



ประสิทธิภาพการใช้กากมะพร้าวหมักในอาหารสำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม
(*Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879)) ในบ่อซีเมนต์

VILAKONE XAYASENE

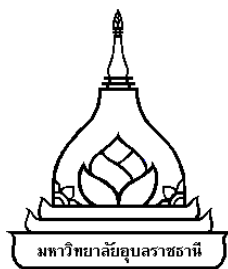
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



THE EFFICACY OF FERMENTED COCONUT MEAL DIETARY ON
GIANT FRESHWATER PRAWN (*MACRO BRACHIUM ROSENBERGII*
(DE MAN, 1879)) CULTURE IN THE CONCRETE POND

VILAKONE XAYASENE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN AGRICULTURE FACULTY OF AGRICULTURE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2020
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์

เรื่อง ประสิทธิภาพการใช้กาหมะพร้าวหมักในอาหารสำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม
(*Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879)) ในบ่อซีเมนต์

ผู้วิจัย Mr.VILAKONE XAYASENE

คณะกรรมการสอบ

รองศาสตราจารย์ ดร.วิรัช จิวแหยม	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา พยุหะ	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนาทิพย์ แผลมคม	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา จุฑาเกตุ	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา พยุหะ)

.....
(ดร.นรินทร์ บุญพราหมณ์)
คณบดีคณะเกษตรศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)
รองอธิการฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2563

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา พยุหะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วิรัช จีวแหยม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ธนาทิพย์ แหลมคม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา จุฑาเกตุ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ทางวิชาการและวิธีการดำเนินการวิจัย ตลอดจนให้คำปรึกษาและคำชี้แนะในการแก้ไขปัญหาลงมือตลอดระยะเวลาการทําวิจัย

ขอขอบคุณกรมความร่วมมือระหว่างประเทศ (Thailand International Cooperation Agency; TICA) กระทรวงการต่างประเทศ ราชอาณาจักรไทย ที่สนับสนุนทุนการศึกษา ขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และขอขอบคุณพี่ๆ บุคลากรคณะเกษตรศาสตร์ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือวิทยาศาสตร์ และให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยด้วยดีเสมอมา ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยเป็นกำลังใจในการทำงานด้วยดีตลอดมา

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยเลี้ยงดู และสนับสนุนเป็นอย่างดี ขอขอบคุณญาติพี่น้อง และสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่คอยให้คำปรึกษา และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา

Vilakone Xayasene

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : ประสิทธิภาพการใช้กากมะพร้าวหมักในอาหารสำหรับการเลี้ยง
กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879))
ในบ่อซีเมนต์

ผู้วิจัย : VILAKONE XAYASENE

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : เกษตรศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา พยุหะ

คำสำคัญ : กากมะพร้าวหมักอีเอ็ม, กุ้งก้ามกราม, วัตถุดิบในอาหารกุ้งก้ามกราม

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้กากมะพร้าวหมักในอาหารสำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879) ในบ่อซีเมนต์ขนาด 3 x 4 เมตร เป็นเวลา 90 วัน การทดลองประกอบด้วย 5 ทรีตเมนต์ ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุม (อาหารสำเร็จรูป) ชุดการทดลองที่ 2 อาหารผสมกากมะพร้าว 10 % ชุดการทดลองที่ 3 อาหารอาหารผสมกากมะพร้าว 15 % ชุดการทดลองที่ 4 อาหารอาหารผสมกากมะพร้าว 20 % และ ชุดการทดลองที่ 5 อาหารผสมกากมะพร้าว 25 % ดำเนินการทดลองเป็นเวลา 90 วัน โดยใช้กุ้งทดลองที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 5.28 ± 0.27 , 4.72 ± 1.50 , 5.45 ± 0.75 , 5.31 ± 0.35 และ 5.52 ± 1.80 กรัมตามลำดับ ($P > 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า 21.87 ± 4.32 23.29 ± 1.85 19.22 ± 2.45 18.38 ± 2.81 และ 18.04 ± 1.39 กรัมตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของกุ้งก้ามกราม ชุดการทดลองที่ 2 มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 1 3 5 และ 4 มีค่าเท่ากับ 1.42 ± 0.12 1.30 ± 0.64 1.25 ± 0.14 1.19 ± 0.24 และ 1.17 ± 0.09 ตามลำดับ สอดคล้องกับอัตราแลกเนื้อ ซึ่งชุดการทดลองมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 1 3 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 1.7 ± 0.20 2.10 ± 0.29 2.2 ± 0.56 2.5 ± 0.17 และ 2.7 ± 0.23 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม อัตรารอดตายของทุกชุดการทดลองและมีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อกุ้งพบว่าระดับโปรตีนและไขมัน หลังจากกุ้งได้รับอาหารทุกชุดการทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในขณะที่เถ้าและความชื้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ หลังได้รับอาหารทดลอง ($P > 0.05$)

ABSTRACT

TITLE : THE EFFICACY OF FERMENTED COCONUT MEAL DIETARY FOR
GIANT FRESHWATER PRAWN (*MACROBRACHIUM ROSENBERGII*
(DE MAN, 1879)) CULTURE IN THE CONCRETE POND

AUTHOR : VILAKONE XAYASENE

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : AGRICULTURE

ADVISOR : ASST. PROF. KANJANA PAYOOHA, Ph.D.

KEYWORDS : FERMENTED COCONUT MEAL, GIANT FRESHWATER PRAWN,
FEED INGREDIENT FOR GIANT FRESHWATER PRAWN

This study examines the efficiency of fermented coconut meal diets for the 90-day cultivation of freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*, De Man, 1879) in a concrete pond sized 3x4 meters. There were 5 treatments with experimental food: 1.) commercial feed, 2.) 10% fermented coconut meal, 3.) 15% fermented coconut meal, 4.) 20% fermented coconut meal, and 5.) 25% fermented coconut meal. The experiment lasted 90 days. The initial weights were 5.28 ± 0.27 , 4.72 ± 1.50 , 5.45 ± 0.75 , 5.31 ± 0.35 , and 5.52 ± 1.80 respectively ($P > 0.05$). The results demonstrated that the final weights of experimental prawns were significantly different ($P < 0.05$) at 21.87 ± 4.32 , 23.29 ± 1.85 , 19.22 ± 2.45 , 18.38 ± 2.81 , and 18.04 ± 1.39 g. respectively. The specific growth rate of the second treatment was clearly the highest among these treatments ($P < 0.05$), then in order, the first, third, fifth, and fourth treatments respectively, at 1.42 ± 0.12 , 1.30 ± 0.64 , 1.25 ± 0.14 , 1.19 ± 0.24 , and 1.17 ± 0.09 , consistent with the Feed Conversion Ratio. The treatment that was significantly lower among the treatments ($P < 0.05$), were the first, third, fourth, and fifth treatments respectively, at 1.7 ± 0.20 , 2.10 ± 0.29 , 2.2 ± 0.56 , 2.5 ± 0.17 , and 2.7 ± 0.23 respectively. Moreover, the survival rates, at an average of 81.6%, did not differ significantly among the treatments ($P > 0.05$). The proximate analysis of prawn carcass found that the percentage of protein and lipid were higher for all the treatments ($P < 0.05$), but the carcass ash and moisture were not significantly different ($P > 0.05$).

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.3 สมมติฐานการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ขอบเขตการศึกษา	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ข้อมูลทั่วไปของกุ้งก้ามกราม	4
2.2 ชีววิทยาการสืบพันธุ์และการกินอาหารของกุ้งก้ามกราม	6
2.3 ความต้องการสารอาหารของกุ้งก้ามกราม	11
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 สัตว์ทดลอง วัสดุและอุปกรณ์	22
3.2 แผนการดำเนินงาน	23
3.3 ขั้นตอนดำเนินงาน	23
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 การปรับตัวและพฤติกรรมของกุ้งก้ามกรามระหว่างการทดลอง	27
4.2 การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง	27
4.3 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งก้ามกราม	31
4.4 คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง	32
บทที่ 5 อภิปรายผล	33
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	44
ประวัติผู้วิจัย	51

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	พัฒนาการของไขกระดูกก้ามกรามหลังการปฏิสนธิ	8
2.2	การพัฒนาของกระดูกอ่อน	10
2.3	ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นจากอาหารของพ่อแม่พันธุ์กระดูกก้ามกราม	12
2.4	วิตามินและแร่ธาตุรวมสำหรับอาหารพ่อแม่พันธุ์กระดูกก้ามกราม	16
2.5	คุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบ และสิ่งเหลือจากผลผลิตทางการเกษตรนำใช้เป็น ส่วนประกอบของอาหารสัตว์น้ำ	18
3.1	แผนการดำเนินงาน	23
3.2	พารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่ดำเนินการวิเคราะห์ระหว่างการทดลอง	25
3.3	วัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง	25
3.4	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในสูตรอาหารทดลองและเนื้อกระดูก	26
4.1	น้ำหนักของกระดูกก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ด้วยอาหารผสมกากมะพร้าวหมักอีเอ็มเป็นเวลา 90 วัน	29
4.2	ผลการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตราการตายของกระดูกก้ามกรามระหว่างทดลอง	30
4.3	องค์ประกอบทางโภชนาการของเนื้อกระดูกก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร	32

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	สัดส่วนของจำนวนฟาร์มเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งก้ามกรามในประเทศไทยปี พ.ศ. 2563	1
2.1	กุ้งก้ามกรามเทศผู้ (<i>Macrobrachium rosenbergii</i> De Man, 1879)	5
2.2	วงจรชีวิตของกุ้งก้ามกราม	6
4.1	บ่อทดลองและระบบการให้อาการระหว่างทดลอง	27
4.2	กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลอง	28
4.3	แนวโน้มของน้ำหนักกุ้งก้ามกรามหลังได้รับอาหารทดลอง	28
4.4	ลักษณะของกุ้งก้ามกรามหลังสิ้นสุดการทดลอง	31
4.5	การชั่งและเตรียมตัวอย่างเนื้อกุ้งก้ามกราม	31
ผ.1	การเตรียมบ่อและสัตว์ทดลอง	45
ผ.2	กุ้งก้ามกรามระหว่างการทดลองและอาหารทดลอง	46
ผ.3	การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โภชนาการของเนื้อกุ้งทดลอง	47
ผ.4	การเตรียมวัตถุดิบและการผสมอาหารทดลอง	48
ผ.5	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารและเนื้อกุ้งก้ามกราม	49
ผ.6	การเผยแพร่ผลงานวิจัย	50

