขมันรวมในอาหาร (ยนต์, 2529) กรดไขมันที่กุ้งก้ามกรามต้องการ คือ กรดไขมันชนิด polyunsaturated (PUFA) (D'Abramo and Sheen, 1993) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่กุ้งก้ามกรามวัยรุ่นไม่สามารถสังเคราะห์ได้ ได้แก่ linolenic acid (18: 3n-3) และ Teshima *et al.* (1994) พบว่า กุ้งก้ามกรามที่กินอาหารผสมระหว่าง 18: 2n-6 และ 18: 3n-3 สามารถเพิ่มน้ำหนักได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามกรดไขมันในกลุ่ม n-6 สามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตน้ำจืด

สเตอรอลเป็นสารที่มีความสำคัญสำหรับกุ้งโดยทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้น (precursor) ในการสร้างฮอร์โมนสำหรับการลอกคราบ และฮอร์โมนเพศ ซึ่งกุ้งไม่สามารถสังเคราะห์สารนี้ได้ดังนั้น จึงต้องมีการเติมโคเลสเตอรอลลงไปในอาหาร ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสเตอรอลในที่สุด ระดับของโคเลสเตอรอลที่ใช้ในอาหารกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น คือร้อยละ 0.5-0.6 ของน้ำหนักอาหาร (D'Abramo and Sheen, 1993)

ความต้องการคาร์โบไฮเดรต

กุ้งก้ามกรามใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่มีประสิทธิภาพ แต่ความต้องการของกุ้งจะไม่คงที่ตลอดเวลา การนำคาร์โบไฮเดรตไปใช้ของกุ้งจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการย่อย (การทำงานของเอนไซม์) เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งน้ำเค็มชนิดอื่นพบว่าปริมาณน้ำย่อยอะไมเลสในกุ้งก้ามกรามสูงกว่าเพราะกุ้งก้ามกรามมีการกินอาหารได้หลากหลายชนิด (omnivorous) (D'Abramo and New, 2000) ซึ่งเซลลูโลสจะทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานสำรองมากกว่าใช้เป็นสารอาหารสำหรับให้กุ้งกิน (Briggs, 1991)

ความต้องการวิตามินและเกลือแร่

ความต้องการวิตามินและเกลือแร่ในกุ้งก้ามกรามมีความคล้ายคลึงกับสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ โดยวิตามินเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเผาผลาญอาหารในร่างกาย อย่างไรก็ตามการตรวจหาปริมาณและคุณภาพของวิตามินที่เหมาะสมสำหรับกุ้งก้ามกรามทำได้ยาก เนื่องจากจุลินทรีย์กลุ่ม microflora ในทางเดินอาหารของกุ้งจะรบกวนการดูดซึมวิตามินของกุ้ง แต่มีรายงานเฉพาะปริมาณวิตามินความต้องการวิตามินซีในกุ้งก้ามกรามเท่านั้น (D'Abramo and New, 2000)

ส่วนความต้องการแร่ธาตุของกุ้งก้ามกรามที่ได้มีการศึกษาส่วนใหญ่ ได้แก่ แคลเซียมและฟอสฟอรัส พบว่า การเติมร้อยละ 3 ของแคลเซียมในอาหาร และเติม $CaCO_3$ ลงในน้ำที่เลี้ยงในปริมาณ 51 มิลลิกรัม/ลิตร จะทำให้อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตดีที่สุดสำหรับกุ้งก้ามกราม (D'Abramo and New, 2000) ส่วน Rath and Duke (1994) พบว่า อัตราการเจริญเติบโตและ

อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) จะดีที่สุดเมื่อมีการเติมแร่ธาตุสังกะสีลงในอาหารในอัตรา 90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

การผลิตอาหารเม็ดจม

การผลิตอาหารเม็ดจมมีส่วนสำคัญในการควบคุมคุณภาพของอาหารซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การชั่งน้ำหนักเมื่อทราบถึงปริมาณอาหารเม็ดที่จะผลิตจากสูตรอาหารต้องคำนวณว่าจะต้องใช้วัตถุดิบแต่ละชนิดที่เป็นส่วนผสมในปริมาณเท่าใด (วีรพงศ์, 2536)

2. การบดอาหารการบดวัตถุดิบอาหารสัตว์มีความจำเป็นในกรณีที่วัตถุดิบที่นำมาทำอาหารสัตว์มีขนาดใหญ่ และไม่ละเอียดเช่น เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดข้าวโพด มันเส้น ปลายข้าว และเปลือกกุ้ง เป็นต้น โดยต้องนำวัตถุดิบเหล่านี้มาบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดอาหาร แต่หากเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีขนาดเล็กก็ไม่จำเป็นต้องนำไปเข้าเครื่องบด เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำ แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น (วีรพงศ์, 2536)

3. การผสมอาหาร สำหรับการผสมอาหารสัตว์น้ำเพื่อต้องการให้วัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำได้ผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการผลิตอาหารแต่ละเม็ดมีปริมาณธาตุอาหารอยู่เท่าๆ กัน หากในขั้นตอนผสมอาหารไม่ดี ก็จะส่งผลต่อขั้นการอัดเม็ดทำให้ปริมาณและคุณภาพของอาหารไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้น ในขั้นตอนการผสมอาหารควรใช้ระยะเวลาในการผสมพอสมควร คือ ประมาณ 10–20 นาที เพื่อช่วยให้วัตถุดิบอาหารผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งระยะเวลาในการผสมนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้โดยขึ้นอยู่กับปริมาณ และขนาดของวัตถุดิบอาหารหรือประสิทธิภาพของเครื่องผสมอาหาร (วีรพงศ์, 2536)

4. การอัดเม็ด อาหารเม็ดมีลักษณะที่เหมาะสมแก่การนำมาให้สัตว์น้ำกิน เนื่องจากมีความจุของอาหารหนาแน่น ทำให้ปลาหรือสัตว์น้ำกินอาหารได้มากขึ้น และยังช่วยป้องกันไม่ให้สัตว์น้ำเลือกกินวัตถุดิบอาหารเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง เนื่องจากการกินอาหารเม็ดนั้นจะทำให้สัตว์น้ำได้รับอาหารและสารอาหารทั้งหมดได้ในอาหารเม็ด และประโยชน์ของการอัดเม็ดอีกประการหนึ่ง คือ ช่วยให้อาหารสัตว์น้ำสุกมากขึ้น เนื่องจากในขั้นตอนการอัดเม็ดจะทำให้เกิดความร้อน ซึ่งส่งผลดีต่อระบบการกินอาหารของสัตว์น้ำ (วีรพงศ์, 2536)

อาหาร และการให้อาหารกุ้งก้ามกราม

กุ้งก้ามกรามมีนิสัยกินอาหารได้หลากหลายชนิด ความต้องการสารอาหารขึ้นอยู่กับอายุ ตัวอ่อนของกุ้งก้ามกรามในวันแรกหลังฟักเป็นตัวจะยังไม่กินอาหาร หลังจากนั้นการพัฒนาระบบการย่อยจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ Jones et al. (1993) รายงานว่า สิ่งมีชีวิตที่จะใช้เป็นอาหารแก่ตัวอ่อนกุ้ง

ก้ามกรามระยะที่ 2-6 หลังจากฟักเป็นตัวควรเป็นแพลงก์ตอนสัตว์ แต่เมื่อเข้าสู่ระยะที่ 7 จะสามารถกินได้ทั้งพืชและสัตว์ (Omnivorous) ส่วน Barros and Valent (1997) กล่าวว่า ตัวอ่อนจะใช้รยางค์บริเวณท้อง (maxilliped) ในระยะที่ 3 และใช้ maxilliped ร่วมกับ pereiopods ในตัวอ่อนระยะที่ 4 ถึง 11 ในการจับอาหาร การจับอาหารเป็นไปอย่างอิสระ แต่การย่อยอาหารลูกกุ้งจะไม่สามารถย่อยอาหารทุกชนิดที่กินเข้าไปได้ เมื่อพ้นระยะวัยอ่อนเป็นกุ้งใหญ่ กุ้งก้ามกรามจะมีพฤติกรรมกินอาหารทั้งพืชและสัตว์รวมถึงสัตว์หน้าดิน จากการวิเคราะห์องค์ประกอบที่พบในกระเพาะของกุ้งก้ามกรามพบว่าส่วนใหญ่เป็นชิ้นส่วนของพืช เช่น สาหร่ายทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ สารอินทรีย์ ซากสัตว์เน่าเปื่อย แมลงน้ำ ตัวอ่อนแมลง หอย เป็นต้น

อุปนิสัยและการกินอาหาร

กุ้งก้ามกรามเป็นสัตว์ที่ชอบแสงสลัวๆ มากกว่าแสงจ้า (สุจิต และประสิทธิ, 2505) ดังนั้นในช่วงเวลากลางวันจึงมักพบว่ากุ้งจะเกาะกับพื้นอย่างสงบ ไม่เคลื่อนที่ไปมา และถ้ามีแสงสว่างมากๆ กุ้งก้ามกรามจะพยายามเคลื่อนที่หนี (Ling and Merican, 1961) ไพโรจน์และทรงชัย (2516) กล่าวว่า กุ้งก้ามกรามโดยธรรมชาติชอบอาศัยอยู่ในน้ำที่ใสสะอาด ไหลเอื่อยๆ มักหลบซ่อนตัวอยู่ตามรากไม้ ตอไม้ และหินที่จมอยู่ใต้น้ำ มีความว่องไวเวลาหลบหนีศัตรูและชอบออกหาอาหารเวลากลางคืน Ling (1969) กล่าวว่า กุ้งก้ามกรามมีวิธีหาอาหารโดยการดมกลิ่นและการสัมผัส เวลาหาอาหารจะใช้หนวดคู่ที่ 1 (antennules) และหนวดคู่ที่ 2 (antenna) กวาดไปมาอย่างว่องไว และเมื่อพบอาหารก็จะใช้ขาเดินคู่ที่ 1 และ คู่ที่ 2 จับอาหารเข้าปากทีละชิ้นอย่างรวดเร็ว

Ling (1969) กล่าวว่า กุ้งก้ามกรามกินอาหารได้ทั้งพืชและสัตว์ (omnivorous) และมีนิสัยกินอาหารเร็วและไม่เลือกชนิด Lagler (1975) กล่าวว่า กุ้งก้ามกรามนอกจากกินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหารแล้วยังกินซากเน่าเปื่อย (scavenger) อีกด้วย แต่ในเวลาที่กุ้งก้ามกรามหิวมากๆ และไม่สามารถหาอาหารอื่นกินได้ก็จะกินพวกเดียวกันเป็นอาหาร (Cannibalism) (Ling and Merican, 1961)

อาหารธรรมชาติของกุ้งก้ามกรามประกอบด้วย สัตว์และพืชน้ำขนาดเล็ก เช่น หนอน แมลงและตัวอ่อนของแมลง หอย ปู (crustaceans) เนื้อปลาหรือสัตว์อื่นๆ เมล็ดพืช ถั่ว เนื้อมะพร้าว เมล็ดข้าว รากของพืชน้ำ และ detritus เป็นต้น (Ingle and Eldred, 1960; Ling and Merican, 1961; Ling, 1969; Fujimura, 1972 และ Lagler, 1975) ชูชาติ และประวิทย์ (2515) ศึกษาจากกระเพาะอาหารของกุ้งก้ามกราม พบว่าเปอร์เซ็นต์ของชนิดอาหารที่กุ้งก้ามกรามกินจากมากไปหาน้อย คือ สัตว์จำพวก กุ้ง ปู (crustaceans) ปลา หอย พืชน้ำ polychaetes และตัวอ่อนของแมลง ตามลำดับ

อาหารกุ้งก้ามกรามเป็นอาหารเม็ดชนิดจมน้ำควรมีโปรตีนไม่ต่ำว่า 30 เปอร์เซ็นต์ หรืออาจใช้อาหารกุ้งกุลาดำก็ได้อาหารควรคงสภาพในน้ำโดยไม่ละลายได้นานไม่ต่ำกว่า 4 ชั่วโมง เนื่องจากกุ้งกินอาหารโดยการกัดแทะจะทำให้สะดวกในการกัดกินถ้าอาหารละลายน้ำง่ายจะทำให้กุ้งได้รับอาหารได้

เต็มที่ทำ ให้สิ้นเปลืองค่าอาหาร และทำให้บ่อกุ้งเน่าเสียอีกด้วยสัปดาห์แรกหลังปล่อยกุ้งลงเลี้ยง อาจไม่ต้องให้อาหารก็ได้ ถ้าหากสีน้ำดี เพราะมีอาหารตามธรรมชาติในบ่อเพียงพอสำหรับกุ้ง กุ้งเล็กควรให้อาหารชนิดเกล็ด และอาหารจะใหญ่ขึ้นตามขนาดของกุ้ง โดยให้อาหารลูกกุ้ง 30-40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกุ้งในช่วงเดือนแรกแล้วลดเหลือ 3-5 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนที่ 3 การให้อาหารกุ้งควรหว่านให้กระจายทั่วบ่อจะทำให้กุ้งได้กินอาหารได้ทั่วถึงให้อาหารวันละ 2 ครั้ง กุ้งจะกินอาหารได้ดีในเวลากลางคืนควรให้อาหารมื้อเช้าเพียงเล็กน้อย และให้มากขึ้นในช่วงเย็นหลังจากกุ้งอายุ 3 เดือนไปแล้วควรให้อาหารมื้อเดียวเฉพาะช่วงเย็นในกรณีที่สภาพดินฟ้าอากาศเปลี่ยนแปลง เช่นฝนตกควรลดปริมาณอาหารลง (กรมประมง, 2555) (ดังตารางที่ 4)

การตรวจสอบว่าให้อาหารพอดีหรือไม่เป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการเลี้ยงกุ้งเพราะต้นทุนการเลี้ยงกุ้งมากกว่าครึ่งจะเป็นค่าอาหาร ถ้าให้อาหารมากเกินไปก็จะเป็นการเพิ่มต้นทุนโดยเปล่าประโยชน์และยังทาให้น้ำเน่าเสียอีกด้วยถ้าให้อาหารน้อยก็จะทำให้กุ้งเจริญเติบโตช้าทำให้ได้ผลผลิตไม่ดีการตรวจสอบปริมาณอาหารจะทำภายหลังให้อาหารไปแล้ว 3 ชั่วโมง โดยใช้ยอ เหลี่ยมขอบยอทำจากผิวไม้ไผ่หรือเหล็กสแตนเลสเย็บติดกับอวนไนล่อนมุ้งเขียว ข้อควรระวังในการให้อาหารกุ้งคือ การแย่งอาหารกุ้งจากศัตรู เช่น ปลา ปู กบและเขียดเป็นต้นจึงต้องดูแล และกำจัดออก (กรมประมง, 2555)

ตารางที่ 4 แสดงการให้อาหารกุ้งก้ามกรามด้วยอาหารสำเร็จรูปความหนาแน่น 80,000 ตัวต่อ ไร่

อายุกุ้ง (เดือน)	น้ำหนัก (กรัม)	ขนาด (ตัวต่อ กิโลกรัม)	เบอร์ อาหาร	ปริมาณอาหาร ต่อวัน (กิโลกรัม)	รวมปริมาณ อาหารต่อ เดือน (กิโลกรัม)
1	0.40	2.500	#045	0.5	15
2	2.00	500	#045	1	30
3	5.00	200	#045	1.5-2	45-60
4	12.00	83	#045	2-4	60-120
5	28.00	53	#045	3-5	90-150
6	50.00	20	#045, #047	5	150
7	70.00	14	#045, #047	3-5	90-150
8	75.00	13	#045,	1-3	30-90

ที่มา: (กรมประมง, 2555)

การนำสารดึงดูด (chemoattractant) มาใส่ในอาหารกุ้งจะช่วยกระตุ้นการจับกินเหยื่อ (phagostimulant) และยังช่วยลดเศษอินทรียวัตถุที่เกิดจากการกินอาหารของกุ้ง สารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นสารดึงดูดจะกระตุ้นให้มีการเคลื่อนที่เข้าหาอาหาร ในขณะที่คุณสมบัติเป็น phagostimulant จะกระตุ้นการรับอาหารเข้าสู่ร่างกาย กรดอะมิโน taurine, glycine, arginine และ trimethylamine เป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวดึงดูดได้ (ดังตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณสารอาหารตามพระราชบัญญัติคุ้มครองสำหรับกุ้งก้ามกรามในประเทศไทย

ชนิด	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)	ความชื้น (%)
อาหาร				
กุ้งวัยอ่อน	>37	>5	<3	<10
กุ้งวัยรุ่น	>30	>4	<5	<12
กุ้งวัยรุ่นระยะ 5-12 g	>25	>3	<6	<12
กุ้งใหญ่	>25	>3	<6	<12
อาหารเสริม	>20	>3	<6	<12