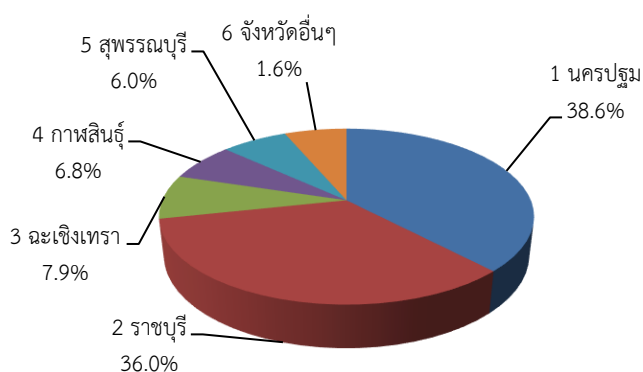
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

กุ้งก้ามกราม มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย พบทั่วไปในประเทศไทย พม่า เวียดนาม เขมร มาเลเซีย บังกลาเทศ อินเดีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ปัจจุบัน สปป.ลาวนำเข้ากุ้งก้ามกรามจากประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 1.8 ของกลุ่มประเทศอาเซียน ซึ่งการนำเข้าส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบกุ้งก้ามกราม มีชีวิต โดยมีแนวโน้มการบริโภคและนำเข้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามจึงได้รับความสนใจจากเกษตรกรและนักวิชาการในสปป.ลาว เป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามในการส่งเสริมและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเกษตรกร นักวิชาการ รวมไปถึงผู้สนใจในด้านองค์ความรู้เกี่ยวกับ การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามนั้น แหล่งข้อมูลจากประเทศไทยถือเป็นแหล่งข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดให้เกษตรกรหรือประชาชนผู้สนใจภายในสปป.ลาว เข้าถึงได้สะดวกและรวดเร็ว

โดยประเทศไทยมีการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมากที่สุดในภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเป็น การเลี้ยงทั้งเพื่อจำหน่ายภายในประเทศ และส่งออกไปยังต่างประเทศ สำหรับประมาณการฟาร์มเลี้ยงกุ้งก้ามกรามปี พ.ศ. 2563 มีจำนวน 5,722 ฟาร์ม โดยเป็นฟาร์มที่ได้รับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี (GAP) เมื่อสิ้นสุด ณ เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2563 จำนวน 1,672 ฟาร์ม คิดเป็นร้อยละ 29.2 ของฟาร์มทั้งหมด โดยส่วนใหญ่อยู่ในภาคกลาง ได้แก่ นครปฐม 647 ฟาร์ม ราชบุรี 482 ฟาร์ม ฉะเชิงเทรา 106 ฟาร์ม กาฬสินธุ์ 91 ฟาร์ม สุพรรณบุรี 80 ฟาร์ม และกาญจนบุรี 41 ฟาร์ม คิดเป็น ร้อยละ 38.6 36.0 7.9 6.8 6.0 และ 3.1 ของฟาร์มที่ได้รับการรับรอง ตามลำดับ ส่วนอีกร้อยละ 1.6 อยู่ในพื้นที่ จังหวัดสมุทรสาคร อุดรธานี พิษณุโลก ชลบุรี สมุทรปราการ ลพบุรี เพชรบุรี พระนครศรีอยุธยา และ สมุทรสงคราม (กรมประมง, 2563)



ภาพที่ 1 สัดส่วนของจำนวนฟาร์มเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งก้ามกรามในประเทศไทยปี พ.ศ. 2563
ที่มา: ดัดแปลงจากกรมประมง (2563)

โดยราคาขายส่งกุ้งก้ามกรามมีชีวิตเฉลี่ย ณ ตลาดไท ในช่วง 3 เดือนแรกของปี 2563 จำแนกตามขนาดกุ้งออกเป็นขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ราคา กิโลกรัมละ 353 332 และ 265 บาท ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปี 2562 กุ้งขนาดใหญ่และขนาดกลางราคาปรับลดลง คิดเป็นร้อยละ 27.27 และ 5.78 ส่วนกุ้งก้ามกรามขนาดเล็กราคาปรับตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 23.83 การจำหน่ายกุ้งก้ามกรามของเกษตรกรในภาคกลาง ส่วนใหญ่จำหน่ายกุ้งก้ามกรามมีชีวิตแบบคัดแยกขนาด สำหรับราคาเฉลี่ยกุ้งก้ามกรามขนาด 8-10 ตัว/กก. 12-15 ตัว/กก. 16-24 ตัว/กก. 25-30 ตัว/กก. และ 30-35 ตัวขึ้นไป/กก. ที่เกษตรกรขายได้ในช่วง 3 เดือนแรกของปี 2563 ราคา กิโลกรัมละ 300 245 170 180 และ 150 บาท ตามลำดับเมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปี 2562 ราคาทุกขนาดปรับลดลง ร้อยละ 33 37 100 37 และ 39 ตามลำดับ (สุทธสินี สนธิรัตน์, 2563)

จากการรวบรวมเอกสารพบว่า ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในประเทศไทยได้มีการพัฒนา รูปแบบวิธีการเลี้ยงโดยการเลี้ยงจะมีอัตราการปล่อยลูกพันธุ์กุ้งก้ามกรามมี 3 ระดับความหนาแน่น ได้แก่ 1.ระดับความหนาแน่นน้อย (Extensive culture) ปล่อยกุ้งอัตรา 20,000-24,000 ตัว/ไร่ 2. ระดับความหนาแน่นปานกลาง (Semi-intensive culture) ปล่อยกุ้งอัตรา 75,000-80,000 ตัว/ไร่ และ 3.ระดับความหนาแน่นมาก (Intensive culture) ปล่อยกุ้งอัตรา 150,000-200,000 ตัว/ไร่ โดยวิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด แต่ต้องใช้อบเลี้ยง 2 บ่อขึ้นไป โดยบ่อแรกเลี้ยงอย่างหนาแน่น (บ่อชำ) แล้วย้ายไปเลี้ยงในบ่อเลี้ยงที่เตรียมไว้ในบ่อที่สอง ความหนาแน่นของกุ้งที่ปล่อยตั้งแต่ 150,000-200,000 ตัว/ไร่ การให้อาหารวันละ 4 มื้อ ในการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไปจะมีต้นทุนค่าอาหารค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 60-80 ของต้นทุนทั้งหมด ทำให้เกษตรกรได้กำไรแต่ละรอบการเลี้ยงค่อนข้างน้อยหรือบางรายอาจขาดทุน ส่วนราชการหรือหน่วยงานเอกชนจึงคิดค้นสูตรอาหารต่างๆ เพื่อลดต้นทุนอันเกิดจากการให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว การใช้วัตถุดิบอาหารที่มาจากธรรมชาติจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือก ที่มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากวิธีทางธรรมชาติที่จะช่วยให้กุ้งแข็งแรง โตไวและมีความต้านทานโรคสูง ซึ่งจะเป็นการลดปัญหาการใช้ยาได้ (คะเนิงนิจ ก่อธรรมฤทธิ์, 2541) วัตถุดิบที่นำมาผสมในอาหารสัตว์ ได้มาจากแหล่งที่มาทั้งพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ได้แก่ ปลาป่น ปลาสด กากถั่วเหลือง มันสำปะหลัง รำ กากมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง จากการศึกษาของธนากร เหมะสกล และดวงใจ พิสุทธิธาราชัย (2562) พบว่าการเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน ในสูตรอาหารส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของปลาหมอ โดยหลังจากการเลี้ยง 150 วัน การเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันในสูตรอาหารที่ระดับ 15 % มีผลด้านการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดในทุกด้าน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตามสารอาหารจากวัตถุดิบต่างๆ สัตว์น้ำจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้นั้น อาจต้องผ่านกระบวนการย่อยสลาย โดยกระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ สารอาหารต่างๆ จะถูกปล่อยออกมาเช่น โปรตีน และกรดอะมิโน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบัน มีการนำอีเอ็ม (Effective Microorganism, EM) เข้ามาใช้เพื่อใช้ปรับสภาพของคุณภาพน้ำให้เหมาะสม และยังช่วยป้องกันการเกิดโรคต่างๆ ในสัตว์น้ำทำให้มีการใช้สารเคมีลดน้อยลง จุลินทรีย์เหล่านี้เน้นที่มีคุณสมบัติตามคุณสมบัติที่ต้องการ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) และยีสต์ นอกจากนี้ยังมีกลุ่มแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์แสง (Photosynthesis bacteria) กลุ่มที่สังเคราะห์ตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixing bacteria) กลุ่มที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ (Organic matters) เช่น *Bacillus* spp., *Saccharomyces* spp., เชื้อรา

(เกรียงศักดิ์ พูนสุข, 2535) จากการศึกษาของนฤมล รัตนชั้นแสง และคณะ (2556) พบว่าเมื่อหมักกากมะพร้าวสดด้วยยีสต์และยูเรียเป็นเวลา 10 วัน ทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานที่น่าสนใจนำมาต่อยอดในการศึกษาคั้งนี้

อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามใน สปป.ลาว จะต้องนำเข้าปัจจัยการผลิตจากประเทศไทยเป็นส่วนใหญ่ ในการศึกษาครั้งนี้ ภายใต้การสนับสนุนจากกรมความร่วมมือเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศ (TICA) และ กระทรวงการต่างประเทศ ได้ศึกษาการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในบ่อซีเมนต์โดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ กากมะพร้าวจากการคั่นกะทิ ซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้ที่มีอยู่ในปริมาณมากในพื้นที่ โดยทำการหมักกากมะพร้าวที่คั่นกะทิแล้วด้วยกากน้ำตาลในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถลดต้นทุนในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามสำหรับประชาชนและนักวิชาการทั้งใน สปป.ลาว และ ประเทศไทย ที่สนใจการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในบ่อซีเมนต์ด้วยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารที่ผสมกากมะพร้าวหมักในสัดส่วนที่แตกต่างกัน

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ภายหลังกุ้งก้ามกรามได้รับอาหารที่มีส่วนผสมจากกากมะพร้าวหมักในสัดส่วนที่ต่างกันมีการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารที่ผสมกากมะพร้าวหมักในสัดส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต และสร้างผลกำไรแก่ผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเชิงพาณิชย์

1.5 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอด ของกุ้งก้ามกรามอายุ 2 เดือน ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ด้วยอาหารผสมกากมะพร้าวหมักอีเอ็มในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำหนักตัว ตรวจวัดคุณภาพน้ำที่สำคัญประกอบด้วย อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ แอมโมเนียทั้งหมด จากนั้นวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อกุ้งก้ามกรามประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า โดยทำการทดลองเป็นเวลา 90 วัน บริเวณบ่อทดลอง สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของกุ้งก้ามกราม

กุ้งก้ามกรามมีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย พบทั่วไปในประเทศไทย พม่า เวียดนาม เขมร มาเลเซีย บังกลาเทศ อินเดีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ในประเทศไทย กุ้งก้ามกรามแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำจืดทั่วทุกภาค ประกอบด้วย ภาคกลาง ในแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำปรางบุรี และแม่น้ำนครนายก ภาคตะวันออกพบ ในแม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำระยอง และแม่น้ำเวฬุ และ ภาคเหนือ ใน แม่น้ำเมย และภาคใต้ (จักรตุพร วิสุทธิ, 2536)

จากประมาณ 200 สายพันธุ์ *Macrobrachium* กระจายอยู่ทั่วโลก 49 มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ จากสายพันธุ์เชิงพาณิชย์เหล่านี้ จำนวน 27 ชนิดได้รับการเพาะเลี้ยงในเอเชียแปซิฟิก ส่วนใหญ่อาศัยในน้ำจืด ขนาดที่พบแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์จากน้อยกว่า 10 ซม. ถึงขนาดใหญ่กว่า 20/30 ซม. โดยเฉพาะ *M. rosenbergii* ความยาวทั้งหมดสูงสุด 320 มม. สำหรับกุ้งตัวผู้และ 250 มม. สำหรับกุ้งตัวเมีย (Soesanto, Adisukresno, & Escritor, 1980) ตามรายงานของ Holthuis (1950) โดยมีการจัดอันดับทางอนุกรมวิธานของกุ้งก้ามกราม ดังนี้

Phylum: Arthropoda

Class: Crustacea

Oder: Decapoda

Suboder: Natantia

Family: Palaemonidae

Genus: *Macrobrachium*

Species: *M. rosenbergii*

กุ้งตัวเต็มวัยในสกุล *Macrobrachium* มีลักษณะดังนี้ กรี (Rostrum) ยาวโดยกรีด้านบนมีฟันกรีนจำนวน 13-16 ซี่ ด้านล่างมี 10-14 ซี่ บริเวณก้ามหนีบของตัวผู้จะปกคลุมด้วยขนที่มีลักษณะฟูคล้ายพองน้ำบริเวณด้านหลังที่จุดเชื่อมต่อของช่องลำตัว (เปลือกข้างลำตัว) มีแถบสีดำคาดที่เปลือกข้างลำตัวของแต่ละช่องลำตัวกรียาวกว่าแผ่นฐานหนวด (Scaphocerite) และที่บริเวณปล้องของลำตัวปล้องที่ 2 จะแผ่คลุมปล้องที่ 1 และ 3 ซึ่งแตกต่างจากกุ้งชนิดอื่น ๆ ที่ปล้องของลำตัวจะเรียงซ้อนทับกันไปตามลำดับ โดยปล้องที่ 1 ทับปล้องที่ 2 และปล้องที่ 2 ทับปล้องที่ 3 (ภาพที่ 2.1)



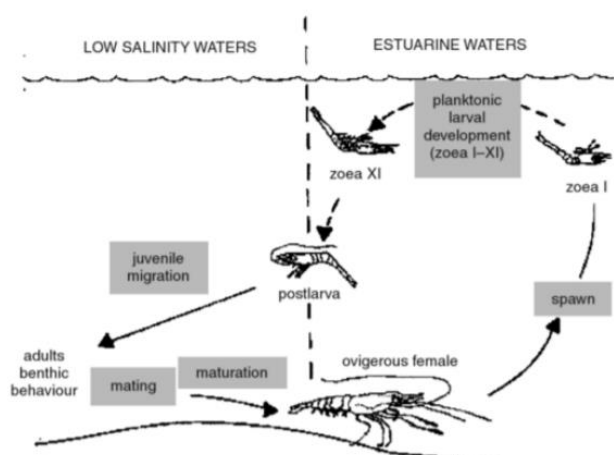
ภาพที่ 2.1 กุ้งก้ามกรามเทศผู้ (*Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879)

กุ้งก้ามกรามเทศผู้สามารถแบ่งตามลักษณะได้เป็น 3 ประเภท คือ 1. กุ้งก้ามสีน้ำเงิน (Blue Claw: BW) จะมีก้ามขนาดใหญ่สีน้ำเงิน มีหนาม ก้ามหนีบปกคลุมด้วยขนที่มีลักษณะฟูคล้ายฟองน้ำ และใช้ก้ามช่วยในการผสมพันธุ์ 2. กุ้งก้ามส้ม (Orange Claw: OC) มีก้ามขนาดใหญ่สีส้มอ่อนไม่มีหนาม บางกลุ่มมีก้ามขนาดเล็กสีส้มอ่อน (Smell Orange Claw: SOC) และใช้ก้ามช่วยในการผสมพันธุ์มากกว่ากุ้งก้ามสีน้ำเงิน และ 3. กุ้งตัวผู้ที่มีขนาดเล็ก (Smell Male: SM) ในขณะที่กุ้งเพศเมียแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ 1) กุ้งเพศเมียที่ยังไม่ได้รับการผสมพันธุ์ (Virgin: V or Virgin Female: VF) 2) กุ้งเพศเมียที่มีไข่สีน้ำตาล (Berried Female: BF) มีไข่พร้อมที่จะฟักอยู่ที่ช่องท้อง และ 3) กุ้งเพศเมียที่ปล่อยไข่ออกจากช่องท้องแล้ว

ลำตัวกุ้งก้ามกราม แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ส่วนหัวและส่วนอกรวมกันเป็นปล้องเดียวกัน (Cephalothorax) โดยมีเปลือกคลุมหัวและอกเรียกว่าเปลือกคลุมหัว (Carapace) โดยบริเวณแก้มทั้งสองข้าง มีร่องและหนามเล็ก ๆ 2 อัน คือ Hepatic spine และ Antennal spine กริมมีลักษณะแบนข้างและโค้งขึ้น มีฟันกริด้านบนและด้านล่าง โดยฟันกริด้านบน 13-16 ซี่ มีฟันกริด้านล่าง 10-14 ซี่ โคนกริมมีความกว้างกว่าปลายกริม โดยปลายกริมยาวเลยแผ่นฐานหนวดคู่ที่ 2 ก้านตาวายยื่นออกนอกเบ้าตา และเคลื่อนไหวไปมาได้ (บรรจง, 2535) ลำตัวมีสีเขียวหรือสีน้ำตาลเทา แต่บางครั้งพบว่ามีสีน้ำเงินเข้ม โดยเฉพาะกุ้งก้ามกรามที่มีขนาดใหญ่และอายุมากบริเวณขาว่ายน้ำด้านท้องจะมีสีส้มอ่อน โดยทั่วไปกุ้งก้ามกรามมีหนวด 2 คู่ คู่ที่ 1 มีรูปร่างปกติและมีเส้นหนวดอันบนยาวแบ่งเป็นปล้องเล็ก ๆ มากกว่า 100 ปล้อง และ คู่ที่ 2 แผ่นฐานหนวด มีความยาวเป็น 3 เท่าของความกว้างกุ้งก้ามกรามขาเดินคู่ที่ 1 มีความยาวครึ่งหนึ่งของปล้องที่ 3 (Carpus) และยาวเลยแผ่นฐานหนวดและส่วนปลายของก้าม (Dactylus) มีความยาวเท่ากับส่วนของก้ามหนีบของปลายปล้องที่ 2 (Propodus) ส่วนปล้องที่ 3 มีความยาวเป็น 2 เท่าของส่วนก้ามหรือยาวเท่ากับ 4/5 ของปล้องที่ขาเดินคู่ที่ 2 มีขนาดเท่ากันทั้งด้านซ้ายและด้านขวา มีความแข็งแรงขนาดใหญ่ และยาวกว่าขาเดินคู่แรกและเมื่อนำมาเหยียดตรงจะพบว่าส่วนของปล้องที่ 4 (Merus) มีความยาวเลยฐานหนวดส่วนของก้ามหนีบ จะบางและสั้นกว่าโคนก้ามในส่วนขอบด้านในของก้ามหนีบและมีฟันที่โคนก้าม 3-4 ซี่ และปกคลุมด้วยขนอ่อน ๆ ตลอดทั้งขา (บรรจง เทียนสงรัสมิ, 2535)

2.2 ชีวิตวิทยาการสืบพันธุ์และการกินอาหารของกุ้งก้ามกราม

2.2.1 ชีวิตวิทยาการสืบพันธุ์ กุ้งก้ามกรามเป็นสัตว์สองน้ำ อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำทั่วไปที่มีทางติดต่อกับทะเล มีวงจรชีวิต (Life cycle) (ภาพที่ 2.2) ที่อพยพระหว่างน้ำจืดและน้ำกร่อย โดยระยะของการผสมพันธุ์และการวางไข่อาศัยเกิดขึ้นในน้ำกร่อยบริเวณปากแม่น้ำ และเติบโตในแม่น้ำที่เป็นพื้นที่น้ำจืด (ยนต์ มุสิก, 2529) พื้นที่น้ำกร่อยนั้น กุ้งก้ามกรามจะอาศัยอยู่ในบริเวณชายฝั่งที่มีระดับน้ำลึกประมาณไม่เกิน 2 เมตร พื้นดินแข็ง ไม่มีวัชพืชขึ้นหนาแน่นเกินไป และเป็นบริเวณที่มีกิ่งไม้หรือพืชน้ำปกคลุม (มนู โปธารส, 2536) โดยปกติจะอาศัยอยู่ในน้ำจืดจนถึงตัวเต็มวัย เมื่อสมบูรณ์เพศและมีความพร้อมวางไข่ กุ้งก้ามกรามจึงอพยพไปวางไข่ในบริเวณที่น้ำมีความเค็ม 10-15 ส่วนในพันส่วน (ppt) โดยลูกกุ้งก้ามกรามที่ฟักเป็นตัวใหม่ ๆ จะล่องลอยไปตามกระแสน้ำเช่นเดียวกับแพลงก์ตอน จึงถูกกินโดยสัตว์น้ำชนิดอื่นได้ง่าย ลูกกุ้งวัยอ่อนเติบโตจนถึงระยะสุดท้าย (Post larva) เพียงประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาประมาณ 45-60 วัน และถูกกระแสน้ำพัดเข้าไปบริเวณแหล่งน้ำจืด (ไพโรจน์ พรหมมานนท์ และทรงชัย สหวัชรินทร์, 2528)