วิธีการให้อาหาร

ตัวอ่อนกุ้งก้ามกรามที่ฟักออกใหม่ๆ ความยาวประมาณ 2-2.2 มิลลิเมตร จะเริ่มกินอาหารหลังจากฟักออกมา 1-3 วัน และมีความต้องการกินพวกแพลงก์ตอนสัตว์ด้วย เหยื่อของตัวอ่อนกุ้งก้ามกรามควรมีขนาดเหมาะสมต่อการกิน คือ ประมาณ 300-500 ไมครอน ดังนั้น ตัวอ่อนของอาร์ทีเมียที่ฟักออกมาใหม่ๆ จึงเหมาะสมที่จะเป็นอาหารในระยะนี้ แต่หลังเมื่อผ่านไป 1 สัปดาห์ ควรมีการให้อาหารอย่างอื่นที่เตรียมไว้ผสมลงไปด้วย

ปริมาณความหนาแน่นของตัวอ่อนอาร์ทีเมียที่ให้ควรอยู่ที่ 5-10 ตัวต่อมิลลิลิตร ขึ้นอยู่กับขนาดของตัวอ่อนกุ้ง (New and Singholka, 1985) โดยการให้ตัวอ่อนอาร์ทีเมียเป็นอาหารให้เพิ่มมากขึ้นจากวันที่ 10-12 เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากที่สุด หลังจากนั้นจะให้อาหารเตรียมเองเพิ่มขณะเดียวกันควรให้อาหารเสริมแก่ตัวอ่อนอาร์ทีเมียเช่น HUFA และวิตามินซี เพื่อเพิ่มของคุณค่าสารอาหาร โดยสัดส่วนของอาหารที่ให้กับตัวอ่อนกุ้งก้ามกรามในระยะ post larvae แสดงใน (ตารางที่ 6)

อย่างไรก็ตามการใช้ตัวอ่อนอาร์ทีเมียเป็นอาหารจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ดังนั้นเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านอาหาร จึงมีการใช้ไรแดง (*Moina micrura*) เป็นอาหารสำหรับการเลี้ยงกุ้งแทน เนื่องจากเป็นแหล่งของอาหารที่ถูกกว่า และให้ได้ตั้งแต่ตัวอ่อนระยะที่ 5 เป็นต้นไป และไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของตัวอ่อนกุ้ง แต่มีผลต่ออัตรารอดของลูกกุ้งในระยะ post larva

ตารางที่ 6 สัดส่วนของอาหารที่ให้กับตัวอ่อนกุ้งก้ามกรามในระยะ post larvae

Day	Artemia nauplii (No.)	Pellets (μg DW)
3	5	0
4	10	0
5-6	15	0
7	20	0
8	25	0
9	30	0
10-11	35	0
12	40	70
13-14	45	80-90
15-24	50	100-180
25-30	45	200
30+	40	200

DW = dry weight

ที่มา : Aquacop, 1983

อาหารสำหรับกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น (Juveniles)

ระยะกุ้งวัยรุ่น (Juveniles) มีความต้องการสารอาหารน้อยกว่าในระยะตัวอ่อน อาหารของสัตว์น้ำชนิดอื่นที่มีระดับของโปรตีนและไขมันสูง เช่น ปลาเทราท์ ก็สามารถนำมาใช้เลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระยะนี้ได้ดี สามารถช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอด โดยเฉพาะเมื่อมีการเติมตับผงปริมาณร้อยละ 15-20 ของน้ำหนักแห้งลงไป (D'Abramo et, al,. 1995, Molina-Vozzo et, al,. 1995) ความต้องการสารอาหารของกุ้งก้ามกรามในระยะวัยรุ่น แบ่งออกตามกลุ่มสารอาหารดังนี้

การผลิตและเลือกใช้อาหารกุ้งก้ามกราม

การเลือกใช้อาหารที่เหมาะสมเป็นส่วนสำคัญในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม เพราะอาหารจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อการผลิตและมีผลต่อสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก หากจัดการเรื่องอาหารไม่ดีก็จะก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมาและยากต่อการแก้ไขดังนั้น ในการผลิตอาหารหรือพิจารณาเลือกอาหารกุ้งก้ามกรามมีปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงดั่งต่อไปนี้ (กรมประมง, 2555)

โปรตีน กุ้งเป็นสัตว์น้ำที่ต้องการโปรตีนสูงอยู่ในช่วง 28-38 เปอร์เซ็นต์ การเลือกใช้อาหารราคาถูกโดยไม่คำนึงถึงปริมาณโปรตีนในอาหารจะทำให้ผู้เลี้ยงไม่ประสบความสำเร็จในปัจจุบันได้มี

การผลิตอาหารสำเร็จรูปของกุ้งโดยผสมยา และสารเคมีซึ่งยา และสารเคมีเป็นสิ่งสำคัญในการทำลายสภาพแวดล้อม และระบบนิเวศน์ทำให้มีสารตกค้างเป็นพิษในดินก้นบ่อ และในเนื้อกุ้งทำให้เสียสภาพพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งได้แค่ 1-2 ปี ก็เลี้ยงต่อไปไม่ได้อีก (กรมประมง, 2555)

แอมโมเนีย เนื่องจากอาหารกุ้งมีโปรตีนสูงจึงถูกย่อยสลายก่อให้เกิดแอมโมเนียมากขึ้นซึ่งแอมโมเนียเป็นต้นเหตุสำคัญทำให้อัตราแลกเนื้อไม่ดี เพราะแอมโมเนียเป็นพิษต่อกุ้งทำให้การเจริญเติบโตช้าถ้ามีปริมาณมากอาจทำให้กุ้งตายได้ (กรมประมง, 2555)

ความคงทนในน้ำ อาหารกุ้งที่ดีควรละลายน้ำได้ช้าจะทำให้กุ้งได้รับสารอาหารครบถ้วน เป็นการลดความสูญเสียที่เกิดจากการละลายของสารอาหารไปกับน้ำทำให้กุ้งมีอัตราแลกเนื้อที่ดี และช่วยรักษาสภาพน้ำทำให้สภาพแวดล้อมในบ่อเลี้ยงไม่เป็นพิษและมีความสมดุลการใช้อาหารที่มีสูตรผสมสารเหนียวมากจะมีผลเสียคือทำให้อาหารย่อยยาก และมีพิษตกค้างต่อกุ้งสารเหนียวที่ดีและมีความคงทนในน้ำควรใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากธรรมชาติแทนสารเหนียวจะดีกว่าเช่น ไข่ผง ข้าวสุก แป้งเปียก เป็นต้น (กรมประมง, 2555)

การย่อยและดูดซึมสารคาร์โบไฮเดรต กุ้งเป็นสัตว์ที่มีลำไส้สั้นทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยคาร์โบไฮเดรตต่ำมากสำหรับแป้งตามธรรมชาติที่ได้จากธัญพืชต่างๆ เป็นส่วนผสมที่จำเป็นในอาหารกุ้งแต่ต้องทำให้สุกเพราะว่าจะทำให้กุ้งย่อยได้ง่าย และจะช่วยให้การยึดเกาะอาหารเม็ดได้ง่ายขึ้น และคงทนในน้ำได้นานอีกด้วย (กรมประมง, 2555)

ไขมัน กุ้งเป็นสัตว์ที่เจริญเติบโตโดยการลอกคราบ จึงต้องการสารไขมันอย่างมาก เพราะว่าสารไขมันมีความสำคัญในกระบวนการลอกคราบตาธรรมชาติของกุ้งบางครั้งจะมีการใช้สารเคมีพวกคอปเปอร์ซัลเฟตกระตุ้นให้กุ้งลอกคราบซึ่งจะเป็นพิษต่อกุ้งทำให้กุ้งเพลียและอ่อนแอ จะพบว่าถ้าใช้คอปเปอร์ซัลเฟตมากกุ้งจะลอกคราบมากขึ้นและจะตายมากขึ้นเช่นกันส่วนกุ้งที่รอดตายก็จะฟื้นตัวกินอาหารได้ช้าส่งผลให้อัตรารอดของกุ้งต่ำ (กรมประมง, 2555)

การลอกคราบและการเจริญเติบโต

กุ้งก้ามกรามเป็นสัตว์ในกลุ่ม Crustacean ซึ่งการเจริญเติบโตจะเกิดขึ้นโดยการสลัดคราบเก่าจำเป็นต้องลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโต โดยขบวนการลอกคราบจะเกิดต่อเนื่องไปตลอดชีวิต แต่การเจริญเติบโตจะเกิดเฉพาะช่วงที่อยู่ระหว่างระยะการลอกคราบโดยจะเพิ่มขนาดเพียงเล็กน้อยจากการเพิ่มของชั้นเนื้อเยื่อที่ติดอยู่กับเปลือกชั้นนอกและจะดูดซึมน้ำเพื่อเพิ่มขนาดของลำตัว (New and Valenti, 2000)

กุ้งก้ามกรามเพศผู้จะโตเร็วกว่าเพศเมีย เนื่องจากเมื่อถึงระยะตัวเต็มวัยการเจริญเติบโตของกุ้งเพศเมียจะลดลงและต้องใช้พลังงานจำนวนมากในการวางไข่ โดยช่วงชีวิตของกุ้งก้ามกรามจะสามารถ

ดำรงชีวิตได้ถึง 3 ปี Ra'anan et al. (1991) รายงานว่า กุ้งที่ยังไม่ถึงระยะตัวเต็มวัยจะมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และเมื่อถึงวันเจริญพันธุ์อัตรากาเจริญเติบโตจะลดลง

วงจรการลอกคราบของกุ้งสามารถแบ่งเป็นระยะตามลักษณะความเข็มของเปลือก และการพัฒนาการของ Internal Setal ดังนี้ (Skinner, 1985)

1. ระยะก่อนการลอกคราบ (Premolt) กุ้งจะสะสมและดูดกลับของแคลเซียม น้ำตาลโปรตีน และสารอาหารอื่นๆ เข้าสู่ตัว เพื่อเตรียมความพร้อมที่จะทำลายเปลือกเก่า และเกิดการแบ่งชั้นของผิวชั้นนอกหรือเอพิเดอมิส (Epidermis) จากเปลือกเก่าที่อยู่ด้านนอก โดยการเพิ่มขนาดของเซลล์ที่อยู่บริเวณผิวชั้นนอก

2. ระยะลอกคราบ (Molting) กุ้งจะโผล่ออกมาจากเปลือกเก่า โดยมีเปลือกใหม่ที่เพิ่งสร้างและ Pliable ขณะลอกคราบจะมีการดูดน้ำเข้าสู่ร่างกายอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการเพิ่มขนาดหรือปริมาตรของลำตัว แต่ระยะนี้เปลือกจะนิ่ม ไม่แข็งแรง ทำให้สัตว์ตรูทำอันตรายได้ง่าย

3. ระยะหลังลอกคราบ (Postmolt) เป็นระยะที่มีการสะสมของ แคลเซียม ไคติน โปรตีน เกลืออนินทรีย์และสารอื่นๆ ที่ส่งผลทำให้เปลือกแข็งตัว และมีสีสดใส เนื่องจากมีการขับเม็ดสี (Pigment) ออกมาที่เปลือก

4. นอกระยะเวลาลอกคราบหรือช่วงระหว่างการลอกคราบครั้งถัดไป (Intermolt) เป็นระยะที่อยู่ระหว่างการลอกคราบ น้ำที่ถูกดูดเข้าไปสู่ร่างกายระหว่างการลอกคราบจะถูกทดแทนด้วยเนื้อเยื่อที่มีการเจริญเติบโต จากนั้นจะมีการเก็บสารอินทรีย์และแรธาตุไว้

ระหว่างการลอกคราบจะมีการเปลี่ยนแปลงกายภาพและชีวเคมีของเนื้อเยื่อ พบว่าก่อนการลอกคราบจะมีการเปลี่ยนแปลงของไอออนในส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยร่างกายจะดูดซึมแคลเซียมจากเปลือกเก่าไปเก็บในตับและตับอ่อน และหลังจากการลอกคราบพบว่าปริมาณแคลเซียมในเปลือกกุ้งจะเพิ่มขึ้นสูงขึ้นแต่ปริมาณแคลเซียมในน้ำเลี้ยงนอกเซลล์และตับจะมีปริมาณลดน้อยลง โดยการเปลี่ยนแปลงของแคลเซียมระหว่างการลอกคราบจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสำคัญของแคลเซียมในเปลือก

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการลอกคราบของกุ้ง

การลอกคราบและการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยภายในเช่น ขนาดของกุ้งและช่วงผสมพันธุ์ (ประสิทธ์, 2514) และปัจจัยภายนอกเช่นอุณหภูมิ ระยะเวลา แสง ค่าอัลคาไลน์ของน้ำ (Water Alkalinity) อาหาร การลอกคราบ (Justo et al., 1991)

ความถี่ในการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามจะลดลงเมื่อกุ้งมีขนาดใหญ่ขึ้น (ตารางที่ 7) โดยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการลอกคราบมากที่สุด คือ อุณหภูมิ หากเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในช่วงที่กุ้งก้ามกรามสามารถอยู่ได้โดยปกติจะทำให้กุ้งลอกคราบบ่อยขึ้น โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 26-31 องศาเซลเซียส (Shang and Fujimura, 1977) ส่วนความเค็มของน้ำมีผลต่อการลอกคราบของกุ้งน้อยกว่าอุณหภูมิ (ยนต์, 2529) และพบว่าเมื่อความเค็มสูงขึ้นจะมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง ส่วน

อาหารก็เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโต โดยการให้อาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน พบว่าที่ระดับโปรตีนสูงขึ้น (Castell and Budson, 1974 และ Milikin et al., 1980) Chittleborough (1975) รายงานว่าถ้าลดปริมาณอาหารจะทำให้การเจริญเติบโตและจำนวนครั้งของการลอกคราบลดลง

ตารางที่ 7 ระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งก้ามกราม ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส

น้ำหนักกุ้ง (กรัม)	จำนวนวันระหว่างการลอกคราบ
2-6	9.0
6-10	13.5
11-15	17.0
16-20	18.5
21-25	20.0
26-35	22.0
35-60	22-42

ที่มา: ยนต์ (2529)

ก่อนการลอกคราบพบว่ากุ้งไม่กินอาหาร ไม่เคลื่อนไหว ตาขุ่นมัว มีเยื่อขาวๆ ปกคลุม และพบการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของเปลือกหุ้มขนและขนที่เกิดขึ้นภายใน เปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองปนน้ำตาลอ่อน ลำตัวมีรอยขีดข่วน และจะลอกคราบภายใน 1 หรือ 2 วัน (Peebles, 1977) โดยการลอกคราบของกุ้งแต่ละครั้งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและจะสมบูรณ์ภายในไม่ถึง 10 นาที (Ling, 1969) และพบว่ากุ้งวัยอ่อนจะลอกคราบประมาณ 12-13 ครั้ง (อายุประมาณ 45-60วัน) (บรรจง, 2521)

กากเหลือจากบ่อแก๊สชีวภาพ

กระบวนการหมักแบบสุญญากาศเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ ส่วนของน้ำมูลหมักเมื่อนำมาผ่านลานแยกตะกอนจะได้ส่วนของกากตะกอนที่ตากแห้งมีธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้ ดังตารางที่ 8 และมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นปุ๋ยสำหรับการปลูกพืชไร่ และพืชผักแต่เนื่องจากองค์ประกอบที่มีอยู่ยังมีธาตุอาหารที่เหมาะสมจึงเหมาะในการนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารเพื่อใช้ในการเลี้ยงกุ้งได้ (วีระพันธ์, 2543)

กากเหลือจากบ่อแก๊สชีวภาพมีส่วนประกอบของไนโตรเจนค่อนข้างสูงซึ่งนอกจากจะนำไปใช้ในการเป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ในการเพาะปลูกพืชหรือขายส่งให้กับเกษตรกรที่มีแปลงปลูกพืชซึ่งราคาที่ขายได้อยู่ประมาณ 0.5–1 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้น แนวทางการเพิ่มมูลค่าให้กากเหลือจากบ่อแก๊ส

ชีวภาพนั้นจึงเป็นหัวข้อที่น่าสนใจโดยการนำเอากากเหลือจากการหมักมูลสุกรมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ตัวหนึ่งก็จะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับฟาร์มสุกร และช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และเป็นองค์ความรู้ใหม่ในด้านอาหารและการเลี้ยงกุ้งด้วย (วีระพันธ์, 2543)

ตารางที่ 8 ส่วนประกอบทางเคมีธาตุอาหารของกากเหลือจากบ่อแก๊สชีวภาพ

ธาตุสารอาหาร	เปอร์เซ็นต์ปริมาณธาตุสารอาหาร
ไนโตรเจน (N)	2.60
ฟอสฟอรัส ออกไซด์ (P_2O_5)	0.49
โพแทสเซียม ออกไซด์ (K_2O)	0.25
เหล็ก (Fe)	0.18
สังกะสี (Zn)	0.21
ทองแดง (Cu)	0.15
แมงกานีส (Mn)	0.06

ที่มา: (วีระพันธ์, 2543)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แบ่งเป็น 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 ศึกษาปริมาณการใช้กากเหลือไบโอแก๊สที่เหมาะสมในการทดแทนแหล่งโปรตีนสำหรับเลี้ยงกุ้งก้ามกราม และการทดลองที่ 2 เพื่อศึกษาการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สที่ปริมาณต่างกัน อาหารทดลองมีโปรตีนในอาหาร 26.7-27.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนผสมวัตถุดิบของสูตรอาหารดังใน ตารางที่ 9

การทดลองที่ 1 ศึกษาปริมาณการใช้กากเหลือไบโอแก๊สที่เหมาะสมในการทดแทนแหล่งโปรตีนสำหรับเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatments) ตามอัตราส่วนผสมวัตถุดิบของแต่ละสูตรอาหาร ในแต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ (Replications) ดังนี้

ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 3 การเตรียมกระชังในบ่อทดลอง

ตารางที่ 9 อัตราส่วนผสมวัตถุดิบสูตรอาหารในการผลิตอาหาร 100 กิโลกรัม

	โปรตีน 26.7-27.4 เปอร์เซ็นต์			
วัตถุดิบอาหาร	การทดลอง (T1)	การทดลอง (T2)	การทดลอง (T3)	การทดลอง (T4)
กากเหลือไบโอแก๊ส	-	10.00	20.00	30.00
ปลาป่น	40.00	39.00	37.00	35.00
น้ำมันปลา	2.00	2.00	2.00	2.00
น้ำมันตับปลา	1.00	1.00	1.00	1.00
ข้าวโพดป่น	13.00	10.00	8.00	3.00
ปลายข้าว	15.00	13.00	9.00	7.00
รำ	25.00	21.00	19.00	18.00
พีมิกซ์	1.75	1.75	1.75	1.75
ไลซิน	1.50	1.50	1.50	1.50
เมทไทโอนิน	0.75	0.75	0.75	0.75
รวม	100	100	100	100

2. วิธีทำอาหารทดลอง

นำส่วนผสมวัตถุอาหารมาชั่งน้ำหนักตามที่กำหนด (ตารางที่ 9) ผสมให้เข้ากันเติมน้ำพอประมาณ หลังจากนั้นนำมาอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์ แล้วนำไปผึ่งไว้ในที่ร่ม เพื่อลดความชื้น เป็นระยะเวลา 1 วัน ชั่งอาหารทดลอง เก็บไว้ในถุงพลาสติก ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3. การเตรียมตัวอย่างกุ้งก้ามกรามและบ่อดิน

3.1 การเตรียมกระชังในบ่อดิน

ทำการเตรียมกระชังโดยใช้อวนมุ้งฟ้าทำกระชังสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 3x3x1.5 ลูกบาศก์เมตร ติดตั้งกระชังโดยแขวนกระชังติดกับไม้ไผ่ เป็นจำนวน 16 กระชังในบ่อดินขนาด 15x20x2 ลูกบาศก์เมตร

3.2 การเตรียมตัวอย่างกุ้งก้ามกราม

ทำการเตรียมกุ้งก้ามกรามอายุ 1 เดือนที่มีขนาดใกล้เคียงกัน 1.0±0.5 กรัม ปล่อยในอัตรา 100 ตัวต่อกระชัง เพื่อทำการทดลอง ให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ ต่อน้ำหนักตัวใน 30 วันแรก และ 5 เปอร์เซ็นต์ หลังจาก อายุ 30 วัน ให้อาหาร วันละ 2 ครั้ง แล้วบันทึกการให้อาหาร

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลในแต่ละหน่วยการทดลองทุกๆ 20 วันทำการสุ่มวัดน้ำหนัก เพื่อทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตโดยประเมินจากการกินอาหารที่ให้ และนำไปคำนวณหาค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) อัตราการรอดตาย และผลผลิตเฉลี่ย ดังสูตรต่อไปนี้:

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน)} = \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)}}{\text{ระยะเวลา (วัน)}}$$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้ทั้งหมด (กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักกุ้งก้ามกรามสุดท้าย-น้ำหนักกุ้งก้ามกรามเริ่มต้น (กิโลกรัม)}}$$

$$\text{อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนกุ้งที่รอดตายทั้งหมดในบ่อทดลอง (ตัว)} \times 100}{\text{จำนวนกุ้งที่ปล่อยทั้งหมด(ตัว)}}$$

$$\text{ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อกระชัง)} = \frac{\text{น้ำหนักกุ้งที่จับได้แต่ละกระชัง 4 กระชัง (กิโลกรัม)}}{\text{จำนวนกระชัง 4 กระชัง}}$$

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์อาหารแบบประมาณ (Proximate Analysis)

หลังจากผลิตสูตรอาหาร แล้วนำมาทำการวิเคราะห์อาหารแบบประมาณ โดยวัดค่า ต่างๆ ดังนี้

1. ความชื้น (Moisture) โดยใช้วิธีดัดแปลงจาก AOAC 1990 และ ISO 6496 Moisture in Animal Feed

2. โปรตีนหยาบหรือโปรตีนรวม (Crude Protein) โดยใช้วิธี Kjeldhal Method

3. ไขมันรวมหรือสิ่งที่สกัดได้ในไขมัน (Crude Fat หรือ Ether Extract) โดยใช้วิธีดัดแปลงจาก AOAC 2000

4. เยื่อใย (Crude Fiber) โดยใช้วิธีดัดแปลงจาก AOAC 2000 และ ISO 6865 Semi-automatic Method

5. เถ้าถ่านหรือแร่ธาตุ (Ash หรือ Minerals) โดยใช้วิธี Muffern Furnace

การตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

ตรวจวัดปัจจัยคุณภาพน้ำ ทางเคมี และทางชีวภาพ ในแต่ละหน่วยทดลอง ทุกๆ 20 วันต่อครั้ง ได้แก่:

1. อุณหภูมิน้ำ โดยใช้ Thermometer (TOA multimeter รุ่น WQC-22A)
2. ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยใช้ TOA multimeter รุ่น WQC-22A
3. ค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้ pH meter (TOA multimeter รุ่น WQC-22A)
4. ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส โดยวิธี Stannous chloride method
5. ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน โดยวิธี โดยวิธี Phenate method
6. ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน โดยวิธี Diazotizing colorimetric method
7. ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน โดยวิธี Phenoldisulfonic acid

ต้นทุนการผลิต

ต้นทุนการผลิตหรือข้อมูลทางด้านผลตอบแทน นำต้นทุนการผลิตกุ้งก้ามกรามของแต่ละชุดการทดลองมาวิเคราะห์คำนวณหาต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด

การทดลองที่ 2 ศึกษาการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณต่างกัน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatments) ตามอัตราส่วนผสมวัตถุดิบของแต่ละสูตรอาหารในแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (Replications) ดังนี้:

ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์

1 การเตรียมกุ้งก้ามกราม

ทำการเตรียมกุ้งก้ามกรามอายุ 3 เดือนที่มีขนาดใกล้เคียงกันปล่อยในอัตราส่วน 1 ตัวต่อตะกร้าเพื่อทำการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน โดยการชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของกุ้งในแต่ละหน่วยการทดลองให้อาหาร 10 เปอร์เซ็นต์ ต่อน้ำหนักตัว ให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน

ภาพที่ 4 บ่อการทดลองกุ้งลอกคราบ

2. การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลในแต่ละหน่วยการทดลองทุกวัน เพื่อทำการเก็บข้อมูลการติดตามการลอกคราบของแต่ละชุดการทดลองเพื่อนำมาวิเคราะห์

3. การตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

- อุณหภูมิน้ำ โดยใช้ Thermometer (TOA multimeter รุ่น WQC-22A)
- ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยใช้ TOA multimeter รุ่น WQC-22A
- ค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้ pH meter (TOA multimeter รุ่น WQC-22A)
- ความขุ่น โดยใช้ TOA multimeter รุ่น WQC-22A

4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะนำมาวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window เปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละหน่วยทดลองด้วยวิธีการของ Duncan's multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 4
ผลการวิจัย

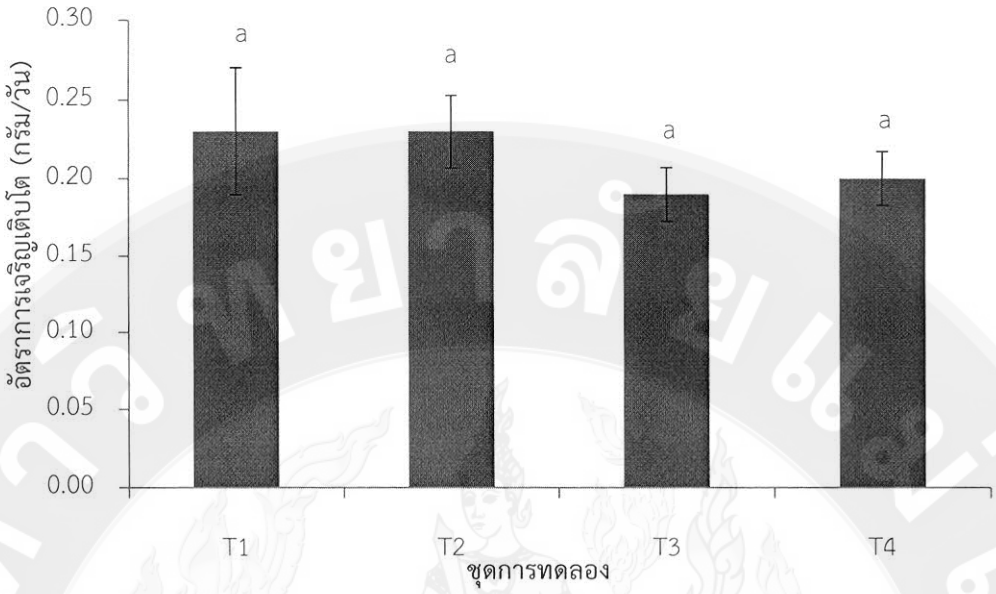
การทดลองที่ 1 การพัฒนาสูตรอาหารโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊ส

การพัฒนาสูตรอาหารโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatments) มีโปรตีนในอาหาร 26.7-27.4 เปอร์เซ็นต์ คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์

1. ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโต

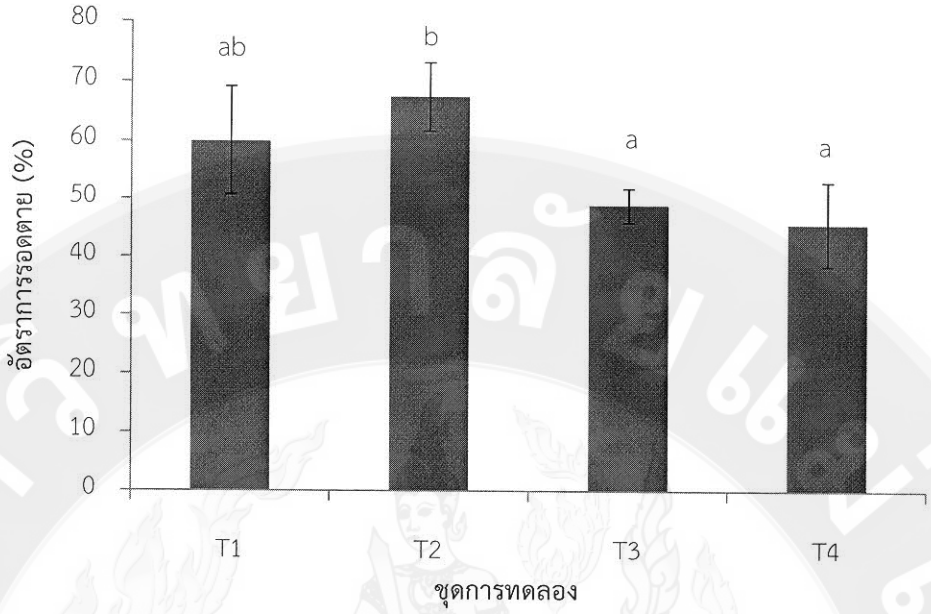
1.1 น้ำหนักสุดท้าย จากการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในกระชังที่เลี้ยงโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเลี้ยงผ่านไป 80 วัน พบว่า กุ้งก้ามกรามมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 18.13±23.4, 18.33±15.2, 15.45±15.2 และ 15.65±14.8 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

1.2 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน จากการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในกระชังที่เลี้ยงโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์, ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเลี้ยงผ่านไป 80 วัน พบว่า กุ้งก้ามกรามมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเฉลี่ย 0.23±0.04, 0.23±0.02, 0.19±0.02 และ 0.20±0.02 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 5 โดยพบว่ากุ้งก้ามกรามในกระชังที่เลี้ยงโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเฉลี่ยสูงสุด 0.23±0.02 และ 0.23±0.04 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 11)



ภาพที่ 5 อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของกุ้งก้ามกรามในบ่อดินที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณที่ต่างกัน

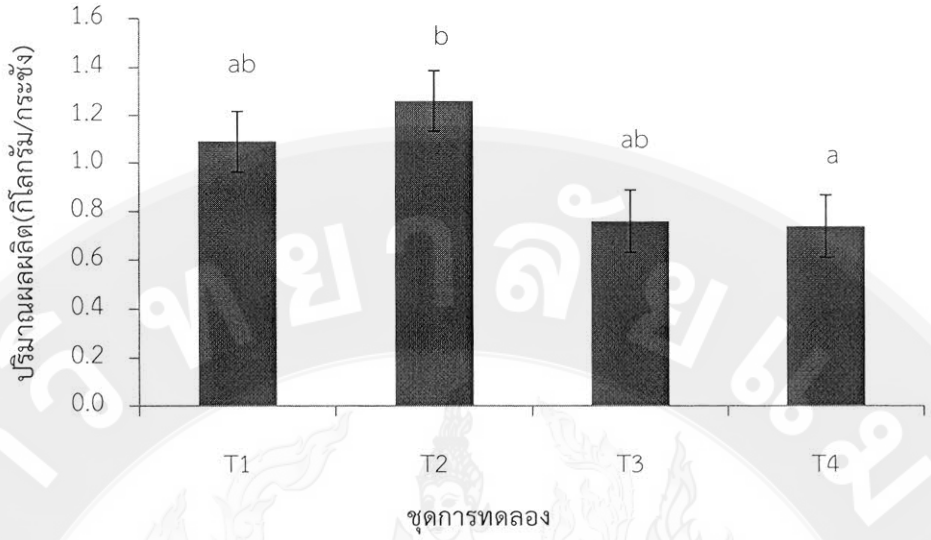
1.3 อัตราการรอด จากการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในกระชังที่เลี้ยงโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์, ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเลี้ยงผ่านไป 80 วัน พบว่า กุ้งก้ามกรามมีอัตราการรอดเฉลี่ย 60.00±9.20, 67.50±5.70, 49.00±2.9 และ 45.75±7.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังภาพที่ 6 โดยพบว่า กุ้งก้ามกรามในชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดเฉลี่ยสูงสุด 67.50±5.70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)



ภาพที่ 6 อัตราการรอดตาย ของกุ้งก้ามกรามในบ่อดินที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณที่ต่างกัน

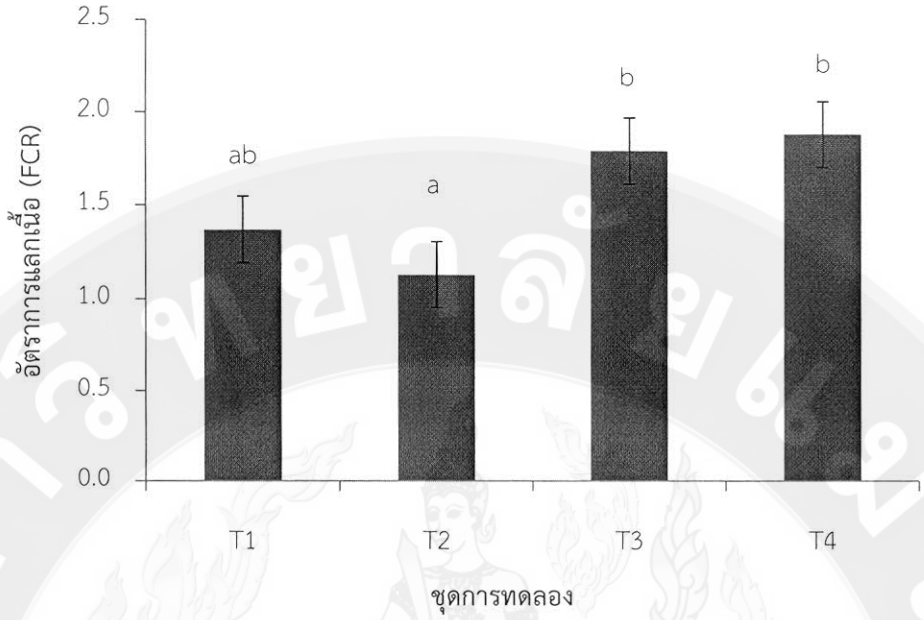
2. ผลการศึกษาปริมาณผลผลิตและอัตราการแลกเนื้อ