ภาพที่ 2.2 วงจรชีวิตของกุ้งก้ามกราม

ที่มา: New et al. (1998)

2.2.2 การเพาะพันธุ์กุ้งก้ามกราม การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้มีการพัฒนารูปแบบและมีการจัดการที่ดี มีการแข่งขันกันทั้งตลาดภายในและต่างประเทศ เกษตรกรสามารถเพาะเลี้ยงด้วยตนเอง การปล่อยแม่พันธุ์อัตราที่เหมาะสมคือ 2 ตัวต่อตารางเมตร (3,200 ตัวต่อไร่) และอัตราส่วนที่ปล่อยพ่อพันธุ์ต่อแม่พันธุ์ 1:5 (Ratnayake, Sivananthawerl, Walpita & Edirisinghe, 2011) เนื่องจากกุ้งเพศผู้เป็นสัตว์ที่มีการรักษาอาณาเขตค่อนข้างสูง อัตราปล่อยพ่อแม่พันธุ์ในกระชังแขวนลอยในบ่อดินที่เหมาะสม 10 ตัว/ลูกบาศก์เมตร และอัตราส่วนพ่อพันธุ์ต่อแม่พันธุ์ 1:4 โดยประมาณ (อำนาจ จงอักษร และคณะ, 2555) ให้อาหารช่วงเวลาตอนเย็น ปริมาณอาหารที่ให้ 3-5 % ต่อน้ำหนักตัว การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ในบ่อคอนกรีตกลม อาจให้อาหารสำเร็จรูปหรืออาหารสดเช่น หมึก หอยสองฝาวันละ 2 ครั้งอัตรา 3 % ของน้ำหนักตัว (Nandlal & Pickering, 2005)

โดยการพัฒนาของรังไข่และไข่ของแมกกุ้งก้ามกรามระยะต่าง ๆ ก่อนการผสมพันธุ์กับกุ้งตัวผู้ (Damrongphol, Eangchuan & Poolsanguan, 1991; Chang & Shih, 1995; Nandlal & Pickering, 2005) ดังนี้

2.2.2.1 ระยะที่ 1 เป็นระยะที่ไข่ยังไม่สมบูรณ์หรือเรียกว่า Previtellogenic stage โดยรังไข่มีลักษณะบางและใส อยู่บริเวณส่วนท้ายของช่องว่างใต้เปลือกหัว และไข่มีลักษณะเป็นแท่ง มีพอลลิเคิลล้อมรอบไข่ ไข่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12-100 ไมครอน

2.2.2.2 ระยะที่ 2 เป็นระยะไข่เริ่มสมบูรณ์หรือเรียกว่า Primary vitellogenic stage รังไข่เริ่มมีสีเหลืองเนื่องจากเริ่มมีการสะสมไข่แดง และเริ่มขยายจนมีพื้นที่ประมาณ $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ ของความยาวของช่องว่างใต้เปลือกหัว มีหยดน้ำ ม้วนไข่และเห็นเป็นเซลล์พอลลิเคิลชัดเจนขึ้น ไข่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100-170 ไมครอน

2.2.2.3 ระยะที่ 3 เป็นระยะไข่สมบูรณ์หรือเรียกว่า Secondary vitellogenic stage รังไข่มีสีส้มอ่อนเพราะมีการสะสมไข่แดง ในไข่มากขึ้น เรื่อย ๆ และรังไข่เริ่มขยายจนมีพื้นที่ประมาณมากกว่า $\frac{3}{4}$ ของความยาวของช่องว่างใต้เปลือกหัว พบเซลล์พอลลิเคิลน้อยลง ไข่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 170-300 ไมครอน

2.2.2.4 ระยะที่ 4 เป็นระยะไข่สุก รังไข่มีสีส้มเข้มและจะขยายเต็มพื้นที่ช่องว่างใต้เปลือกหัว ไม่พบเซลล์พอลลิเคิล ไข่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 530 ไมครอน

การพัฒนาการของรังไข่อาจประมาณการได้จากดัชนีความสมบูรณ์พันธุ์ (Gonado Somatic Index, GSI) โดยรังไข่ระยะที่ยังไม่สมบูรณ์จะมีค่าน้อยกว่า 0.5% และเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 4 และ 8% สำหรับรังไข่ระยะที่ 3 และ 4 ตามลำดับ (Revathi, Iyapparaj, Munuswamy & Krishnan, 2012)

Cavalli et al. (2001) ระบุว่ากุ้งก้ามกรามสมบูรณ์พันธุ์เมื่ออายุได้ 4-7 เดือน ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของอาหารและสภาพแวดล้อม แมกกุ้งจะเริ่มมีไข่แก่ (ไข่สีน้ำตาล) โดยกุ้งก้ามกรามสามารถวางไข่ได้ประมาณ 3-5 ครั้ง ต่อปี และปริมาณไข่ต่อตัวคำนวณได้จากสมการ ที่ (2.1) ดังนี้

$$Y = 484 + 1454X \quad (r^2 = 0.74) \quad (2.1)$$

โดย X คือ น้ำหนักตัว (กรัม) และ
Y คือ จำนวนไข่ (ฟอง)

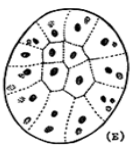
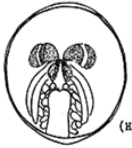
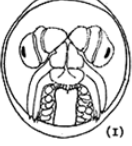
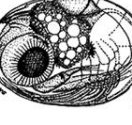
กุ้งก้ามกรามเพศผู้และเพศเมียมีความแตกต่างกันหลายลักษณะ โดยเพศผู้มีช่องเปิดของน้ำเชื้อ 1 คู่ อยู่ที่โคนขาเดินคู่ที่ 5 ด้านใน บริเวณช่องท้องระหว่างขอบของเปลือกหุ้มตัวของเพศผู้ จะแคบกว่าของตัวเมีย กุ้งเพศผู้มีขาเดินคู่ที่ 2 ที่ขนาดใหญ่และยาวกว่าของเพศเมีย ขาว่ายน้ำคู่ที่ 2 ของเพศผู้ มีติ่งขนาดเล็กยื่นออกมา 2 ตีง เรียกว่า Appendix masculine กับ Appendix interna

ในขณะที่ กุ้งเพศเมียมีตัง Appendix interna เท่านั้น (อำพล พงศ์สุวรรณ และอารีย์ สิทธิมงคล, 2532) ในช่วงฤดูวางไข่ ส่วนหัวของกุ้งเพศเมียจะมีแสดหรือแดงอมเหลือง ซึ่งเป็นสีของรังไข่ที่สังเกตเห็นได้ชัดเจน กุ้งก้ามกรามสามารถผสมพันธุ์และวางไข่ได้ตลอดปี การจับคู่ผสมพันธุ์ประมาณ 2-3 ชั่วโมง กุ้งตัวผู้จะใช้ก้ามป้องกันกุ้งตัวเมียจากการรบกวนของกุ้งตัวอื่น กุ้งตัวผู้จะใช้ก้ามจับก้ามกุ้งตัวเมีย และเคลื่อนที่เข้าใกล้กุ้งตัวเมีย การจับคู่ผสมพันธุ์เริ่มขึ้นภายหลังที่กุ้งตัวเมียลอกคราบโดยกุ้งตัวผู้จะใช้ขาเดินแหวกขาว่ายน้ำน้ำของกุ้งตัวเมียและสอดถุงน้ำเชื้อที่ตึงจากช่องเปิดน้ำเชื้อบริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 5 แล้ววางไข่ไว้ใกล้ช่องปล่อยไข่ของกุ้งตัวเมีย ซึ่งอยู่บริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 3 ใช้เวลาการผสมพันธุ์ 45-55 วินาที แล้วแยกตัวจากกัน หลังจากการผสมพันธุ์กุ้งเพศเมียจะวางไข่ภายใน 2-3 ชั่วโมง ไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว จะติดอยู่กับส่วนนอกของกุ้งเพศเมีย กุ้งเพศเมียโบกพัดขาว่ายน้ำน้ำเพื่อเพิ่มก๊าซออกซิเจนให้กับไข่กุ้ง ในระยะแรกไข่กุ้งมีสีเหลืองอมส้มมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 -0.8 มิลลิเมตร ในระยะที่มีการพัฒนาแล้วไข่กุ้งเปลี่ยนเป็นสีเทาดำและสังเกตตาถูกกุ้งได้ชัดเจนใช้เวลาประมาณ 17 - 21 วัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ หลังจากนั้นจึงฟักเป็นตัว

ตารางที่ 2.1 พัฒนาการของไข่กุ้งก้ามกรามหลังการปฏิสนธิ

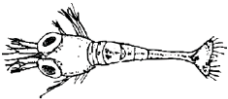
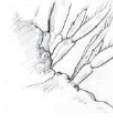
ระยะ	วัน/เวลา	รูปประกอบ	หมายเหตุ
1	7 ชั่วโมง		การแบ่งตัวของนิวเคลียสครั้งที่ 2 เพื่อสร้างเซลล์ใหม่เสร็จอย่างสมบูรณ์
2	1 ชั่วโมง 45 นาที		การแบ่งตัวของนิวเคลียสของนิวเคลียสในเซลล์ครั้งที่ 3 ใกล้สมบูรณ์
3	10 นาที		การแบ่งตัวของนิวเคลียสของนิวเคลียสในเซลล์ที่ 3 สมบูรณ์ ประกอบมี 4 เซลล์ จากเซลล์เริ่มต้น 1 เซลล์
4	5 นาที		มีการสร้างผนังกันเซลล์อย่างสมบูรณ์ กลุ่มเซลล์ที่ได้เรียกว่า Blastomere

ตารางที่ 2.1 พัฒนาการของไข่กึ่งก้ามกรามหลังการปฏิสนธิ (ต่อ)