2.1 ปริมาณผลผลิต จากการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในกระชังที่เลี้ยงโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเลี้ยงผ่านไป 80 วัน พบว่า กุ้งก้ามกรามให้ผลผลิต 1.09±0.29, 1.26±0.22, 0.76±0.09 และ 0.70±0.03 กิโลกรัมต่อกระชัง ตามลำดับ ดังภาพที่ 7 โดยพบว่า กุ้งก้ามกรามในชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตสูงสุด 1.26±0.22 กิโลกรัมต่อกระชัง ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)



ภาพที่ 7 ปริมาณผลผลิต ของกุ้งก้ามกรามในบ่อดินที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณที่ต่างกัน

2.2 อัตราการแลกเนื้อ (FCR) จากการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในกระชังที่เลี้ยงโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเลี้ยงผ่านไป 80 วัน พบว่า กุ้งก้ามกรามมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.37±0.27, 1.13±0.21, 1.79±0.22 และ 1.88±0.09 ตามลำดับ ดังภาพที่ 8 โดยพบว่า กุ้งก้ามกรามในชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุด 1.13±0.21 ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)



ภาพที่ 8 อัตราการแลกเนื้อ (FCR) ของกุ้งก้ามกรามในบ่อดินที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณที่ต่างกัน

ตารางที่ 10 แสดงน้ำหนักกุ้งก้ามกรามในกระชังที่เลี้ยงโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกรามตามระยะเวลา

ชุดการทดลอง	ระยะเวลา (วัน)				
	0	20	40	60	80
T1	1.00±0.5[a]	2.41±0.41[a]	8.07±0.65[a]	17.21±1.45[a]	18.13±3.17[a]
T2	1.00±0.5[a]	2.58±0.60[a]	9.19±0.45[a]	18.05±3.27[a]	18.33±1.91[a]
T3	1.00±0.5[a]	1.96±0.64[a]	6.88±0.58[a]	11.60±3.06[a]	15.45±1.73[a]
T4	1.00±0.5[a]	1.44±0.51[a]	7.11±0.30[a]	13.53±1.25[a]	15.65±1.50[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 11 ผลของอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามในกระชังที่เลี้ยงโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

ข้อมูล	ชุดการทดลอง			
	0 % (T1)	10% (T2)	20% (T3)	30% (T4)
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	1.00±0.5[a]	1.00±0.5[a]	1.00±0.5[a]	1.00±0.5[a]
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	18.13±3.17[a]	18.33±1.91[a]	15.45±1.73[a]	15.65±1.50[a]
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	0.23±0.04[a]	0.23±0.02[a]	0.19±0.02[a]	0.20±0.02[a]
อัตรารอด (เปอร์เซ็นต์)	60.00±9.20[ab]	67.50±5.70[b]	49.00±2.90[a]	45.75±7.30[a]
ผลผลิต (กิโลกรัม/กระชัง)	1.09±0.29[ab]	1.26±0.22[b]	0.76±0.09[ab]	0.70±0.03[a]
อัตราการแลกเนื้อ (FCR)	1.37±0.27[ab]	1.13±0.21[b]	1.79±0.22[a]	1.88±0.09[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3 ผลการวิเคราะห์อาหารแบบประมาณ (Proximate Analysis)

อาหารที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นอาหารแบบอัดเม็ดซึ่งประกอบไปด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณที่แตกต่างกัน (ดังตารางที่ 9)

3.1 ความชื้น จากการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของสูตรอาหารที่ใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นในอาหารเท่ากับ 14.85±0.03, 16.30±0.56, 16.85±0.34 และ17.40±0.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่า ความชื้นจากสูตรอาหารจากกากเหลือไบโอแก๊ส ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความชื้นน้อยที่สุด เท่ากับ 14.85±0.03 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้นมากที่สุด เท่ากับ 17.40±0.17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 12)

3.2 เถ้าถ่าน จากการหาเปอร์เซ็นต์เถ้าของสูตรอาหารที่ใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์, ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์

พบว่า เถ้าถ่านในอาหารเท่ากับ 12.68±0.63, 16.27±0.08, 16.29±0.42 และ 18.81±0.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่า ปริมาณเปอร์เซ็นต์เถ้าถ่านในชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเปอร์เซ็นต์เถ้าถ่านน้อยที่สุด เท่ากับ 12.68±0.63 เปอร์เซ็นต์ และการชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์เถ้าถ่านมากที่สุด 18.81±0.92 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

3.3 ไขมัน จากการหาเปอร์เซ็นต์ไขมันของสูตรอาหารที่ใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์, ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ไขมันในอาหาร เท่ากับ 7.28±6.45, 6.78±0.11, 6.45±0.21 และ 6.22±0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยที่ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ไขมันน้อยที่สุด 7.28±6.45 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ไขมันมากที่สุด 14.85±0.03 เปอร์เซ็นต์ และ ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 12)

3.4 เยื่อใย จากการหาเปอร์เซ็นต์เยื่อใยของสูตรอาหารที่ใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์, ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เปอร์เซ็นต์เยื่อใยในอาหารทดลองมีค่าเท่ากับ 5.94±0.67, 11.08±2.05, 11.42±1.44 และ 13.44±2.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยน้อยที่สุด 5.94±0.67 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยมากที่สุด 13.44±2.03 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าชุดการทดลอง T1 มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับชุดการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 12)

3.5 โปรตีน จากการหาเปอร์เซ็นต์โปรตีนของสูตรอาหารที่ใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ พบเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร เท่ากับ 27.4, 27.4, 27.1 และ 26.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่า เปอร์เซ็นต์ในชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนมากที่สุด

27.4±0.17 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนน้อยที่สุด 26.7 ±0.14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ในชุดการทดลองทั้ง (ตารางที่ 12)

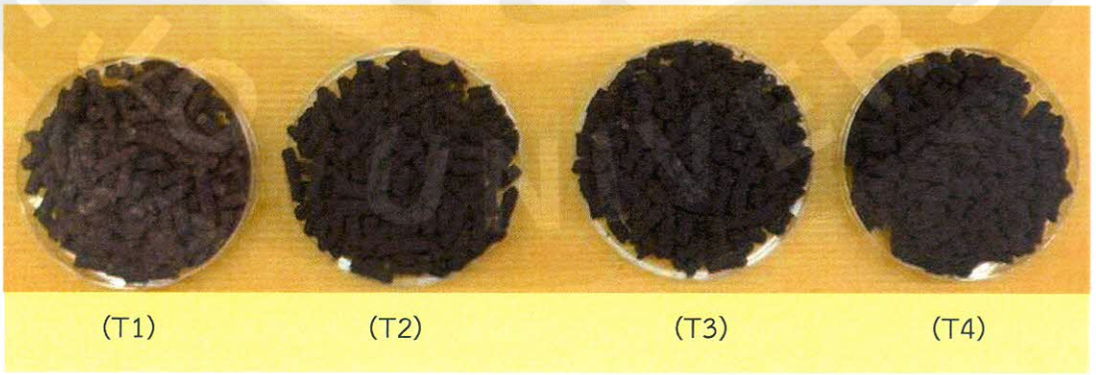
3.6 พลังงาน จากการหาพลังงาน ของสูตรอาหารที่ใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า พลังงานในอาหาร เท่ากับ 302.52, 259.30, 254.01 และ 232.50 Kcal/g ตามลำดับ โดยพบว่า ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงานมากที่สุด 302.52 Kcal/g และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงานน้อยที่สุด 232.50 Kcal/g (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ผลของการวิเคราะห์อาหารแบบประมาณ (Proximate Analysis) โดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

ชุดการทดลอง	ความชื้น	เถ้า	ไขมัน	เยื่อใย	โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	พลังงาน (Kcal/g)
T1	14.85±0.03[a]	12.68±0.63[b]	7.28±6.45[a]	5.94±0.67[b]	27.4±0.17[a]	302.52*
T2	16.30±0.56[a]	16.27±0.08[ab]	6.78±0.11[a]	11.08±2.05[a]	27.4 ±0.05[a]	259.30*
T3	16.85±0.34[a]	16.29±0.42[ab]	6.45±0.21[a]	11.42±1.44[a]	27.1±0.04[a]	254.01*
T4	17.40±0.17[a]	18.81±0.92[a]	6.22±0.12[a]	13.44±2.03[a]	26.7 ±0.14[a]	232.50*

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

* คำนวณจากโปรตีนโดยใช้ Excel



ภาพที่ 9 ลักษณะอาหารทดลองที่ใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกัน

3. ผลการตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

จากการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในกระชังที่เลี้ยงโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเลี้ยงผ่านไป 80 วัน พบว่า อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 30.12±1.94-30.12±1.94 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย 5.30±0.44-5.83±1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ย 7.37±0.09-7.59±0.06 ปริมาณแอมโมเนีย มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.55±0.26-0.57±0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์ ในทุกชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.00±0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรท มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.01±0.01-0.02±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส พบมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.04±0.01-0.06±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของกุ้งก้ามกรามในบ่อดินที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณที่ต่างกัน

พารามิเตอร์	ชุดการทดลอง			
	T1	T2	T3	T4
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	30.12±1.94[a]	30.12±1.92[a]	30.47±2.16[a]	30.55±2.16[a]
ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลิกรัมต่อลิตร)	5.72±1.18[a]	5.83±1.25[a]	5.36±1.48[a]	5.48±1.29[a]
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	7.37±0.09[a]	7.44±0.12[a]	7.45±0.15[a]	7.59±0.06[a]
ปริมาณแอมโมเนีย (มิลิกรัมต่อลิตร)	0.55±0.26[a]	0.57±0.25[a]	0.56±0.22[a]	0.56±0.25[a]
ปริมาณไนไตรท์ (มิลิกรัมต่อลิตร)	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]
ปริมาณไนเตรท (มิลิกรัมต่อลิตร)	0.01±0.01[a]	0.01±0.00[a]	0.01±0.01[a]	0.02±0.01[ab]
ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลิกรัมต่อลิตร)	0.04±0.01[a]	0.04±0.01[a]	0.04±0.01[a]	0.06±0.02[b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ใช้แตกต่างในแถวแนวนอนแสดงความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4. ต้นทุนการผลิตอาหารโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊ส

ต้นทุนการผลิตในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในกระชังโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนแตกต่างกันเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนสำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ต้นทุนการผลิตแต่ละชุดการทดลองเท่ากับ 24.4, 23.19, 21.63 และ 20.16 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าชุดการทดลอง ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีส่วนผสมของกากเหลือไบโอแก๊สมีต้นทุนการผลิตสูงที่สุด และลดลงมาตามลำดับ (ตารางที่ 14) และเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสำเร็จรูปกุ้งก้ามกรามกับอาหารที่ผลิตจากกากเหลือก๊าซชีวภาพ พบว่า อาหารสำเร็จรูปมีราคาแพงกว่ากิโลกรัมละ 28-30 บาท

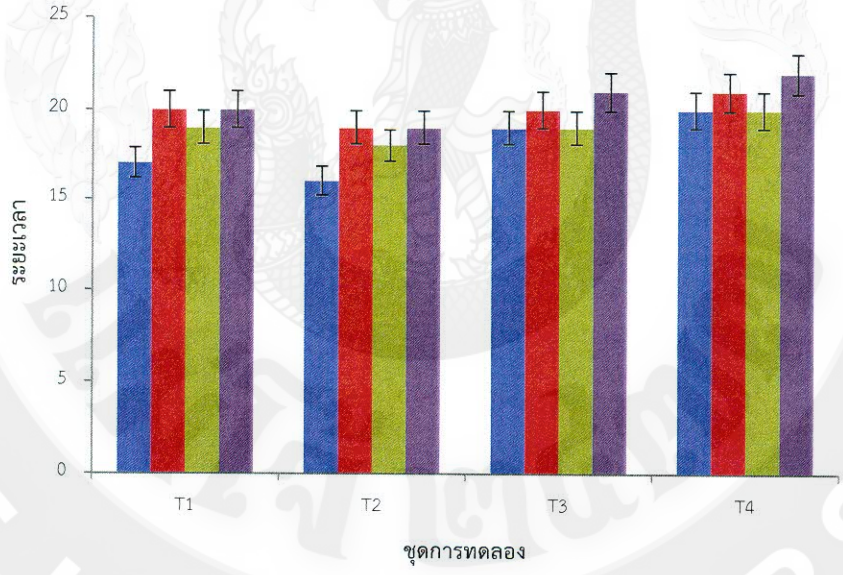
ตารางที่ 14 อัตราส่วนของอาหารและมูลค่าของอาหารแต่ละสูตร (100 กิโลกรัม)

วัตถุดิบ	ราคาต่อหน่วย	T1		T2		T3		T4	
		จำนวน (กิโลกรัม)	มูลค่า (บาท)	จำนวน (กิโลกรัม)	มูลค่า (บาท)	จำนวน (กิโลกรัม)	มูลค่า (บาท)	จำนวน (กิโลกรัม)	มูลค่า (บาท)
กากเหลือ (biogas)	1	-	0.00	10	2.5	20	5.0	30	7.5
ปลาป่น	34	40	340.00	39	331.5	37	314.5	35	297.5
น้ำมันปลา	30	2	15.00	2	15.0	2	15.0	2	15.0
น้ำมันตับปลา	140	1	35.00	1	35.0	1	35.0	1	35.0
กากข้าวโพด	10	13	32.5	10	25.0	8	20.0	3	7.5
ปลายข้าว	15	15	56.3	13	48.8	9	33.8	7	26.3
รำ	9	25	56.3	21	47.3	19	42.8	18	40.5
แอล-ไลซีน	70	1.5	26.3	1.5	26.3	1.5	26.3	1.5	26.3
เมทไธโอนีน	130	0.75	24.4	0.75	24.4	0.75	24.4	0.75	24.4
พรีมิกซ์ (premix)	55	1.75	24.1	1.75	24.1	1.75	24.1	1.75	24.1
รวม		**100**	**2438.75**	**100**	**2318.75**	**100**	**2162.75**	**100**	**2015.75**
ราคาต่อกิโลกรัม			**24.4**		**23.2**		**21.6**		**20.2**

การทดลองที่ 2 ศึกษาการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณต่างกัน

1. ศึกษาการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณต่างกัน

จากการศึกษาการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณต่างกันเลี้ยงในตะกร้าบ่อซีเมนที่อุณหภูมิ 32.2 องศาเซลเซียส และแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 16.7, 16.5 1, 16.2 และ 16.9 กรัม ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงผ่านไป 90 วัน พบว่า มีรอบการลอกคราบแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดย T1, T2, T3 และT4 มีรอบการลอกคราบเฉลี่ยดังนี้: 19±0.82, 18±0.82, 19.8±0.55 และ 20.8±0.55 วันต่อครั้ง ตามลำดับ (ตารางที่ 15)



ภาพที่ 11 แสดงการลอกคราบกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณต่างกัน ระยะเวลา 90 วัน

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามในบ่อซีเมนต์ที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณที่ต่างกัน

ชุดการทดลอง	จำนวนวันลอกคราบ (วันต่อครั้ง)
T1	19±0.82[ab]
T2	18±0.82[a]
T3	19.8±0.55[ab]
T4	20.8±0.55[b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ใช้แตกต่างในแถวแนวตั้งแสดงความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2. ผลการตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

จากการตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อทดลองการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณต่างกัน โดยเลี้ยงในตะกร้าและแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเลี้ยงผ่านไป 90 วัน พบว่า อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.2±0.05 องศาเซลเซียส ความขุ่นของน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.8±0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.23±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.44±0.01 (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของกุ้งก้ามกรามในบ่อซีเมนต์ที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณที่ต่างกัน

พารามิเตอร์	บ่อซีเมนต์เลี้ยงกุ้งก้ามกราม
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	33.2
ความขุ่น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	24.8
ค่าออกซีเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (มิลลิกรัมต่อลิตร)	6.23
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.44

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ 1: ศึกษาปริมาณการใช้กากเหลือไบโอแก๊สที่เหมาะสมในการทดแทนแหล่งโปรตีนสำหรับเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