ระยะ	วัน/เวลา	รูปประกอบ	หมายเหตุ
5	5 ชั่วโมง (เวลารวม 24 ชั่วโมงหรือ 1 วัน)		จำนวนเซลล์เพิ่มเป็น 32 เซลล์
6	10 ชั่วโมง		มีการแบ่งเซลล์จนหุ้มไข่แดงทั้งหมด
7	5 วัน (เวลารวม 6 วัน)		มีการสร้างแพนหางภายใน
8	1 วัน (เวลารวม 7 วัน)		มีการสร้างส่วนตา
9	2 วัน (เวลารวม 9 วัน)		มีการสร้างสีของตา
10	5 วัน (เวลารวม 14 วัน)		ตัวอ่อนพัฒนาอย่างสมบูรณ์
11	5 วัน (เวลารวม 19 วัน)		ตัวอ่อนพร้อมที่จะฟักเป็นตัว

ลูกกึ่งก้ามกรามฟักเป็นตัวแล้วจะมีพัฒนาการอย่างต่อเนื่องอีก 13 ระยะ แยกเป็นระยะ Larvae 11 ระยะย่อย และ ระยะ Post larvae 2 ระยะย่อย ใช้เวลาประมาณ 23-35 วัน จนกลายเป็นลูกกึ่งที่มีลักษณะและพฤติกรรมเหมือนกุ้งตัวเต็มวัยรวมทั้งปรับตัวอาศัยในน้ำจืดได้ (Nandlal & Pickering, 2005) โดยระยะและอายุลูกกึ่งก้ามกราม Uno and Soo (1969) จำแนกได้ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ตารางการพัฒนาของกุ้งวัยอ่อน

ระยะ	รูปแสดงของตัวกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน	รูปประกอบ	หมายเหตุ
1			อายุ 1 วัน ไม่มีก้านตา
2			อายุ 2 วัน มีการสร้างก้านตา
3			อายุ 3-4 วัน มีการสร้างแผ่นหาง
4			อายุ 4-6 วัน มีการสร้างซีฟอนบน ส่วนหลังของกรีกจำนวน 2 ซี
5			อายุ 5-8 วัน ปลายหางแคบและ ยาวขึ้น
6			อายุ 7-10 วัน มีการสร้างปุ่มขา ว่ายน้ำ
7			อายุ 11-17 วัน ขาว่ายน้ำแยกเป็น สองแฉก ยังไม่มีการสร้างขนเล็ก ๆ (Setae)
8			อายุ 15-22 วัน มีการสร้างรยางค์ อื่น ๆ บนขาว่ายน้ำ
9			อายุ 17-24 วัน มีการสร้างซีฟอนบน ส่วนหลังของกรีกจำนวน 3-4 ซี
10			อายุ 19-26 วัน มีการสร้างซีฟอนบน ส่วนหน้าของกรีก
11			ระยะ Post larvae ช่วงต้น ลูกกุ้ง ลงเกาะพื้นขาว่ายน้ำไปทางหน้าแลมี ซีฟอนบนและล่างของกรีก

ระยะ Post larvae ช่วงท้าย ลูกกุ้งอายุ 23-35 วัน ลูกกุ้งมีลักษณะและพฤติกรรมเหมือนกุ้งตัวเต็มวัยคือกินอาหารตามพื้นและปรับตัวสามารถอาศัยในน้ำจืดได้

อย่างไรก็ตามความเค็มของน้ำนับเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการพัฒนาของลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนเนื่องจากวงจรการสืบพันธุ์ หลังจากฟักพ่อแม่กุ้งผสมพันธุ์ในเขตน้ำจืดแล้ว แม่พันธุ์กุ้งที่อุ้มไข่จะอพยพไปยังเขตน้ำกร่อยที่แร่ธาตุมากขึ้น หากลูกกุ้งวัยอ่อนไม่ได้อาศัยในน้ำที่มีความเค็มลูกกุ้งวัยอ่อนจะตายภายในระยะเวลา 2 วัน (Nandlal & Pickering, 2005) นอกจากนี้แมกนีเซียมยังเป็นแร่ธาตุที่มีความสัมพันธ์เป็นอย่างมากกับอัตราการตายของลูกกุ้ง (Hangsapreurke et al., 2551) ซึ่งความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหมาะสมคือไม่ควรต่ำกว่า 900-1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (พิเชต พลายุเพชร, 2558) ในการเพาะฟักที่มีประสิทธิภาพ ควรใช้แม่พันธุ์กุ้งก้ามกรามเฉพาะที่มีไข่แก่ (สีน้ำตาลเข้ม) และปรับความเค็มของน้ำให้มีค่าประมาณ 5-15 ppt สำหรับการกระตุ้นให้ลูกกุ้งฟักเป็นตัวและการอนุบาลจนเข้าสู่ระยะ Post larvae

2.2.3 ชีวิตวิทยาการกินอาหารของกุ้งก้ามกราม กุ้งก้ามกรามมีพฤติกรรมการกินอาหารได้หลากหลายชนิด กินได้ทั้งพืชและสัตว์ (omnivorous animal) มีนิสัยกินเร็วไม่เลือกชนิดอาหาร รวมทั้งสามารถกินซากเน่าเปื่อย (scavenger) ได้ ในช่วงที่ไม่มีอาหาร อาจกินพวกเดียวกันเป็นอาหารได้ ความต้องการสารอาหารขึ้นอยู่กับอายุตัวอ่อนของกุ้งก้ามกราม หลังฟักเป็นตัววันแรกจะยังไม่กินอาหาร หลังจากนั้นมีการพัฒนาระบบการย่อยอาหารอย่างช้า ๆ ในช่วงวัยอ่อน ลูกกุ้งวัยอ่อนมีไข่สีแดง (yolk) เมื่อไข่แดงหมด จะกินอาหารแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ ในช่วงวัยรุ่นขึ้นต้น (juvenile) สามารถกินอาหารบริเวณผิวดินและกินอาหารที่มีขนาดใหญ่กว่าตัว ในช่วงโตเต็มวัย กุ้งใช้ก้ามที่มีขนาดใหญ่และแข็งแรง จับลูกปลาเป็นอาหารได้ เนื่องจากกุ้งก้ามกรามเป็นสัตว์ไม่ชอบแสง จึงหลบซ่อนตัวในเวลากลางวัน และออกหากินในเวลากลางคืนจนถึงเช้ามืด (ไพโรจน์ พรหมมานนท์ และ ทรงชัย สหวัชรินทร์, 2528)

2.3 ความต้องการสารอาหารของกุ้งก้ามกราม

2.3.1 ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโน กุ้งก้ามกรามวัยรุ่นต้องการโปรตีนประมาณ 25-40 % ในขณะที่กุ้งพ่อแม่พันธุ์ต้องการโปรตีนที่สูงขึ้น ประมาณ 40 % หากเป็นการเลี้ยงในบ่อดิน อาจลดระดับโปรตีนเหลือ 35 % ได้ พ่อแม่พันธุ์กุ้งก้ามกรามต้องการกรดอะมิโนจำเป็น ได้แก่ ลิวซีน ไลซีน วาลีน ไอโซลิวซีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน เมไทโอนีน อาร์จินีน ฮีสติดีน และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น จำพวก ซีสทีน และไทโรซีน Smith et al. (2007) ศึกษาการย่อยวัตถุดิบอาหารจากถั่ว lupin จำนวน 6 สายพันธุ์ โดยศึกษาการย่อยโปรตีน และการย่อยพลังงาน โดยใช้ ytterbium acetate ความเข้มข้น 0.5 กรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นตัวตรวจสอบในอาหารและตัวอย่างมูล หลังจากการให้อาหารผ่านไป 3 ชั่วโมงพบว่า *Lupin angustifolius* เหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้ อย่างไรก็ตามกุ้งก้ามกรามสามารถย่อยแหล่งโปรตีนจากสัตว์ได้ดีกว่าแหล่งโปรตีนจากพืช เนื่องจากโปรตีนจากสัตว์ไม่มีสารยับยั้งการย่อยอาหารจำพวกแทนนินและกรดไฟติก

โดยทั่วไปกึ่งก้ามกรามมีการสะสมกรดไขมันกลุ่ม n-3 ในร่างกายน้อยกว่ากรดไขมันกลุ่ม n-6 ในอาหารจึงจำเป็นต้องมีกรดลิโนเลอิกอย่างน้อย 0.13 % และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (EPA และ DHA) เท่ากับ 0.15 % ระดับคลอเรสเตอรอลที่เหมาะสมในอาหารกึ่งก้ามกราม ประมาณ 0.3 % ของอาหาร โดยปกติใช้ฟอสโฟลิปิดในอาหาร เนื่องจาก มีราคาถูกกว่าคลอเรสเตอรอลในอาหารกึ่งก้ามกรามต้องมีระดับพลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสม เพื่อลดการใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงาน กึ่งก้ามกรามวัยรุ่นต้องการพลังงานจากอาหารประมาณ 3.39-4.29 กิโลแคลอรีต่อกรัมอาหาร เนื่องจาก ระดับไขมันต่ำสุดที่สามารถเป็นแหล่งพลังงานและแหล่งกรดไขมันที่จำเป็น คือ ประมาณ 5 % สัดส่วนของไขมันต่อคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสม ควรอยู่ที่ 1 : 3-4 กึ่งก้ามกรามต้องการโปรตีนจากอาหารเพิ่มขึ้นเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์และฮอร์โมน Mitra *et al.* (2005) อาหารสำหรับพ่อแม่พันธุ์กึ่งก้ามกรามมีระดับโปรตีนเท่ากับ 35-40% ส่วนกึ่งวัยรุ่นต้องการโปรตีนประมาณ 25-35% (Habashy, 2009) การเลี้ยงในบ่อดินระดับโปรตีนในอาหารอาจจะลดเหลือ 35% ได้ แม้ยังไม่มีการศึกษาความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นแต่ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นของพ่อแม่พันธุ์กึ่งก้ามกรามอาจประมาณการจากระดับกรดอะมิโนจำเป็นที่พบในไข่ได้ (Das, Saad, Ang, Law & Harmin, 1996) กรดอะมิโนจำเป็นในไข่ที่มีระดับโปรตีนประมาณ 52% ของน้ำหนักแห้ง จากการทดลองของ Yao *et al.* (2006) รายงานความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นสำหรับพ่อแม่พันธุ์กึ่งก้ามกรามในปริมาณที่เหมาะสมดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นจากอาหารของพ่อแม่พันธุ์กึ่งก้ามกราม

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณ (%)
กรดอะมิโนที่จำเป็น	
ลิวซีน	7.62
ไลซีน	7.35
วาเลีน	6.05
ไอโซลิวซีน	4.76
ฟีนิลอะลานีน	3.93
ทรีโอนีน	3.68
เมไทโอนีน	2.35
อาร์จินีน	6.15
ฮิสติดีน	2.95
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น	
ซีสตีน์	3.57
ไทโรซีน	3.39

ที่มา: ดัดแปลงจาก พิเชต พลายเพชร (2558)

2.3.2 ความต้องการไขมันและกรดไขมัน ธนาภรณ์ จิตตपालพงศ์ (2557) ระบุว่า ไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูงสุด ไขมัน 1 กรัมให้พลังงาน 8-9 กิโลแคลอรี เป็นหนึ่งใน 3 ของสารอาหารหลักที่จำเป็นของอาหารสัตว์น้ำ (โปรตีน ไขมัน และ คาร์โบไฮเดรต) มีความสำคัญรองจากโปรตีน ได้แก่ ไขมัน ขี้ผึ้ง น้ำมัน phospholipid glycolipid และ sterols โดยไขมันเป็นของแข็ง ส่วนน้ำมันเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติแหล่งที่มาได้แก่ พืช และ สัตว์ ไขมันจากพืชอยู่ในรูปของเหลว เช่นน้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง ไขมันในสัตว์ส่วนใหญ่อยู่ใน รูปของแข็ง ไขมันในสัตว์มีคอเลสเตอรอล แต่ของพืชไม่มี ไขมันไม่ละลายน้ำ ไขมันมีอยู่ในทุกเซลล์ ของสิ่งมีชีวิต เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เยื่อหุ้มหัวใจ เยื่อหุ้มประสาท ป้องกันไม่ให้ฮอร์โมน และวิตามินซึมออกไปนอกเซลล์ ทำให้ร่างกายอบอุ่น เป็นตัวกันการกระทบกระเทือนของอวัยวะ ภายใน ให้พลังงาน ช่วยละลายและดูดซึมวิตามินบางชนิดได้แก่ เอ ดี อี เค ให้กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย เป็นตัวพาสิตอื่น ๆ ไปที่ตับ และส่วนต่างๆ ของร่างกาย ไขมัน ในร่างกายของสัตว์แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ไขมันคงตัวหรือ Constant fat มีอยู่ในปริมาณที่น้อยแต่ต้องมีตลอดไป เมื่อสัตว์ขาดอาหาร ร่างกายจะไม่ดึงไขมันตัวนี้ออกมาใช้ และไขมันไม่คงตัว หรือ variable fat มีในร่างกายสัตว์ เป็นพลังงานสำรอง เมื่อขาดแคลนอาหารไขมันส่วนนี้ จะถูกดึงมาใช้ กรดไขมัน แบ่งเป็นกรดไขมันที่อิ่มตัว (ไขมันสัตว์ มะพร้าว และปาล์ม) มีจุดหลอมเหลวสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส โดยแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง ถ้าไขมันที่สัตว์น้ำกินเข้าไปในร่างกายมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าอุณหภูมิในตัวสัตว์น้ำทำให้ไขมัน อยู่ในรูปของแข็งเป็นก้อนที่ลำไส้ เกิดการย่อยที่ไม่สมบูรณ์ ดูดซึมได้ช้า และกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (น้ำมันปลา น้ำมันตับปลา และน้ำมันตับปลาหมึก) จุดหลอมเหลวต่ำ อยู่ในสภาพเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง มีความสำคัญเนื่องจากเป็นกรดไขมันที่จำเป็น (Essential fatty acids หรือ EFA) เพราะสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์ได้เอง ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น เป็นต้นกำเนิดของ prostaglandin หรือสารที่ควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบที่มดลูก เร่งการตกไข่ ควบคุมการ หลั่งฮอร์โมนในร่างกาย และความดันโลหิต ในกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว มีกรดไขมันที่จำเป็น (เพราะสัตว์น้ำ ไม่สามารถสร้างเอง) ได้แก่ Linoleic (w6 โอเมก้า 6) และ Linolenic (w3โอเมก้า 3) โดยสัตว์น้ำได้นำกรดไขมันทั้ง 2 ตัวไปเพื่อไปสร้าง arachidonic acid ซึ่งเป็นองค์ประกอบผนังเซลล์ในร่างกาย ได้แก่ สมอ กล้ามเนื้อ และตับ อย่างไรก็ตาม Mitra et al. (2005) รายงานว่าไขมันในอาหารประมาณ 3-7% (เฉลี่ยเท่ากับ 5 %) เพียงพอสำหรับความต้องการของพ่อแม่พันธุ์กึ่งก้ามกรามในแง่การเป็นแหล่งพลังงาน และแหล่งกรดไขมันจำเป็น อย่างไรก็ตามระดับไขมันในอาหารอาจสูงถึง 10% โดยไม่กระทบต่อการสืบพันธุ์ (Murmu et al., 2007) สอดคล้องกับระดับไขมันในอาหารพ่อแม่พันธุ์กึ่งทะเลชนิดกินทั้ง พืชและสัตว์ FAO (1987) กึ่งก้ามกรามต้องการกรดไขมันทั้ง กลุ่มโอเมก้า 3 และ 6 (n-3 และ n-6) อย่างน้อย 0.075% ของน้ำหนักอาหารแห้ง นอกจากนี้พ่อแม่พันธุ์กึ่งก้ามกราม มีความต้องการกรดไขมันกลุ่ม n-6 มากกว่ากลุ่ม n-3 de Caluwé et al. (1995) พบว่าไขกึ่งก้ามกรามมีการสะสมของกรดไลโนเลอิก (Linoleic acid, LOA, 18:2n-6) มากกว่ากรดไขมันชนิดอีพีเอ (Eicosapentaenoic acid, EPA, 20:5n-3) และดีเอชเอ

(Docosahexaenoic acid, DHA, 22:6n-3) กุ้งก้ามกรามมีการสะสมกรดไขมันกลุ่ม n-3 ในร่างกาย น้อยกว่ากรดไขมันกลุ่ม n-6 เช่นกัน (D'Abramo, 1998)

2.3.3 ความต้องการพลังงานและคาร์โบไฮเดรต คาร์โบไฮเดรตในอาหารสัตว์น้ำทำหน้าที่เป็น แหล่งพลังงานที่มีราคาถูกกว่าแหล่งพลังงานจาก โปรตีนและไขมัน อีกทั้งเป็นสารเหนียว (Binder) ที่ ช่วยทำให้อาหารสัตว์น้ำมีความคงทน อยู่ในน้ำได้นาน และทำให้น้ำตาลที่ได้จากการย่อย คาร์โบไฮเดรตเคลื่อนที่ในทางเดินอาหารช้าลง ส่งผลให้สัตว์น้ำมีอัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น อีกทั้ง คาร์โบไฮเดรตยังเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการจัดเก็บไกลโคเจน, การสังเคราะห์โคตินและสารตั้งต้นของส เตียรอยด์และกรดไขมัน. กุ้ง ทั้งนี้เอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรตยังถูกพบในกุ้งน้ำจืด (Deshimaru & Yone, 1978) คาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่กุ้งสามารถใช้ประโยชน์ได้ดี ได้แก่กลุ่มของกลูโคส (New, 1976) โดยเฉพาะ กุ้งก้ามกรามจะมีกิจกรรมอะไมเลสและเซลลูโลสที่สูงขึ้นมากใน hepatopancreas กระเพาะอาหารหรือลำไส้เมื่อเทียบกับกุ้งทะเล (Chuang et al., 1985)

ถึงแม้ว่าสัตว์ทุกชนิดสามารถใช้ทั้งโปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานได้ แต่ในอาหารจำเป็นต้องมีระดับพลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสม จึงจะทำให้ลดการใช้ โปรตีนเป็นแหล่งพลังงาน (Protein sparing effect) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาหารพ่อแม่พันธุ์ กุ้งก้ามกรามควรมีระดับโปรตีน 40% พลังงานประมาณ 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม และหากโปรตีนใน อาหารลดเหลือ 35% พลังงานในอาหารต้องเพิ่มเป็นอย่างน้อย 4.73 กิโลแคลอรีต่อกรัมอาหาร พ่อแม่ พันธุ์กุ้งก้ามกรามมีความต้องการพลังงานมากกว่ากุ้งวัยรุ่นที่ต้องการพลังงานจากอาหารประมาณ 3.39-4.29 กิโลแคลอรีต่อกรัมอาหาร (Habashy, 2009) เนื่องจากระดับไขมันต่ำสุดที่สามารถเป็น แหล่งพลังงานและแหล่งกรดไขมันจำเป็นคือประมาณ 5% คาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมคือ 1:3-4 (Mitra et al., 2005) อาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้งก้ามกรามควรมีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 15-20%

2.3.4 ความต้องการวิตามินและแร่ธาตุ การศึกษาความต้องการวิตามินซีในกุ้ง พบว่าการ สังเคราะห์วิตามินซีพบในกุ้งสามารถทำได้ในกุ้งบางชนิด แต่มีประสิทธิภาพต่ำมากไม่เพียงพอต่อความ ต้องการ (Lightner et al., 1979) จำเป็นต้องได้รับวิตามินซี (ascorbic acids) จากอาหาร (He and Lawrence, 1993) ทั้งนี้วิตามินซีมีหน้าที่สำคัญช่วยให้การ ทำงานของร่างกายดำเนินไปอย่างปกติ มี บทบาทในกระบวนการทางชีวเคมีในระดับเซลล์ ช่วยต้านทานโรค (Li and Lovell, 1985) มีฤทธิ์ช่วย ด้านการ oxidation (Chew, 1995) โดยเฉพาะมีบทบาทสำคัญในการช่วยต้านความเครียดของสัตว์น้ำ เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น การจัดการระหว่างการเลี้ยง การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เป็นต้น (Mazic et al., 1987; Thomas, 1984; Merchie et al., 1998) การขาดวิตามินซี ทำให้สัตว์น้ำมีการ เจริญเติบโตช้า และทำให้อัตราการตายสูงขึ้น (He and Lawrence, 1993; Hari and Kurap, 2002) นอกจากนี้ยังพบว่าการขาดวิตามินซีในกุ้งทำให้สังเคราะห์คอลลาเจนไม่ดี (Hunter et al., 1979) ก่อให้เกิดจุดสีดำ (Melanized lesions) ในชั้นของคอลลาเจน ซึ่งอยู่ใต้เปลือกและมีการตายระหว่าง