จากการพัฒนาการใช้กากเหลือไบโอแก๊สเพื่อเป็นวัตถุดิบต้นทุนต่ำในอาหารกุ้งก้ามกราม พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอด และผลผลิตเฉลี่ย ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มให้ผลเฉลี่ยดีที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับ ชุดควบคุม และมีความแตกต่างกับชุดการทดลอง T3 และ T4 ($P<0.05$) ดังนั้นการใช้กากเหลือไบโอแก๊ส สามารถใช้เป็นวัตถุดิบผสมในอาหารกุ้งได้ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ระดับที่เหมาะสมนี้ทำให้ต้นทุนถูกกว่าชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ นิวุฒิ (2557) ที่ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาสูตรอาหารปลา และเทคนิคการเลี้ยงปลาแบบผสมผสานเพื่อสร้างอาชีพในชุมชนรอบโรงไฟฟ้าเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล พบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากเหลือไบโอแก๊ส 10 เปอร์เซ็นต์ ให้อัตราการเจริญเติบโตที่ดี และไม่มีความแตกต่างจากการเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป มีอัตราการรอดสูง และให้ผลผลิตของปลาดีที่สุด สาเหตุที่อาหารทดลองทำให้กุ้งก้ามกรามโตขึ้น อาจเป็นเพราะว่ากุ้งก้ามกรามสามารถย่อยโปรตีนจากกากเหลือได้ดี ระบบน้ำย่อยในกุ้งสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ประทักษ์, 2547) Lovell (1989) พบว่า การเสริมฟอสโฟลิปิดส์ 1 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารของกุ้ง *Penaeus japonicus* สามารถเพิ่มการเจริญเติบโต และอัตราการรอดได้ดี ส่วนงานวิจัยของ Craig (2000) กล่าวว่ากุ้งมีความต้องการฟอสโฟลิปิดส์ 1-1.5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเร่งการเจริญเติบโต จากการวิจัยครั้งนี้ คาดว่ามีฟอสโฟลิปิดส์ ซึ่งได้จากเซลล์ของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการหมักกากเหลือไบโอแก๊สทำให้มีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตได้ เซลล์ของจุลินทรีย์ยีสต์มีองค์ประกอบฟอสโฟลิปิดส์ปริมาณ 1.27 เปอร์เซ็นต์ Craig (2000) และจากการวิจัยนี้ ที่ใช้โปรตีน 26.7-27.4 เปอร์เซ็นต์ กุ้งก้ามกรามสามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lovell (1989) กล่าวว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งอยู่ระหว่าง 26-60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสิ่งที่ทำให้ระดับความต้องการโปรตีนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด คุณภาพของโปรตีน อัตราการกิน รวมไปถึงอาหารธรรมชาติที่อยู่ในบ่อ

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าถ้ายิ่งเติมกากเหลือไบโอแก๊สปริมาณมากยิ่งทำให้กุ้งมีอัตราการรอด ผลผลิต และอัตราการแลกเนื้อไม่ดีซึ่งอาจเป็นเพาะว่าการคงตัวของอาหารไม่เหนียวพอเพาะยิ่งเติมกากเหลือไบโอแก๊สมากเท่าไหร่สารเหนียวยิ่งลดลง (ปลายข้าว) สารเหนียวสำคัญมากถ้าทำอาหาร

ไม่เหนียวพอกุ้งจะลำบากในการกินที่ต้องใช้ครีบจับอาหาร ดังนั้นควรเติมกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณที่เหมาะสมคือ 10 เปอร์เซ็นต์

ต้นทุนการผลิตในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในกระชังโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในอัตราส่วนที่แตกต่างกันพบว่าต้นทุนการผลิตแต่ละชุดการทดลองเท่ากับ 24.4, 23.19, 21.63 และ 20.16 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าชุดการทดลอง T1 ซึ่งไม่มีส่วนผสมของกากเหลือไบโอแก๊สมีต้นทุนการผลิตสูงที่สุด และลดลงตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสำเร็จรูปกุ้งก้ามกรามพบว่า อาหารสำเร็จรูปมีราคาแพงกว่า กิโลกรัมละ 28-30 บาทอาหารที่ผลิตจากกากเหลือไบโอแก๊ส จากการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ากากเหลือไบโอแก๊สสามารถใช้เป็นวัตถุดิบต้นทุนต่ำ และในอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 10 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด (26.20 บาทต่อกุ้ง 1 กิโลกรัม)

ผลการทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหารที่เสริมกากเหลือไบโอแก๊สต่อการลอกคราบของกุ้งก้ามกราม

จากการศึกษาผลของอาหารที่เสริมกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณต่างกันเลี้ยงในตะกร้าบ่อซีเมนต์ที่อุณหภูมิ 32.2 องศาเซลเซียส และแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 16.7, 16.5 1, 16.2 และ 16.9 กรัม ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงผ่านไป 90 วัน พบว่ามีรอบการลอกคราบแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดย T1, T2, T3 และT4 มีรอบการลอกคราบเฉลี่ยดังนี้: 19±0.82, 18±0.82, 19.8±0.55 และ 20.8±0.55 วันต่อครั้ง ตามลำดับ T2 ใช้เวลาในการลอกคราบได้ดีกว่าเป็นเพาะว่ากากเหลือไบโอแก๊สสามารถช่วยทำให้กุ้งก้ามกรามลอกคราบได้ดีที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อาหารมีความพอดีทั้งเรื่องสารเหนียวทำให้อาหารมีความคงทานในน้ำได้ดีกว่าและกุ้งสามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้หมด

ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ยนต์ (2529) กล่าวว่ากุ้งก้ามกรามที่มีน้ำหนักระหว่าง 16-20 กรัม จะมีจำนวนรอบวันการลอกคราบเฉลี่ยอยู่ที่ 18.5 วันต่อครั้ง

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย

1. จากการทดลองใช้กากเหลือไบโอแก๊สเพื่อเป็นวัตถุดิบต้นทุนต่ำในอาหารกุ้งก้ามกราม คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ อาหารทดลองมีโปรตีน 26.7-27.4 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาทดลอง 80 วัน พบว่า กุ้งก้ามกรามในทุกชุดการทดลองให้ผลอัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ส่วนอัตราการรอด ผลผลิตเฉลี่ย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลเฉลี่ยดีที่สุด ซึ่งแตกต่างกับชุดการทดลอง T3 และ T4 (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับชุดควบคุม ต้นทุนการผลิต T2 ถูกกว่า T1 ดังนั้นการใช้กากเหลือไบโอแก๊สสามารถใช้เป็นวัตถุดิบผสมในอาหารกุ้งก้ามกรามได้ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์

2. จากการศึกษาการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามโดยใช้กากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณที่ต่างกัน คือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม ไม่ผสมกากเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T2 ผสมกากเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลอง T3 ผสมกากเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ และชุดการทดลอง T4 ผสมกากเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ อาหารทดลองมีโปรตีน 26.7-27.4 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงในตะกร้า ระยะเวลาทดลอง 90 วัน พบว่า กุ้งก้ามกรามในชุดการทดลอง T2 มีผลการลอกคราบเฉลี่ยดีที่สุด (P<0.05) คือ 18±0.82 วัน รองลงมาคือ ชุดการทดลอง T1 ชุดควบคุม 19±0.82 วัน ชุดการทดลอง T3 19.8±0.55 วัน และชุดการทดลอง T4 20.8±0.55 วัน ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบการย่อยของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณที่แตกต่างกัน
2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยกากเหลือไบโอแก๊สในปริมาณที่แตกต่างกัน
3. ควรคำนึงถึงสารเหนียวนาหารกุ้งก้ามกรามเพื่อให้อาหารมีความคงทน

บรรณานุกรม

กรมประมง. 2555. **กองโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กคพ) โครงการฯ ในพระบาทสมเด็จ พระเจ้าอยู่หัวฯ ภูมิพลอดุลยเดชมหาราช ครั้งที่ 2.** กรุงเทพฯ: ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง.

กรมประมง. 2546. **สรุปข้อมูลประมาณการปริมาณสัตว์น้ำ ปี 2545.** กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง ศูนย์สารสนเทศ. กรุงเทพฯ: กรมประมง กระทรวงเกษตร และสหกรณ์.

จารุวัฒน์ นภีตภัฎ และ สมนึก กบิลรัมย์. 2530. **การบริโภคออกซิเจนเปรียบเทียบของกุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon Fabricius* ที่ถูกบีบตาและตาปกติ.** กรุงเทพฯ: เอกสารวิชาการฉบับที่ 13/2530 สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดระยอง กรมประมง.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ พรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547. **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: สนับสนุนการจัดการพิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อเฉลิมพระเกียรติ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิม พระชนมพรรษา บริษัทเมจิค พับบลิเคชั่น จำกัด.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ นิติ ชูเชิด. 2547. **เรื่อง การวิจัยเพื่อแก้ปัญหาอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งของประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: โรงแรมมิราเคิลแกรนด์.

ชูชาติ ชัยรัตน์ และประวิทย์ อินทรโชติ. 2515. **การศึกษาอาหารในกระเพาะของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* De Man). ในทะเลสาบสงขลา.** กรุงเทพฯ: รายงานประจำปี 2515. สถานีประมงทะเลสาบสงขลา กรมประมง.

ชาญยุทธ คงภิรมณ์ชื่น. 2533. **คู่มือปฏิบัติการคุณภาพน้ำทางการประมง.** กรุงเทพฯ: คณะเกษตรศาสตร์ บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ชลบุรี.

ธรรมรักษ์ ละอองนวล. 2541. **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.** อุบลราชธานี คณะเกษตรและอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.

นิวุฒิ หวังชัย. 2557. **การพัฒนาสูตรอาหารปลา และเทคนิคการเลี้ยงปลาแบบผสมผสานเพื่อสร้างอาชีพในชุมชนรอบโรงไฟฟ้าเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล.** กรุงเทพฯ: รายงานผลการวิจัย การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

นันทนา คชเสนี. 2536. **คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บรรจง เทียนส่งรัศมี. 2535. **การเลี้ยงกุ้งกามกรามหลักการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม.** กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรจง เทียนส่งรัศมี. 2521 **หลักการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม**. วารส ารการประมง. กรุงเทพฯ: เกษตรศาสตร์.

ประจวบ หลำอุบล. 2527. **การพัฒนาศักยภาพของระบบการผลิตกุ้งก้ามกราม**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประสิทธิ์ เอกอุรุ. 2514. **การทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามโดยให้อาหารในอัตราส่วนต่างกัน.** กรุงเทพฯ: รายงานประจำปีของสถานีประมงจังหวัดชัยนาท กรมประมง.

ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ. 2547. **การใช้หอยเชอรี่ทดแทนปลาป่นในอาหารกุ้งก้ามกราม** *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://rdi.ku.ac.th/bk/15/index15.htm (17 มกราคม 2558).

ประเทือง เชาว์วันกลาง. 2534. **คุณภาพน้ำเพื่อการประมง.** กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

ปรากรม วุฒิพงศ์. 2537. **คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี.** กรงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมสิริ. 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางประมง.** กรุงเทพฯ: สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.

มั่นสิน ตันฑุลเวศน์. 2538. **เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม**. เล่ม 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตันฑุลเวศน์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2539. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ยนต์ มุสิก. 2529. **การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีรพงศ์ วุฒิพันธ์ชัย. 2536. **อาหารปลา**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี.

วีระพันธ์ เกียรติภักดี. 2543. **โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์**. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตู้ ป.ณ. 289 หาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50202.

สุจิต ภิญโญ และ ประสิทธ์ เอกอุรุ. 2505. **ข้อสังเกตชีวประวัติของกุ้งก้ามกราม.** กรุงเทพฯ: วารสารการประมง.

พุทธ ส่องแสงจินดา. 2557. **คู่มือการเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) แบบพัฒนา. สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล**. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง.

พุทธ ส่องแสงจินดา. 2544. **การจัดการสารประกอบไนโตรเจนและออกซิเจนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งระบบปิด.** กลุ่มวิจัยวิศวกรรมการเพาะเลี้ยงและสิ่งแวดล้อม. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทย กรมประมง สงขลา.

ไพโรจน์ พรหมานนท์ และทรงชัย สหวัชรินทร์. 2516. **การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม.** กรุงเทพฯ: เอกสารกรมประมง กรมประมง.

AOAC. 1990. **Official Method of Analysis 15th.** Edition, Association of Official Analytical Chemists Washington, D.U.S.A. pp. 52-58.

AOAC. 2000. **Official methods of analysis (17th ed.).** Gaithersburg, MD:Association of Official Analytical Chemists. Connell , J.J. 1975. Fishing New Books. Farham Surrey. p. 179.

Aquacop. 1983. **Intensive larval rearing in clear water of *Macrobrachium rosenbergii* (De man, Anuenue stock) at the centre Oceanologique du pacifique, Tahiti.** In CRC Handbook of Mariculture, *Vol.1: Crustacean Aquaculture* (Ed. by J.P. McVey and J.R. Moore). pp. 179 – 87. CRC Press, Boca Raton.

Briggs. M.R. 1991. **The performance of juvenile prawns, *Macrobrachium rosenbergii*, fed a range of carbohydrate sources in demi-purified diets.** Journal of the World Aquaculture Society. pp. 16-21.

Barros, H.P. & Valenti, W.C. 1997. **Comportamento alimentar do camarao de agua doce *Macrobrachium rosenbergii* (De men, 1879) (Crustacea, Palaemonidae) durante a fase larval: analise qualitiva.** Revista Brasileira de Zoologia . pp. 785 – 793.

Castell, JD & S.D Budson. 1974. **Lobgre nutrition: the effect on *Homarus americanus* of dietary protein levels. J. Fish.** Res Board Can pp. 1363-1370.

Clifford, H.C. & R.W. Brick. 1978. **Protein utilization in the freshwater shrimp, *Macrobrachium rosenbergii*.** Jurnal of the World Apuaculture Society pp. 195-205.

Craig, J. C. 2000. **Phospholipids in shrimp Aquafeeds.** IN 46801-1400 USA. P. 36.

D'Abramo, L.R. & Sheen, S.S. 1993. **Polyunsaturated fatty acid nutrition in juvenile freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*.** Aquaculture pp. 63-86.

D'Abramo, L.R. & New, M.B. 2000. **Nutrition, Feeds and Feeding.** In Freshwater Prawn Culture The farming of *Macrobrachium rosenbergii.* (Ed. by M.B. New and W.C. Valenti). pp. 203 – 216.

D'Abramo, L.R. Daniels, W.H., Fondren, M.W. and Brunson, M.W. 1995. **Management practices for culture of the freshwater prawn *(Macrobrachium rosenbergii)* in temperate climates.** Mississippi Agricultural and Forestry Experimental Station Techmical Bulletin No. 1030. Mississippi State University, Mississippi. P. 22.

Fujimura, T. 1972. **Development of a prawn culture industry. *Annual Report*, 8 pp., Hawaii State Division of Fish and Game Gallagher, M. and Brown, W.D. 1975. Composition of San Francisco Bay brine shrimp.** Journal of Agricultural Food Chemistry. pp. 32-630.

Ingle, R.M., & Eldred, B. 1960. **Notes on the artificial cultivation of freshwater shrimp.** West Indies Fish. Bull. pp. 1-5.

Justo, C.C., Aida, K. & Hanyu, I. 1991. **Effects of photoperiod and temperature on molting, reproduction and growth of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*.** *Nippon Suisan Gakkaishi*. pp. 17-209.

Jones, D.A., Kamarudin, M.S. & Vay, L.L. 132-993. **The potential for replacement of live feeds in larval culture.** Journal of the World Aquaculture Society. pp. 201-199.

Kanazawa, A., M. Shimaya, M. Kawasaki and K. Kashiwada. 1970. **Nutrititional reguirement of artificial diet.** Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. pp. 946-954.

Lagler, K.F. 1975. **Natural population of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man).** The workshop and International Conference on Prawn Farming, Vung Tau, Vietnam, March 27 – April 4, 1975.

Ling, S.W. 1969. **The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man).** FAO Fisheries Report. pp. 589 – 606.

Ling, S.W. & Merican, A.B.O. 1961. **Notes on the life and habits of the adults and larval stages of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man).** Proceedings of the Inde – Pacific Fisheries Council 9(2): 55 – 60. FAO, Bangkok.

Lovell, T. 1989. **Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold.** New York, USA. P. 260.

Milikin, M.R., Fortner, A.R., Fair, P.H. & Sick, L.V. 1980. **Influence of juvenile prawn (*Macrobrachium rosenbergii*).** Proceeding of the World Mariculture Society. pp. 91-328.

Molina-Vozzo, R.E., Heinen, J.M. & D'Abramo, L.R. 1995. **Supplementation of commercial feeds with beef liver for indoor nursery culture of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii.*** Journal of the World Aquaculture Society. pp. 103-106.

Mendoza, R., A. De Dios, C. Vazquez, E. Cruz, D. Ricque, C. Aguilera & J. Montemayor. 2001. **Fishmeal replacement with feather-enzymatic hydrolyzates co-extruded with soya-bean meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*).** Aquaculture Nutrition. 143-151.