การลอกคราบ เรียกการตายของกุ้งเนื่องจากการขาดวิตามินซีนี้ว่า “black death” รายงานการพบครั้งแรกโดย Lightner et al. (1977) รูปแบบหรือชนิดของวิตามินซีมีผลต่อปริมาณที่ต้องใส่ในอาหาร (Shiau and Hsu, 1994) หากเป็นชนิดที่สลายง่ายต้องใส่ในอาหารปริมาณมากกว่ารูปแบบที่ค่อนข้างเสถียร ดังนั้นปริมาณของวิตามินซีที่ใส่ในอาหารจึงมากกว่าปริมาณที่สัตว์น้ำต้องการจริง วิตามินซีรูป L-ascorbic acid นั้นสลายตัวง่ายมากจึงมีการพัฒนารูปแบบเคลือบที่เรียกว่า C-coated ต่อมามีการพัฒนาอนุพันธ์ของวิตามินซี (C-derivative) โดยแทนที่ หมู่ OH ด้วยหมู่ sulphate หรือ phosphate ด้วยกระบวนการ Esterification ทำให้มีความทนทานต่อความร้อน และการ Oxidation (Shigueno and Itoh, 1988) เช่น L-ascorbyl-2-sulfate, L-ascorbyl-2-monophosphate, L-ascorbyl-2-polyphosphate และ L-ascorbyl-6-palmitate (Brandt et al., 1985; Wilson et al., 1989) การศึกษาในกุ้งกุลาดำนั้นพบว่า L-ascorbyl-2-sulfate มีประสิทธิภาพเพียง 25% ของ L-ascorbyl-2-monophosphate เท่านั้น (Shiau and Hsu, 1994)

วิตามินอีจะมีความสำคัญในด้านการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ แต่จะต้องอาศัยการทำงานและการสังเคราะห์วิตามินซีควบคู่ไปด้วย โดยรังไข่ของแม่กุ้งก้ามกรามในช่วงการสะสมไข่แดง (รังไข่ระยะที่ 1-3) มีการสะสมของวิตามินอี (α -tocopherol) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่เมื่อเข้าสู่ระยะการสะสมไข่แดงระยะสุดท้ายและรังไข่ระยะที่ 4 และ 5 ปริมาณของวิตามินอีในรังไข่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด และพบการสะสมในไข่เพิ่มขึ้นในทางตรงข้ามการสะสมวิตามินซีในรังไข่เริ่มลดลงตั้งแต่รังไข่ระยะที่ 3 เป็นต้นมา และพบการสะสมในไข่น้อยกว่าวิตามินอีประมาณ 3 เท่า (Wouters & Fegan, 2004) วิตามินซี (Ascorbic acid) เป็นวิตามินกลุ่มที่ละลายได้ในน้ำ พบได้ทั้งในพืชและสัตว์ ความต้องการวิตามินซีในอาหารขึ้นกับความสามารถในการสังเคราะห์ Ascorbic acid ในขั้นตอนสุดท้ายจากน้ำตาลกลูโคส โดยใช้เอนไซม์ Gulono lactone oxidase (GLO) (Burn et al., 1956) สัตว์น้ำที่สามารถสังเคราะห์วิตามินซี ได้มีการทำงานของเอนไซม์ GLO (Sato et al., 1978)

แร่ธาตุมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของกุ้ง โดยเฉพาะการลอกคราบและการปรับสมดุลน้ำและไอออน ภัยพิบัติ (2545) แบ่งกลุ่มของธาตุอาหารที่ละลายในน้ำ ดังนี้ 1. กลุ่มธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P) และโปแตสเซียม (K) 2. กลุ่มธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) 3. กลุ่มธาตุอาหารที่ใช้น้อยแต่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ได้แก่ โคบอลต์ (Co) และ โบรมีน (Br) 4. กลุ่มอาหารเสริม ได้แก่ สังกะสี (Zn), โบรอน (B), ทองแดง (Cu) และแมงกานีส (Mn) 5. กลุ่มธาตุจากอากาศ ได้แก่ คาร์บอน (C), ออกซิเจน (O) และ ไฮโดรเจน (H) และ 6. กลุ่มธาตุที่เป็นส่วนประกอบหลักของน้ำทะเล ได้แก่ โซเดียม (Na), คลอไรด์ (Cl) และ ไอโอดีน (I) อย่างไรก็ตามแร่ธาตุมีความสำคัญต่อการสร้างเนื้อเยื่อโครงร่างแข็ง การหายใจ การย่อยอาหาร และการสั่นหรือการขยับตัวของหนวดและระยางค์ สำหรับวงจรชีวิตของกุ้ง ก้ามกรามนั้นการตอบสนองต่อความต้องการแคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโต โดยแคลเซียมจะเป็นส่วนประกอบหลักของเนื้อเยื่อโครงร่าง ดังนั้นการเสริมแคลเซียมในอาหารเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ในสภาพการเพาะเลี้ยง นอกจากนี้แร่ธาตุยังเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการสืบพันธุ์เช่นเดียวกับวิตามิน แม้ว่ากุ้งก้ามกรามจะสามารถดูดแร่ธาตุจากแหล่งน้ำ ได้บางส่วน

แต่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารโดยเฉพาะในช่วงการสืบพันธุ์ที่ความต้องการแร่ธาตุต่าง ๆ มากขึ้น เช่นเดียวกับสัตว์น้ำ ชนิดอื่นที่การศึกษาความต้องการแร่ธาตุของพ่อแม่พันธุ์กุ้งก้ามกรามยังมีน้อยมาก โดยแร่ธาตุที่มีการศึกษาแล้วคือความต้องการสังกะสีของพ่อแม่พันธุ์ กุ้งก้ามกรามที่มีค่าอยู่ในช่วง 50-90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (Mitra et al., 2005) แร่ธาตุที่ควรมีในอาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้งก้ามกราม FAO (1987) แร่ธาตุหลัก เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม ประมาณ 2.5, 1.4, 0.9, 0.13% ตามลำดับ ส่วนแร่ธาตุรอง เช่น Fe (เหล็ก), Mn (แมงกานีส), Cu (ทองแดง), Co (โคบอลต์), I (ไอโอดีน), Cr (โครเมียม), และ Se (ซีลีเนียม) ประมาณ 100, 60, 12, 1.2, 6.0, 1.0 และ 0.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับวิตามิน อาจมีการเติมแร่ธาตุจากแหล่งวิตามินและแร่ธาตุรวมดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 วิตามินและแร่ธาตุสำหรับอาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้งก้ามกราม (IU หรือมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

วิตามิน	มิลลิกรัม	แร่ธาตุ	มิลลิกรัม
A	2,000,000 IU	Fe	1,000
D	400,000 IU	Zn	3,000
e	12,000	Mn	2,000
K	480	Cu	100
B1	800	I	20
B2	800	Co	10
B3	5,000	Se	
B5	2,000		
B6	500		
B7	20		
B9	160		
B12	2,000		
C (97-99%)	35,000		

ในการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไปจะมีต้นทุนค่าอาหารค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 60-80 ของต้นทุนทั้งหมด หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมและวิจัยเพื่อพัฒนาการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม รวมถึงเกษตรกรได้ศึกษาคิดค้นสูตรอาหารต่าง ๆ เพื่อลดต้นทุนดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง การใช้วัตถุดิบอาหารที่มาจากธรรมชาติจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง โดยวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งพลังงานอาจจำแนกออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ เมล็ดธัญพืช รากและหัวพืช ไขมัน และอื่น ๆ รวมทั้งผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม โดยแต่ละกลุ่มมีลักษณะ คุณสมบัติ รวมทั้งข้อจำกัดในการนำมาใช้ที่แตกต่างกัน ดังนั้นควรพิจารณาเรื่องคุณภาพของสารอาหารที่ดีสำหรับ

สัตว์น้ำแต่ละชนิดควบคู่กับการลด ต้นทุนการผลิต โดยสามารถเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีในท้องถิ่น และเศษเหลือทางการเกษตร และผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ในการผลิต อย่างไรก็ตามวัตถุดิบหรือวิธีการทางธรรมชาติจะเป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ในการเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากวิธีทางธรรมชาติที่ช่วยให้กุ้งแข็งแรง โตไวและมีความต้านทานโรคสูง ซึ่งจะเป็นการลดปัญหาการใช้ยาลงได้ (คะเนิงนิจ ก่อธรรมฤทธิ์, 2541) วัตถุดิบที่นำมาผสมในอาหารสัตว์ ได้มาจากแหล่งที่มาทั้งพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ได้แก่ ปลาป่น ปลาสต กากถั่วเหลือง มันสำปะหลัง รำ กากมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง โดยเฉพาะมะพร้าว (*Cocos nucifera* L.) ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจ นอกจากจะมีการกินสดหรือการคั้นกะทิแล้ว ยังมีการนำมะพร้าวมาสกัดน้ำมัน โดยผลพลอยได้คือ กากมะพร้าว (Coconut meal) เป็นผลผลิตพลอยได้จากการหีบ หรือการสกัดน้ำมันมะพร้าว ประกอบไปด้วยโปรตีนร้อยละ 20-26 เยื่อใยร้อยละ 10 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 43-45 และกรดอะมิโน ที่สัตว์น้ำต้องการ ได้แก่ ไลซีน เมไทโอนีน ทรีโตนเฟน ทรีโอนีน ไอโซลูซีน อาร์จินีน ลูซีน เบนิลอะลานีน ฮิสติดีน เวลีน และไกลซีน (นฤมล รัตนชั้นแสง, 2556; วรณดี อ่อนน้อม, 2557) กากมะพร้าว (Coconut meal or Copra or kernel meal) มี 2 ประเภทคือกากมะพร้าวจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมัน ซึ่งมีโปรตีน 21.50 % ไขมัน 8.54 % เยื่อใย 10.86 % (ประพจน์ มลิวัลย์ และคณะ, 2551) และกากมะพร้าวคั้นกะทิ (Coconut milk extracted residue, CR) ที่มีโปรตีนต่ำประมาณ 3.75% ไขมัน 27.62 % และเยื่อใยสูง 34.87 % (กานต์ สุขสุแพทย์ และคณะ, 2555) เนื่องจากกากมะพร้าวเป็นวัตถุดิบที่หาง่าย และนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย จึงมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากมะพร้าวมาเป็นวัตถุดิบส่วนผสมอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ เพื่อผลทางด้านการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิต โดยใช้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง ปัจจุบันเกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์น้ำ พยายามคิดสูตรอาหารต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยใช้วัตถุดิบที่หาง่ายมีในท้องถิ่น มาประกอบสูตรอาหารโดยเพื่อให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตที่ดีมีอัตราการรอดตายสูง และเพื่อลดต้นทุนด้านอาหารสัตว์น้ำซึ่งเป็นต้นทุนด้านการผลิตที่สูงที่สุดประมาณ 50 % ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด (ยม มุสิก, 2545) มีการใช้กากมะพร้าวในรูปแบบต่าง ๆ มาใช้ในการเลี้ยงสัตว์เพิ่มมากขึ้นทั้งสัตว์บก และสัตว์น้ำ เช่น การเสริมกากมะพร้าวและใบกระถินเทพาปนในสูตรอาหารปลานิล (วรพงษ์ นลินานนท์ และสายชล เลิศสุวรรณ, 2561) การใช้กากมะพร้าวหมักในสูตรอาหารกุ้งกุลาดำ (Apine-Asamar et al., 2016)