New, M.B. 1998. Freshwater **Prawns : Status of Global Aquaculture, 1987.** Network of Aquaculture Centres in Asia , Bangkok, Thailand. P. 58.

New, M.B., & Valenti, W.C. 2000. **Freshwater Prawn Cultur The farming of *Macrobrachium rosenbergii.*** BlaCKWELL Science. P. 32.

Ra'anan, Z., Sagi, A., Wax, Y., Karplu, I., Hulata, G. & Kuris, A.M. 1991. **Growth, size rank, and maturation of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* : analysis of marked prawns in an experimental population.** Biological Bulletin. pp. 379-86.

Rath, G.S. & Dube, K. 1994. **Role of zinc in promoting growth and survival of *Macrobrachium rosenbergii.*** Journal of Aquaculture in the Tropics. pp. 20-209.

Reed, L. & L.R. D' Abramo. 1989. **A standard referen diet for crustacean nutrition research III. effects on weight gain and amino acid composition of whole body and tail muscle of juvenile prawn *Macrobrachium rosenbergii*.** Journal World Aquaculture Society. pp. 107-113.

Sandifer, P.A. & J.D. Joseph. 1976. **Growth responses and fatty acid composition of juvenile prawns**. Proceedings of the World Mariculture Society. pp. 231-332.

Sandifer, P. A. & T. I. J. Smith. 1977. **Intensive rearing of postlarval Malaysian prawns (*Macrobrachiumrosenbergii*) in a closed cycle nursery system.** Proceedings of the World Mariculture Society. pp. 225-235.

Shang, Y.C. & Fufimura, T. 1977. **The Production economics of Freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming in Hawaii**. Aquaculture pp. 99-110.

Skinner, D.M. 1985. **Molting and regeneration**. In the *biology of Crustacea, Vol Intergument, Pigments and Hormonal Processes*, (Ed. By D.E. Bliss & L.H. Mantel). pp. 43-146. Academic press, New York.

Teshima, S., Koshio, S., Kanazawa, A. and Oshida, K. 1994 . **Essential fatty acids of the prawn *Macrobrachium rosenbergii***. In *Proceedings of the 3rd Asian Fisheries Forum. 26-30 October 1992, Singapore,* (Ed.by L.M. Chou, A.D. Munro, T.J. Lam, T.W. Chen, L.K.K. Cheong, J.K. Ding, K.K. Hooi, H.W. Khoo, V.P.E. Phang, K.F.Shim and C.H. Tan). pp. 705-708. Asian Fisheries Society, Manila.

Watanabe, W.o. 1975. **Identification of the essential amino acids of the freshwater prawn, *Macrobrachuim rosenbergii*.** Honolulu, M.S. Tesis, University of Hawaii. pp. 38-64.

Weidenbach, R.P. 1980. **Dietary components of freshwater prawns reared in Hawaiian ponds.** IFS Provisinal Report No.9 Giant Prawn 1980 Bangkok, Thailand. pp. 149-158.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

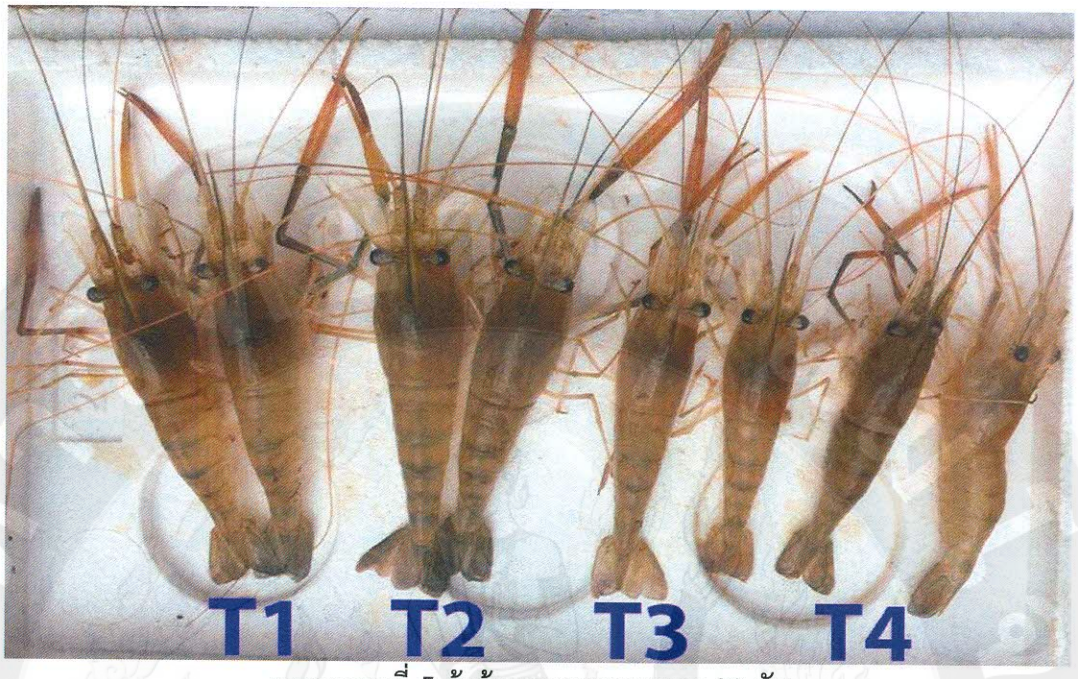
บ่อทดลองและขั้นตอนต่างๆในการทดลอง

ภาพผนวกที่ 1 การเตรียมกระชังในบ่อทดลอง

ภาพผนวกที่ 2 ลูกกุ้งก้ามกราม

ภาพผนวกที่ 3 การปล่อยลูกกุ้งก้ามกราม

ภาพผนวกที่ 4 การชั่งน้ำหนักและวัดความยาวก่อนการทดลอง



ภาพผนวกที่ 5 กุ้งก้ามกรามระยะเวลา 80 วัน

ภาพผนวกที่ 6 บ่อหมักกากเหลือไบโอแก๊ส

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen)

การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia nitrogen)

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในแหล่งน้ำเกิดขึ้นจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ เช่น โปรตีนและจากการขับถ่ายของเสียของสัตว์น้ำ แอมโมเนียในแหล่งน้ำปรากฏอยู่ 2 รูปแบบคือ NH_3 และ NH_4^+ จะเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิของแหล่งน้ำ แอมโมเนียในรูป NH_3ในปริมาณที่เข้มข้นจะเกิดโทษต่อสัตว์น้ำหลายอย่าง เช่น การระคายเคืองของเหงือก การหายใจ การขับถ่ายของเสีย ความเป็นกรด-ด่าง ในเลือดสูง รบกวนกระบวนการบางอย่างของเอนไซม์บางตัว เป็นต้น ระดับความเป็นพิษของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพแวดล้อมอื่นๆประกอบด้วย

อุปกรณ์

1. Spectrophotometer และ Cuvette
2. กระดาษกรอง
3. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น ขวดรูปชมพู่ ปิเปต

สารเคมี

1. Oxidizing solution

เตรียมสารโซเดียมโปคลอไรด์ (5%) หรือ ใช้น้ำยาฟอกสี เช่น ไฮเตอร์, คลอรอกซ์ที่มีคลอรีนประมาณ 5% จำนวน 10 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ปรับ pH ของสารละลายให้อยู่ระหว่าง 6.5-7.0 ด้วยกรดเกลือ (HCL) สารละลายนี้ควรเตรียมใหม่ทุกอาทิตย์

2. Rochelle salt solution

ละลายสาร Rochelle salt ($KNaC_4H_4O_6.4H_2O$) จำนวน 50 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วต้ม 30 นาที ทิ้งให้เย็นแล้วเติม Manganoussulphatr ($MnSO_4$) 50 มก. เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียให้ได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร

3. Phenate solution

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2.5 กรัม และฟินอล (Phenol) 10 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียให้ได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร ให้เก็บไว้ในตู้เย็น (ควรเตรียมใหม่ทุกอาทิตย์)

4. Standard ammonium chloride solution

ชั่ง NH_4Cl อบแห้ง 3.819 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายแอมโมเนียมาตรฐานที่ความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร จากนั้นดูดสารละลายมาจำนวน 5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จะได้สารละลายแอมโมเนียมาตรฐานที่ความเข้มข้น

10 มก./ลิตร จากนั้นดูดสารละลาย 15 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จะได้สารละลายแอมโมเนียมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.3 มก./ลิตร ใช้เป็น Standard ammonium chloride solution

วิธีการ

1. ดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรอง Syringe Filters จำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง (test tube)

2. ขณะที่เขย่าน้ำตัวอย่างใน หลอดทดลอง (test tube) เติมสารละลายเหล่านี้ลงในน้ำตัวอย่าง

- Rochelle salt solution 200 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน
- Oxidizing solution 250 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน
- Phenate solution 300 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 15 นาที เพื่อให้สารละลายทำปฏิกิริยาเต็มที่

4. นำไปวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่น 630 นาโนเมตร (nm)

พร้อม Reagent blank โดยใช้น้ำกลั่น และเตรียม Standard solution โดยใช้ Standard Ammonium chloride (0.3 มก./ลิตร) อย่างละ 5 มิลลิลิตร แทนน้ำตัวอย่างและเติมสารละลายในข้อ 2

5. คำนวณค่าความเข้มข้นแอมโมเนียโดยเปรียบเทียบกับสารละลายแอมโมเนียมาตรฐาน

ดังนี้ คำนวณปริมาณ Total ammonia nitrogen ด้วยสมาการ

$$\frac{C1}{A1} = \frac{C2}{A2} \quad \text{หรือ} \quad C2 = \frac{C1 \times A2}{A1}$$

C1 = ความเข้มข้นของ Total ammonia nitrogen ใน Standard solution (0.3)

C2 = ความเข้มข้นของ Total ammonia nitrogen ใน Sample

A1 = ค่า Absorbance ของ Standard solution

A2 = ค่า Absorbance ของ Sample

Solution (ความเข้มข้น 100 มิลลิลิตร NO_2-N) จำนวน 10 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร (ได้สารละลายความเข้มข้น 1.0 มิลลิลิตร NO_2-N) ใช้สารละลาย NO_2-N ที่มีความเข้มข้น 1.0 มิลลิลิตรเป็น Standard Solution เจือจางสารละลาย (ตารางผนวก 2)

ตารางผนวก 1 ระดับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโตรท์-ไนโตรเจน

ปริมาตร NO_2-N ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร	ความเข้มข้นสารละลาย NO_2-N (มก./ลิตร)	ค่า Abs ของสารละลาย NO_2-N ที่วัดได้ (มก./ลิตร)
0.00	0.00	
1.00	0.01	
2.00	0.02	
4.00	0.04	
6.00	0.06	
8.00	0.08	
10.00	0.10	
15.00	0.15	
20.00	0.20	

ปริมาตร NO_2-N ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร ต้องทำการดูดด้วย Volumetric pipet ลงใน Volumetric flask จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์สารละลายโดยวิธีการวิเคราะห์ไนไตรท์ แล้วสร้างกราฟมาตรฐาน (เลือกกราฟแบบ XY กระจาย) ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น NO_2-N (แกน X) กับค่าการดูดซับแสง (แกน Y) โดยนำเข้าสมการ Regression ลงในโปรแกรม Excel

วิธีการ

1. ตวงน้ำตัวอย่างที่กรองด้วยกระดาษกรอง 5 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง (test tube)
2. เติมสารละลาย Diazotizing Reagent 200 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. เติมสารละลาย Coupling Reagent 200 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที
4. นำไปวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่น 543 นาโนเมตร (nm) พร้อม Reagent blank โดยใช้น้ำกลั่น และเตรียม Standard solution โดยใช้ Standard Ammonium chloride ที่เจือจาง แทนน้ำตัวอย่างและเติมสารละลายในข้อ 2 และ3
5. คำนวณค่าความเข้มข้น nitrite nitrogen (NO_2-N) จากกราฟมาตรฐานที่ได้
6. แปลงค่าความเข้มข้น nitrite nitrogen (NO_2-N) ให้เป็น Nitrite (มก./ลิตร)

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen)

การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจน (Nitrate nitrogen)

ไนเตรท – ไนโตรเจน เป็นสารประกอบของไนโตรเจนที่พบมากที่สุดในลำธาร ทะเลสาบ ซึ่งจะพบในปริมาณมากหรือน้อยขึ้นกับลักษณะ และวิธีการใช้ที่ดินในทางการเกษตร เนื่องจากไนเตรทเป็นสารประกอบที่สามารถถูกชะล้างได้ง่าย เมื่อมีการไหลผ่านของน้ำบนพื้นดิน ดังนั้น ปริมาณไนเตรทจะลงสู่แหล่งน้ำมากขึ้น เมื่อมีการพังทลายของดินมาก ปริมาณของไนเตรทสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดระดับความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ โดยปกติจะมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำน้อย เมื่อเทียบกับไนไตรท์และแอมโมเนีย นอกจากนี้ไนเตรทยังมีประโยชน์ต่อพืชในการดูดซึมไปใช้ในขบวนการสร้างโปรตีนอีกด้วย ในการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ จะทำการวิเคราะห์โดยวิธีการเทียบสีกับสารประกอบมาตรฐานที่เตรียมขึ้นจากนั้นนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทต้องใช้หลักการ Reduce ไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ ก่อน โดยการผ่านน้ำตัวอย่างไปลงในคอลัมน์ที่บรรจุแคดเมี่ยมเคลือบด้วยทองแดง จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยวิธีการเดียวกับการหาปริมาณไนไตรท์

อุปกรณ์

1. Spectrophotometer และ Cuvette
2. กระดาษกรอง
3. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น ขวดรูปชมพู่ ปิเปต
4. คอลัมน์ (Reduction Column)

สารเคมี

1. Diazotizing Reagent

ชั่งสาร Sulfanilamide 5 กรัม ละลายในสารละลายกรดเกลือ โดยใช้กรดเกลือ (HCl) เข้มข้นปริมาตร 50 ml. ละลายในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

2. Coupling Reagent

ชั่งสาร N – (l - napthyl) – ethylenediamine – dihydrochloride 0.500 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา เตรียมสารละลายใหม่ทุกเดือนหรือเมื่อสารละลายเป็นสีน้ำตาล

3. NH_4Cl – EDTA Solution (เข้มข้น)
4. ชั่งสารละลาย NH_4Cl 125กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร
5. NH_4Cl – EDTA Solution (เจือจาง)

ดูดสารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เข้มข้น) 50 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น ให้เป็น 2,000 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Disodium EthyenediamineTetracetate จำนวน 0.3 กรัม ทำการปรับ pHให้ได้ 7.5 (โดยเติมสารละลาย NaOH)

6. Stock Nitrate Solution (เข้มข้น)

7. ชั่งสารละลาย KNO_3 ที่ผ่านการอบแห้ง 0.7218 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

8. Standard Nitrate Solution

ดูดสารละลาย Stock Nitrate Solution (เข้มข้น) ในข้อ 5 ด้วย volumetric pipette จำนวน 50 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 1,000 มิลลิลิตร

9. Copper sulfate 2%

10. ชั่งสารละลาย Copper sulfate จำนวน 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ 1,000 มิลลิลิต

11. กรดเกลือ (HCl) เข้มข้น 6 N

12. ผง Cadmium

วิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียมแคดเมียม (Cadmium)

นำผง Cadmium ประมาณ 25 กรัม แช่ในกรด HCl (กรดเกลือ) เข้มข้น 6 N กวนด้วยแท่งแก้วจนสะอาด (ประมาณ 5 นาที) เทกรดทิ้งและล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้งจนหมดกลิ่นกรด จากนั้นนำสารละลาย Copper sulfate 2% ประมาณ 200 มิลลิลิตร เทลงไป กวนด้วยแท่งแก้วนานประมาณ 5 นาที หรือจนกระทั่งสีน้ำเงินจางหายไป สะเก็ดสารละลายให้แห้ง แล้วเติม Copper sulfate 2% ของใหม่ลงไป กวนด้วยแท่งแก้วเหมือนเดิม ทำตามขั้นตอนหลายๆครั้ง จนเกิดผลึกสีน้ำตาลเกิดขึ้น จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งไม่มีผลึกสีน้ำตาลติดอยู่

2. การเตรียมคอลัมน์แคดเมียม (Cadmium Column)

เติมน้ำกลั่นลงในคอลัมน์เปล่า จากนั้นตักแคดเมียมที่เตรียมไว้ลงในคอลัมน์ให้ได้ความสูงประมาณ 18.5 เซนติเมตร รักษาระดับน้ำให้ท่วมแคดเมียม ทำการล้างแคดเมียม โดยใช้สารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เจือจาง) จำนวน 200 มิลลิลิตร ผ่านคอลัมน์ลงอย่างช้าๆ และให้เตรียมสารละลาย Standard Nitrate Solution จำนวน 100 มิลลิลิตร กับสารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เข้มข้น) 2 มิลลิลิตร จากนั้นเทสารละลายลงในคอลัมน์ให้ไหลในอัตรา 7 – 10 มิลลิลิตรต่อนาที

3. การเตรียมน้ำตัวอย่างและการผ่านลงในคอลัมน์

ดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง จำนวน 100 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เข้มข้น) จำนวน 2 มิลลิลิตร จากนั้นเทลงในคอลัมน์ ปล่อยให้ไหลผ่านในอัตรา 7 -10 มิลลิลิตรต่อนาที (ใช้เวลาประมาณ 10 – 15 นาที) ทิ้งไว้ 25 มิลลิลิตร แรกทิ้งและเก็บปริมาตรที่เหลือไว้

4. การสร้างสีและการวัดค่า Abs (การวิเคราะห์ค่าไนเตรท)

ดูดสารละลายหลังจากผ่านคอลัมน์ จำนวน 50 มิลลิลิตร โดยผ่านคอลัมน์ต้องไม่เกิน 15 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Diazotizing Reagent จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 2-4 นาที แล้วเติมสารละลาย Coupling Reagent จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้อย่างน้อย 10

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen)

การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite nitrogen)

ไนไตรท์-ไนโตรเจน เป็นสารประกอบไนโตรเจนรูปแบบหนึ่ง โดยเกิดกึ่งกลางระหว่างการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียเป็นไนเตรท (Nitrification) และไนเตรตเปลี่ยนกลับเป็นแอมโมเนีย (Denitrification) ถ้าน้ำมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอไนไตรท์จะออกซิไดส์ (Oxidation) ไปเป็นไนเตรตได้รวดเร็ว แต่ถ้าน้ำขาดออกซิเจนพวกจุลินทรีย์จะรีดิวซ์ (Reduced) ไนเตรตไปเป็นไนไตรท์ ทำให้ฮีโมโกบินในเลือดปลามีประสิทธิภาพรับออกซิเจนน้อยลง ความเป็นพิษของไนไตรท์-ไนโตรเจน ต่อปลาและสัตว์น้ำจะแตกต่างกันไปตามชนิดของปลาและสัตว์น้ำ แต่มักเกิดในปริมาณต่ำ

อุปกรณ์

1. Spectrophotometer และ Cuvette
2. กระดาษกรอง
3. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น ขวดรูปชมพู่ ปิเปต

สารเคมี

1. Diazotizing Reagent

ชั่งสาร Sulfanilamide 5 กรัม ละลายในสารละลายกรดเกลือ โดยใช้กรดเกลือ (HCL) เข้มข้นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตรแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบปริมาตร 500 มิลลิลิตร

2. Coupling Reagent

ชั่ง N-(1-napthyl)-ethylenediamine-dihydrochloride 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา เตรียมสารละลายใหม่ทุกเดือนหรือเมื่อสารละลายเป็นสีน้ำตาล

3. Standard Nitrite Solution

เตรียมสารละลาย Standard nitrite ($NaNO_2$) 0.4925 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร(ได้สารละลายความเข้มข้น 100 มิลลิลิตร NO_2-N) ดูดสารละลาย Standard Nitrite

4. NH_4Cl – EDTA Solution (เจือจาง)

ดูดสารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เข้มข้น) 50 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น ให้เป็น 2,000 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Disodium EthyenediamineTetracetate จำนวน 0.3 กรัม ทำการปรับ pHให้ได้ 7.5 (โดยเติมสารละลาย NaOH)

5. Stock Nitrate Solution (เข้มข้น)

ชั่งสารละลาย KNO_3 ที่ผ่านการอบแห้ง 0.7218 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

6. Standard Nitrate Solution

ดูดสารละลาย Stock Nitrate Solution (เข้มข้น) ในข้อ 5 ด้วย volumetric pipette จำนวน 50 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 1,000 มิลลิลิตร

7. Copper sulfate 2%

ชั่งสารละลาย Copper sulfate จำนวน 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

8. กรดเกลือ (HCl) เข้มข้น 6 N

9. ผง Cadmium

วิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียมแคดเมียม (Cadmium)

นำผง Cadmium ประมาณ 25 กรัม แช่ในกรด HCl (กรดเกลือ) เข้มข้น 6 N กวนด้วยแท่งแก้วจนสะอาด (ประมาณ 5 นาที) เทกรดทิ้งและล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้งจนหมดกลิ่นกรด จากนั้นนำสารละลาย Copper sulfate 2% ประมาณ 200 มิลลิลิตร เทลงไป กวนด้วยแท่งแก้วนานประมาณ 5 นาที หรือจนกระทั่งสีน้ำเงินจางหายไป สะเก็ดสารละลายให้แห้ง แล้วเติม Copper sulfate 2% ของใหม่ลงไป กวนด้วยแท่งแก้วเหมือนเดิม ทำตามขั้นตอนหลายๆครั้ง จนเกิดผลึกสีน้ำตาลเกิดขึ้น จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งไม่มีผลึกสีน้ำตาลติดอยู่

2. การเตรียมคอลัมน์แคดเมียม (Cadmium Column)

เติมน้ำกลั่นลงในคอลัมน์เปล่า จากนั้นตักแคดเมียมที่เตรียมไว้ลงในคอลัมน์ให้ได้ความสูงประมาณ 18.5 เซนติเมตร รักษาระดับน้ำให้ท่วมแคดเมียม ทำการล้างแคดเมียม โดยใช้สารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เจือจาง) จำนวน 200 มิลลิลิตร ผ่านคอลัมน์ลงอย่างช้าๆ และให้เตรียมสารละลาย Standard Nitrate Solution จำนวน 100 มิลลิลิตร กับสารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เข้มข้น) 2 มิลลิลิตร จากนั้นเทสารละลายลงในคอลัมน์ให้ไหลในอัตรา 7 – 10 มิลลิลิตรต่อนาที

3. การเตรียมน้ำตัวอย่างและการผ่านลงในคอลัมน์

ดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง จำนวน 100 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เข้มข้น) จำนวน 2 มิลลิลิตร จากนั้นเทลงในคอลัมน์ ปล่อยให้ไหลผ่านในอัตรา 7 -10 มิลลิลิตรต่อนาที (ใช้เวลาประมาณ 10 – 15 นาที) ทิ้งไว้ 25 มิลลิลิตร แรกทิ้งและเก็บปริมาตรที่เหลือไว้

4. การสร้างสีและการวัดค่า Abs (การวิเคราะห์ค่าไนเตรท)

ดูดสารละลายหลังจากผ่านคอลัมน์ จำนวน 50 มิลลิลิตร โดยผ่านคอลัมน์ต้องไม่เกิน 15 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Diazotizing Reagent จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 2-4 นาที แล้วเติมสารละลาย Coupling Reagent จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าดูดซับแสง (Abs) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่น 543 นาโนเมตร (nm)

5. การหา Recovery factor

โดยการดูดสารละลาย Standard Nitrate Solution (0.1 มก./ลิตร) จำนวน 100 มิลลิลิตร มาผสมกับ สารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เข้มข้น) จำนวน 2 มิลลิลิตร จากนั้นเทลงในคอลัมน์ ปล่อยให้ไหลผ่านในอัตรา 7-10 มิลลิลิตรต่อนาที ทิ้งน้ำ 25 มิลลิลิตรแรกและเก็บปริมาตรที่เหลือไว้

ดูดสารละลายที่เก็บไว้ 50 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Diazotizing Reagent จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 2-4 นาที แล้วเติมสารละลาย Diazotizing Reagent จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาทีแต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าดูดซับแสง (Abs) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่น 543 นาโนเมตร (nm)

หาค่า F (Recovery factor) =(0.1มิลลิลิตร/ลิตร) ของ Nitrite nitrogen x 100)/(ความเข้มข้นของ Nitrite nitrogen)

คำนวณหาค่าความเข้มข้น Nitrate nitrogen ดังนี้

Nitrate nitrogen (mg/l) = {(A-B) x F} / 100

โดยที่ A = ความเข้มข้นของไนไตรท์ ที่ผ่าน Column

B = ความเข้มข้นของไนไตรท์ ที่ไม่ผ่าน Column

F = Recovery factor

ทำการแปลงค่า Nitrate nitrogen ให้เป็น Nitrate (มก./ลิตร) โดยคูณด้วย 4.43

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (Ortho-*phosphate)*

การวิเคราะห์ปริมาณออร์โธฟอสเฟต

ออร์โธฟอสเฟต เป็นธาตุอาหารที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อสิ่งที่มีชีวิตในแหล่งน้ำ โดยปกติแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะพบธาตุนี้ในปริมาณน้อย ซึ่งนับเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อผลผลิตทางชีวภาพ ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ในแง่ของธาตุอาหารธรรมชาติ ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำพบได้หลายรูปแบบ ทั้งในรูปของสารละลายและสารแขวนลอยในรูปของสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ แต่ในที่สุดทุกรูปแบบจะสลายตัวไปอยู่ในรูปแบบอื่น ๆ ต้องทำการย่อยให้สลายตัวอยู่ในรูปของ Orthophosphate ก่อนทำการวิเคราะห์

วิธีวิเคราะห์แบบ Stannous Chloride

อุปกรณ์

1. Spectrophotometer และ Cuvette
2. กระดาษกรอง
3. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น ขวดรูปชมพู่ ปิเปต

สารเคมี

1. Ammonia molybdate solution

เตรียมสารละลาย Ammonia molybdate $(NH_4)_6MO_7.4H_2O$ จำนวน 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 35 มิลลิลิตร นำสารละลายดังกล่าว เติมลงในสารละลายกรด H_2SO_4 (ละลายกรด H_2SO_4 56 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร) แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 200 มิลลิลิตร

2. Stannous chloride solution

เตรียมสารละลาย Stannous chloride $(SnCl_2.2H_2O)$ จำนวน 2.5 กรัมละลายใน Glycerol ในปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยใช้อ่างน้ำร้อน (water bath) ในการทำละลาย

3. Stannous phosphate solution

เตรียมสารละลาย KH_2PO_4 จำนวน 0.2195 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร (ได้สารละลายเข้มข้น 50 มก./ลิตร PO_4-P) ดูดสารละลาย Stannous phosphate solution ที่ด้ามจำนวน 50 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร (ได้สารละลายเข้มข้น 5 มก./ลิตร PO_4-Pเพื่อใช้ในการเตรียมกราฟมาตรฐาน ดั่งนี้

ตารางผนวก 2 ระดับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานออร์โธฟอสเฟต

ปริมาตร PO_4-P ความเข้มข้น 5.0 มก./ลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นสารละลาย PO_4-P (มก./ลิตร)	ค่า Abs ของสารละลาย PO_4-P ที่วัดได้ (มิลลิลิตร/ลิตร)
0.00	0.00	
0.50	0.025	
1.00	0.050	
2.00	0.100	
5.00	0.250	
10.00	0.500	
15.00	0.750	

ปริมาตร PO_4-P ความเข้มข้น 5.0 มก./ลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตร100 มิลลิลิตร ต้องทำการดูดด้วย Volumetric pipe ลงใน Volumetric flask จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์สารละลายโดยวิธีการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสแล้วสร้างกราฟมาตรฐาน (เลือกกราฟแบบ XY กระจาย) ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น PO_4-P (แกนX) กับค่าการดูดซับแสง (แกนY) โดยนำเข้าสมการ Regression ลงในโปรแกรม Excel

วิธีการ

1. ดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง 25 มิลลิลิตร ลงใน บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

2. เตรียมสารละลาย Ammonia molybdate Solution จำนวน 1 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากัน และเติมสารละลาย Stannous chloride solution 5 หยด เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 10 นาที แต่ไม่เกิน 12 นาที

3. นำไปวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่น 690 นาโนเมตร พร้อมกับ Reagent blank โดยใช้น้ำกลั่น แทนตัวอย่างน้ำและเติมสารละลายในข้อ 2.

4. คำนวณค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัส (Phosphorus) จากกราฟมาตรฐาน

5. ทำการแปลงค่า PO_4-P ให้เป็น PO_4 (มก./ลิตร) โดยคูณด้วย 3.0

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์หาความชื้น

ในการวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารซึ่งสิ่งแรกที่ต้องทราบ คือความชื้นที่มีอยู่วัสดุอาหาร ดังนั้นการหาความชื้นในอาหารจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อหาค่าตัวอย่างเปียกแล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณกลับ การวิเคราะห์หาความชื้นของตัวอย่างอาหารทำได้หลายวิธี โดยวิธีวิเคราะห์ที่ง่ายที่สุดคือการทำให้แห้ง ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้คำนวณหาปริมาณน้ำที่สูญเสียไปหลังจากที่ทำให้วัสดุแห้งแล้ว แต่ข้อเสียคือ วิธีนี้จะเป็นการยากที่จะทำให้ตัวอย่างอาหารแห้งสนิท โดยขณะทำให้แห้งอาจทำให้สารอาหารบางชนิดในตัวอย่างสูญสลายไปด้วย รวมถึงสารอื่นๆ ที่สามารถระเหยได้นอกจากน้ำก็จะสูญเสียไปด้วย

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เตาอบแห้ง (drying oven)
2. จานอลูมิเนียม (aluminium dish)
3. โถอบแห้ง (desicator)
4. คีม (tong)
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า (analytical balance)
6. ช้อนตักสาร
7. ตัวอย่างอาหาร

ภาพผนวกที่ 7 เตาอบแห้ง (drying oven)

วิธีการ

1. นำขวดชั่งไปอบจนได้น้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำเอามาชั่งน้ำหนัก และจดน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

2. ตักตัวอย่างอาหารใส่ขวดชั่ง ประมาณ 2-3 กรัม ทำการชั่งน้ำหนักแล้วจดน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

3. นำขวดชั่งที่บรรจุตัวอย่างอาหารไปอบในตู้ที่มีอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในระหว่างอบจะต้องเปิดฝาขวดชั่ง

4. นำขวดชั่งออกจากตู้อบ แล้วนำไปใส่โถอบแห้งทิ้งไว้ให้เย็น ปิดฝาขวดชั่งแล้วนำไปชั่งและจดน้ำหนักไว้ (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

5. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น $= \frac{(ก - ข) \times 100}{ค}$

เมื่อ ก = น้ำหนักขวดชั่งรวมตัวอย่างก่อนอบแห้ง

ข = น้ำหนักขวดตัวอย่างหลังอบแห้งจนได้น้ำหนักที่แน่นอน

ค = น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

ภาคผนวก ช

การวิเคราะห์หาเถ้า

การวิเคราะห์หาเถ้า

เถ้า (ash) หมายถึง ปริมาณสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหาร หลังจากที่เผาผลาญสารอินทรีย์หมดแล้ว ในการวิเคราะห์มักใช้ความร้อนในการเผาผลาญสารอินทรีย์ ดังนั้น ค่าเถ้า (ash) ที่ได้จึงไม่จำเป็นต้องเท่ากับปริมาณสารเกลือแร่ทั้งหมดที่อยู่ในอาหารในตอนแรก สารอนินทรีย์หรือเกลือแร่บางส่วนจะสูญเสียไปโดยการระเหยเพราะความร้อนที่ใช้ในการเผานั่นเอง ค่าเถ้า (ash) ที่ได้จึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของสารอาหารนั้นๆ

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ถ้วยกระเบื้อง (dish crucible) หรือ foil
2. โถอบแห้ง (desicator)
3. เตาเผา (muffle furnace)
4. แผ่นความร้อน (hot plate)
5. ตู้ควัน (fume cupboard)
6. คีม (tong)
7. เครื่องชั่งไฟฟ้า (analytical balance)
8. ช้อนตักสาร
9. ตัวอย่างอาหาร

ภาพผนวกที่ 8 เตาเผา (muffle furnace)

วิธีการ

1. ทำเครื่องหมายบนถ้วยกระเบื้องที่จะใส่ตัวอย่าง โดยอาจเขียนหมายเลขกำกับไว้ตามลำดับของตัวอย่างอาหาร นำตัวอย่างอาหารไปเผาในเตาอุณหภูมิ 550–600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

2. นำถ้วยกระเบื้องที่เผาเรียบร้อยแล้วออกจากเตาเผา ตั้งทิ้งไว้สักครู่บนแผ่นกระเบื้องเคลือบ แล้วนำไปตั้งให้เย็นในโถอบแห้ง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้ (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

3. ตักตัวอย่างอาหารใส่ในถ้วยกระเบื้องประมาณ 1-2 กรัมทำการชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) และจดบันทึกไว้

4. นำถ้วยกระเบื้องพร้อมตัวอย่างไปเผาบนแผ่นความร้อนในตู้ควันจนกระทั่งหมดควัน

5. นำถ้วยกระเบื้องพร้อมตัวอย่างไปเผาต่อในเตาเผาที่มีอุณหภูมิ 550–600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนเถ้ามีสีขาว นำถ้วยกระเบื้องที่เผาเรียบร้อยแล้วออกมาตั้งทิ้งไว้สักครู่บนแผ่นกระเบื้องเคลือบแล้ว แล้วนำไปตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้ง เสร็จแล้วนำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้ (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

* <u>หมายเหตุ</u> หากเถ้ายังไม่ขาว (แสดงว่ายังมีคาร์บอนเหลืออยู่) ให้นำถ้วยกระเบื้องมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นบนแผ่นกระเบื้องเคลือบ แล้วหยดสารละลายแอมโมเนียมคาร์บอเนต 4-5 หยด เพื่อให้เถ้าเกิดความชื้นจากนั้นนำไประเหยให้แห้งบนแผ่นความร้อน แล้วนำไปเผาต่อจนได้เถ้าสีขาว

6. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้าทั้งหมด = $\frac{(ก - ข) \times 100}{ค}$

เมื่อ ก = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องรวมตัวอย่างหลังเผา

ข = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังเผา

ค = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

ภาคผนวก ซ

การวิเคราะห์หาโปรตีน

การวิเคราะห์หาโปรตีน

การวิเคราะห์หาระดับโปรตีนในอาหาร ทำได้โดยการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในสารอาหารนั้นๆ เนื่องจากไนโตรเจนในสารอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของโปรตีน ซึ่งปกติในโปรตีนจะมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ 16 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อทราบปริมาณไนโตรเจนที่ได้จะต้องคูณด้วย 6.25 จึงจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนของอาหารที่นำมาวิเคราะห์ วิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดทำได้โดยการเปลี่ยนไนโตรเจนที่มีอยู่ในอาหารให้กลายเป็น $(NH_4)_2SO_4$ โดยนำตัวอย่างอาหารไปย่อยใน H_2SO_4 เข้มข้น จากนั้นเติมสารละลาย NaOH เข้มข้น เพื่อให้ไนโตรเจนเปลี่ยนไปอยู่ในรูป NH_3 แล้วนำมากลั่นเพื่อให้เกิดก๊าซ NH_3 ระเหยแยกออกมา โดยทำการจับก๊าซ NH_3 จุดนี้ด้วยสารละลาย H_2SO_4 ในปริมาณที่แน่นอนพร้อม indicator จากนั้นนำสารละลายที่ได้มา titrate ด้วยสารละลาย NaOH ที่ทำให้เป็นกลางด้วยปริมาณของที่ได้จากไนโตรเจนในอาหาร จากนั้นคำนวณหาปริมาณของไนโตรเจนได้ตามต้องการ

ขั้นตอนการวิเคราะห์หาโปรตีน สามารถแยกออกเป็น 4 ขั้นตอน

1. O.M. + H_2SO_4 $\longrightarrow$ $(NH_4)_2SO_4$ + CO_2 + H_2O (digestion)
2. NaOH + $(NH_4)_2SO_4$ $\longrightarrow$ NH_3 + Na_2SO_4 (distillation)
3. $2NH_3$ + H_2SO_4 $\longrightarrow$ $(HN_4)_2SO_4$ (fixation)
4. H_2SO_4 + 2NaOH $\longrightarrow$ Na_2SO_4 + H_2O (titration)

สารเคมี

1. สารเร่งปฏิกริยา sodium sulfate : copper sulfate อัตรา 20 :1 หรือ
   potassium sulfate : copper sulfate อัตรา 15 :1
2. screened methyl red indicator ละลาย methyl red 0.2 กรัม และ methylene blue 0.1 กรัม ใน Ethanol 96% 100 ml.
3. NaOH (45%)
4. H_2SO_4 เข้มข้น
5. H_2SO_4 มาตรฐาน (1.0 N)
6. NaOH มาตรฐาน (1.0 N)
7. ลูกแก้ว
8. ตัวอย่างอาหาร

อุปกรณ์

1. เครื่องทำความร้อน
2. เครื่องกลั่น
3. Kjeldahl flask ขนาด 800 ml.
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ml.
5. กระบอกตวง ขนาด 100, 500 ml.
6. ปิเปต ขนาด 25, 50 ml.
7. บิวเรต
8. เครื่องชั่ง
9. กระบอกฉีดพร้อมน้ำกลั่น
10. กระดาษกรอง

ภาพผนวกที่ 9 เครื่องกลั่น

วิธีการ

1. ทำการชั่งตัวอย่างอาหาร (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) บนกระดาษกรอง (โดยตัวอย่างอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงใช้ 0.5-1 กรัม และระดับโปรตีนต่ำใช้ 1-2 กรัม) แล้วห่ออาหารด้วยกระดาษกรองและพับใส่ Kjeldahl flask แล้วเติมสารเร่งปฏิกิริยาประมาณ 2-3 ช้อน และลูกแก้ว 2 ลูก แล้วเติม H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน (โดยต้องทำ blank พร้อมกันไปด้วย)

2. ทำการย่อยตัวอย่างอาหารโดยนำ Kjeldahl flask ไปวางต่อกับเครื่องทำความร้อน เปิดเครื่องดูดอากาศของ hoot ให้ความร้อนน้อยๆ ก่อนจนลูกแก้วหยุดกระเด็นจึงให้ความร้อนเต็มที่ ระหว่างการย่อยให้หมุน Kjeldahl flask เป็นครั้งคราว ทำการย่อยจนสารละลายมีสีเขียวใส

3. ปิดเครื่องทำความร้อน จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้ Kjeldahl flask เย็น (หากบริเวณคอ Kjeldahl flask มีจุดสีดำๆ เกาะติดอยู่ ให้ใช้น้ำกลั่นล้างลงไปแล้วย่อยต่อจนใสทิ้งไว้ให้เย็น) จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไป 500 มิลลิลิตร

4. เตรียมสารละลาย H_2SO_4 (มาตรฐาน 0.1 N) จำนวน 50 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติม Screened methyl red indicator 4 หยด นำมาต่อเข้ากับปลายเครื่องกลั่น โดยให้ปลายของท่อกลั่นจุ่มในสารละลาย เปิดน้ำผ่านเครื่องควบแน่นของเครื่องกลั่น

5. นำ Kjeldahl flask ที่ย่อยแล้วมาเติมสารละลาย NaOH (เข้มข้น 45 %) จำนวน 80 มิลลิลิตรโดยเติมลงไปช้าๆ แล้วนำไปต่อเข้ากับเครื่องกลั่นทันที เขย่าเป็นรูปวงกลมให้สารละลายเข้ากัน

6. เปิดเครื่องทำความร้อนของเครื่องกลั่น จนแอมโมเนียถูกกลั่นออกมาประมาณ 150 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ จากนั้นเลื่อนขวดรูปชมพู่ออกจากปลายเครื่องกลั่น โดยให้ปลายท่ออยู่เหนือสารละลายใช้น้ำกลั่นล้างปลายท่อ จากนั้นนำขวดรูปชมพู่ออก แล้วใส่ขวดรูปชมพู่ที่มีน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ลงไปแทน (เพื่อให้เครื่องกลั่นดูดทำความสะอาดเอง) ปิดเครื่องทำความร้อนเฉพาะเตา

7. นำสารละลายที่ได้ (สีไวน์แดง) มาไตเตรตกับสารละลาย NaOH (มาตรฐาน 0.1 N) จนสารละลายเป็นสีเขียวใส

8. การคำนวณ

NaOH จำนวน 1 ml. มาตรฐาน 0.1 นอร์มอล ทำปฏิกิริยาได้พอดีกับไนโตรเจน 0.014 กรัม

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(\text{ข} - \text{ก}) \times 0.014 \times \text{ค} \times 100}{\text{ต}}$$

เมื่อ ก = มิลลิลิตรของ NaOH มาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทสารละลายจากตัวอย่าง

ข = มิลลิลิตรของ NaOH มาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทสารละลายจาก Blank

ค = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH มาตรฐานที่ใช้

ต = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ crude protein = เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน x 6.25

ภาคผนวก ณ

การวิเคราะห์หาไขมัน

การวิเคราะห์หาไขมัน

การวิเคราะห์หาไขมัน (ether extract หรือ crude Fat) สามารถทำได้ด้วยการสกัดตัวอย่างอาหารโดยใช้ตัวทำละลายไขมันที่เป็นสารละลายประเภท organic solvent ตัวใดตัวหนึ่งเช่น petroleum ether, hexane, dichloromethane และ benzene เป็นต้น โดยใช้ชุดอุปกรณ์ที่เรียกว่า soxhlet extract ต่อเข้ากับระบบเครื่องทำความร้อนและเครื่องควบแน่น (condenser) แต่ต้องเปิดระบบน้ำไว้เพื่อช่วยให้เกิดการควบแน่น ซึ่งอุปกรณ์ครบชุดทั้งหมดนี้เรียกว่า extraction apparatus โดยส่วนของสัตว์ที่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายได้แก่ fat, oilsและ waxes ส่วนในพืช carotene, chlorophyll และ sterol

สารเคมี

1. petroleum ether หรือ hexane หรือ dichloromethane

เครื่องมือ และ อุปกรณ์

1.ชุดเครื่องมือ extraction apparatus
2. ขวดก้นแบน
3. thimble
4. ตู้อบ
5. โถอบแห้ง
6. สำลี
7. คีม
8. ถุงมือ
9. ตัวอย่างอาหาร

ภาพผนวกที่ 10 เครื่องมือซอกเลท แอพพาราตัส (soxhlet apparatus)

วิธีการ

1. นำขวดก้นแบนไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำขวดก้นแบนที่อบแล้วมาวางทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) และจดบันทึกไว้ (เขียนหมายเลขกำกับ)

2. ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 2 กรัม บนกระดาษกรองและจดบันทึกน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ทำการห่อตัวอย่างด้วยกระดาษกรองแล้วใส่ลงใน thimble แล้วปิดด้วยสำลีบางๆ นำ thimble ไปใส่ใน soxhlet และต่อ soxhlet เข้ากับเครื่องควบแน่น

3. เติม petroleum ether, hexane, dichloromethane โดยเลือกใช้ตัวใดตัวหนึ่ง เติมลงขวดก้นแบนประมาณ 2 ใน 3 ของขวด นำมาต่อเข้ากับ soxhlet และเครื่องให้ความร้อน

4. เปิดระบบน้ำให้ผ่านเครื่องควบแน่น และเปิดเครื่องให้ความร้อน ใช้ความร้อนประมาณ 20-30 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการสกัดเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง

5. ทำการถ่ายสารละลายออกจาก soxhlet โดยให้เหลือสารละลายอยู่ในขวดก้นแบนให้น้อยที่สุด และถอด soxhlet ออกจากขวดก้นแบน

6. มาอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำขวดก้นแบนที่อบเรียบร้อยแล้วมาวางทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้ง ทำการชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้ (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{(\text{ข} - \text{ก}) \times 100}{\text{ต}}$$

เมื่อ ก = น้ำหนักขวดก้นแบน

ข = น้ำหนักขวดก้นแบนหลังสกัดไขมันและอบแห้ง

ต = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

ภาคผนวก ญ

การวิเคราะห์หาเยื่อใย

การวิเคราะห์หาเยื่อใย

การวิเคราะห์หาเยื่อใยของวัตถุดิบสามารถทำได้โดยการต้มตัวอย่างด้วยกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ที่ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที เมื่อต้มตัวอย่างเรียบร้อยแล้วให้นำตัวอย่างไปกรองจนแห้งสนิท จากนั้นนำกากตัวอย่างที่ได้มาต้มอีกครั้งด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที นำตัวอย่างมากรองอีกครั้งแล้วนำกากที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วทำการชั่งน้ำหนักของตัวอย่าง จากนั้นนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส แล้วทำการชั่งน้ำหนักส่วนที่เหลือ ซึ่งน้ำหนักที่ได้นี้จะนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เยื่อใย โดยส่วนที่หายไปนั้นคือเยื่อใยหยาบ (crude fiber) ซึ่งประกอบด้วย hemicellulose, cellulose และ lignin

สารเคมี

1. กรด H_2SO_4 (เข้มข้น 1.25 %)
2. ด่าง NaOH (เข้มข้น 1.25 %)
3. acetone หรือ แอลกอฮอล์
4. antifoam

อุปกรณ์

1. เครื่องให้ความร้อนและเครื่องควบแน่น (condenser)
2. ถ้วยแก้วกรอง
3. ตู้อบ
4. เตาเผา
5. โถอบแห้ง
6. คีม
7. เครื่องต้มน้ำพร้อมอุปกรณ์
8. กระบอกฉีดน้ำ
9. เครื่องชั่งไฟฟ้า
10. ตัวอย่างอาหาร (ที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว)

ภาพผนวกที่ 11 เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย

วิธีการ

1. นำถ้วยแก้วกรองไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้น้ำหนักของถ้วยแก้วกรองที่แน่นอน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำออกมาวางให้เย็นในโถอบแห้ง

2. ทำการชั่งน้ำหนักถ้วยแก้วกรองโดยจดบันทึกไว้ (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) นำตัวอย่างอาหารที่วิเคราะห์ใส่ลงในถ้วยแก้วกรองชั่งน้ำหนักจดบันทึกไว้ (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

3. นำถ้วยแก้วกรองไปต่อเข้ากับเครื่องให้ความร้อนและเครื่องควบแน่น (condenser) แล้วจึงทำการเติมกรด H_2SO_4 (เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 150 มิลลิลิตร ลงในท่อ condenser เปิดน้ำให้ไหลผ่านเครื่องควบแน่น แล้วทำการเปิดเครื่อง ทำการต้มตัวอย่างด้วยกรด H_2SO_4 (เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 30 นาที (โดยทำการจับเวลาขณะที่สารละลายเดือด) เติม antifoam 3-5 หยด (เพื่อป้องกันการเกิดฟอง)

4. กรองสารละลายออกโดยกดที่ปุ่ม vacuum ด้านข้างพร้อมปรับปุ่มไปที่ vacuum ตรงด้านล่างถ้วยแก้วกรองจนสารละลายแห้งสนิท จากนั้นใช้น้ำร้อนที่เตรียมไว้ล้างลงไปประมาณ 3 ครั้ง (จนหมดกรด) แล้วจึงทำการปิดที่ปุ่ม vacuum ด้านข้างพร้อมปรับปุ่ม vacuum ไปที่ closes

5. เติมด่าง NaOH (เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 150 มิลลิลิตร ลงในท่อ condenser ทำการต้มตัวอย่างด้วยด่างNaOH (เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 30 นาที (โดยทำการจับเวลาขณะที่สารละลายเดือด) เติม antifoam 3-5 หยด (เพื่อป้องกันการเกิดฟอง)

6. กรองสารละลายออกโดยกดที่ปุ่ม vacuum ด้านข้างพร้อมปรับปุ่มไปที่ vacuum ตรงด้านล่างถ้วยแก้วกรองจนสารละลายแห้งสนิท จากนั้นใช้น้ำร้อนที่เตรียมไว้ล้างลงไปประมาณ 3 ครั้ง

(จนหมดด่าง) และล้างด้วยน้ำเย็น 1 ครั้ง แล้วใช้แอลกอฮอล์หรืออะซิโตนล้างอีก 1 ครั้ง เพื่อไล่น้ำออกไป จากนั้นปิดที่ปุ่ม vacuum ด้านข้างพร้อมปรับปุ่ม vacuum ไปที่ closes

7. นำถ้วยแก้วกรองออกจากเครื่องกรองโดยปรับคันโยก (ระวังอย่าให้ถ้วยแก้วกรองหล่นโดยการใช้แผ่นเหล็กบังก่อน) จากนั้นใช้คีมจับออกมานำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำออกมาวางทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้

8. จากนั้นนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำออกมาทิ้งไว้ให้เย็นในกระเบื้องเคลือบก่อนแล้วเก็บไว้ในโถอบแห้งจนเย็น ชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) และจดบันทึกไว้

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เยื่อใย} = \frac{(\text{ก} - \text{ข}) \times 100}{\text{ค}}$$

เมื่อ ก = น้ำหนักถ้วยแก้วกรอง+กากหลังอบ

ข = น้ำหนักถ้วยแก้วกรอง+กากหลังอบและหลังเผา

ค = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

ภาคผนวก ฎ

ประวัติผู้วิจัย

Academic Background

Name	Miss Daovieng YAIBOUATHONG
Age	25 years
Date of Birth	18/04/1991
Mobile phone	094-7125121
E-mail	da_yaibouathong@outlook.com

Education Background:

1997 – 2001:Primary School (Odomsin Primary School, Luangmamthar District, Luangmamthar Province).

2002 – 2007: Upper Secondary School (Luangmamthar Upper Secondary School , Luangmamthar District, Luangmamthar Porvince)

2008 – 2013: National University of Laos in Vientiane, Faculty of Agriculture (Fisheries and Animal Science) BSC