นอกจากวัตถุดิบที่นำมาผสมในอาหารสัตว์ ได้มาจากแหล่งที่มาทั้งพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ และยังมาจากแหล่งของสิ่งไม่มีชีวิต จำพวกหินแร่ต่าง ๆ ที่เป็นเกรตสำหรับอาหารสัตว์สัตว์เหล่านี้ได้แก่ ปลาป่น ปลาสต กากถั่วเหลือง มันสำปะหลัง รำ กากมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง วิตามินและแร่ธาตุ โดยทั่วไปมีความชื้นไม่เกิน 10 % ถ้ามากเกินไปจะทำให้ขึ้นรา และเกิดการขึ้นได้ง่ายในระหว่างการเก็บรักษา สำหรับปลาขนาดเล็กมีโปรตีน 62 % เถ้า 25 % แคลเซียม 7% ฟอสฟอรัส 4 % กากถั่วเหลืองมีระดับโปรตีน 44 % จะนำมาใช้ในการประกอบอาหารสัตว์เศรษฐกิจทุกชนิดยกเว้นสัตว์ที่มีอายุน้อย ซึ่งใช้ได้บ้างแต่ไม่มาก (ตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.5 คุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบ และสิ่งเหลือจากผลผลิตทางการเกษตรนำใช้เป็น
ส่วนประกอบของอาหารสัตว์น้ำ

วัตถุดิบ	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	กาก	NEF	เถ้า	ข้อสังเกต
ปลาป่น	9.7	55.0	6.0	2.4	3.3	24.6	เป็นแหล่งโปรตีนที่ดี
ปลาสด	67.5	18.0	1.3	-	-	1.5	เป็นแหล่งโปรตีนที่ดี แต่มี เอนไซม์ไทอามิเนส
ดักแด้ใหม่	4.7	56.8	31.3	3.9	6.4	5.2	โปรตีนคุณภาพดีพอควร มี ไขมันและสารโคตินสูง
เนื้อหอยเชอร์รี่	78.0	11.3	0.6	-	-	4.4	มีเถ้าสูงอาจมีพยาธิ จึงควร ต้มและทำให้แห้ง
ใบกระถิน	10.0	23.9	2.9	9.4	49.5	3.2	มีสารพวกแอลคาลอย ซึ่ง ยับยั้งการเจริญเติบโต
หัวไก่สด	38.8	26.9	26.4	0.3	-	7.6	มีไขมันสูงมาก หินง่าย
กากถั่วเหลือง	11.8	46.9	1.3	6.5	25.1	8.4	แหล่งโปรตีนจากพืช แต่มี เมทไธโอนีน ไลซีนต่ำ
กากถั่วลิสง	7.0	48.0	5.8	7.0	27.1	5.1	มีเมทไธโอนีน แคลเซียม ต่ำอาจมีพิษจากรา
กากเมล็ดฝ้าย	9.8	41.7	1.5	11.3	28.8	6.9	มีสารพิษกอสลิปอล
กากมะพร้าวอัด น้ำมัน	8.5	20.8	6.3	12.0	45.4	7.0	มีเมทไธโอนีนและไลซีนต่ำ อาจมีพิษจากรา
กากเมล็ดงา	8.0	40.4	10.6	6.4	24.2	10.4	มีเมทไธโอนีน แคลเซียม และฟอสฟอรัสสูง ไลซีนต่ำ
หัวและเปลือก กุ้งป่น	10.0	40.6	2.6	14.2	2.6	30.0	มีแร่ธาตุ เถ้า สารโคติน ไค ตินสูง แต่งกลิ่นอาหารดี
เศษไก่ป่น	6.5	57.5	15.0	2.3	3.1	15.6	มีไขมันสูง หินง่าย
ไส้ไก่สด	73.7	13.9	11.2	-	-	1.2	มีไขมันสูง หินง่าย

ที่มา: สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำ (2547)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุธิดา วันโน และคณะ (2560) ศึกษาผลของการใช้กากเหลือก๊าซชีวภาพในอัตราส่วนต่างกัน เพื่อทำอาหารต้นทุนต่ำต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด ผลผลิตเฉลี่ย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุด คือ T1 (ชุดควบคุม ไม่มีส่วนผสมกากเหลือ) T2 (ผสมกากเหลือ 10%) T3 (ผสมกากเหลือ 20%) และ T4 (ผสมกากเหลือ 30%) อาหารทดลองมีโปรตีนในอาหาร 26.7 -27.4% เลี้ยงในกระชังขนาด 3x3x1.5 ลูกบาศก์เมตร ในบ่อดิน ระยะเวลาทดลอง 80 วัน ผลการวิจัย พบว่า กุ้งก้ามกรามทุกชุดการทดลองให้ผลอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ซึ่งบ่งชี้ได้ว่ากากเหลือก๊าซชีวภาพสามารถใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในอาหารกุ้งก้ามกรามได้ ส่วนอัตราการรอด ผลผลิตเฉลี่ย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของ T2 (ส่วนผสมของกากเหลือ 10%) ให้ผลเฉลี่ยดีที่สุด ดังนั้น จากการวิจัยสรุปได้ว่า ปริมาณที่เหมาะสมของกากเหลือก๊าซชีวภาพในอาหารกุ้งก้ามกรามคือ 10%

วรพงษ์ นลินานนท์ และสายชล เลิศสุวรรณ (2561) ศึกษาผลการเสริมกากมะพร้าวและใบกระถินเทพาปนระดับที่เหมาะสมในอาหารปลานิลวัยอ่อนวางแผนการ ทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ที่มี 6 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำรวม 18 หน่วยทดลอง ๆ ละ 20 ตัว โดยเสริมกากมะพร้าว ปั่น และใบกระถินเทพาปนในสูตรอาหาร 6 ระดับ คือ 0 (สูตรควบคุม) 20/0 0/20 5/15 10/10 และ 15/5% ตามลำดับ ปลา นิลมีน้ำหนักเริ่มต้น 0.2 กรัม เลี้ยงในชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนขนาด 200 ลิตร จำนวน 18 ถัง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมมีค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ดีที่สุด ($P<0.05$) ส่วนปลาที่ได้รับอาหารเสริมกากมะพร้าวปั่น และใบกระถินเทพาปนที่ระดับ 10/10% มีค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่ม ADG อัตราการแลกเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด ($P<0.05$) ในกลุ่มที่รับอาหารเสริมกากมะพร้าวปั่น และใบกระถินเทพาปน

ธนากร เหมาะผล และดวงใจ พิสุทธิธาราชัย (2562) ศึกษาผลของการเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน ในสูตรอาหารเลี้ยงปลาหม่อต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอด แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองประกอบด้วยอาหารที่เสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน 4 ระดับคือ 0 (ชุดควบคุม), 5, 10 และ 15 % ตามลำดับ โดยปลาหมอ มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 7.07-7.53 กรัม โดยเลี้ยงในกระชัง (ขนาด $2 \times 2 \times 1.5$ ม.) จำนวน 50 ตัว/กระชัง ระยะเวลาการเลี้ยง 150 วัน ผลการทดลอง พบว่า การเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันในสูตรอาหาร ที่ระดับ 15 % มีผลด้านการเจริญเติบโตดีที่สุดในทุกด้าน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับชุดการทดลองที่เสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันที่ระดับ 0, 5 และ 10 % ซึ่งได้แก่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (101.80 ± 0.46 กรัม) น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน (0.67 ± 0.00 กรัม/ตัว/วัน), อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (4.64 ± 0.00 %/วัน) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (1.57 ± 0.00) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (1.81 ± 0.00) ด้านอัตราการรอด พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยปลาหมอที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันที่ 15 % มีอัตราการรอดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 93.50 ± 1.29 % ซึ่งสรุปได้ว่า การเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันในสูตรอาหารที่ 15 % มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของปลาหมอดีที่สุด

ผลการใช้กากมะพร้าวเสริมด้วยเอนไซม์ไฟเตสต่อคุณลักษณะทางการผลิตของไก่กระทง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางการผลิตไก่กระทงด้านการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก คุณภาพเนื้อไก่กระทง และต้นทุนค่าอาหาร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ใช้ไก่กระทงคณะแพทยศาสตร์ Cobb อายุ 1 วัน จำนวน 200 ตัว แบ่งออกเป็น 5 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว ทรีตเมนต์ทดลองประกอบด้วย T1: อาหารไม่มีกากมะพร้าว และไม่เสริมเอนไซม์ไฟเตส (อาหารควบคุม) T2: กากมะพร้าว 8 % T3: กากมะพร้าว 8 % เสริมด้วยเอนไซม์ไฟเตส 500 ppm T4: กากมะพร้าว 16 % และ T5: กากมะพร้าว 16 % เสริมด้วยเอนไซม์ไฟเตส 500 ppm ทำการทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทรีตเมนต์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ผลการทดลองพบว่า การใช้กากมะพร้าวที่ระดับ 16 % มีผลเพิ่มน้ำหนักตัวและปริมาณอาหารที่กินของไก่ มากกว่าการใช้อาหารกากมะพร้าวที่ระดับ 8 % และอาหารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของทุกทรีตเมนต์มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ด้านคุณภาพซาก พบว่า ไก่ทดลองทุกทรีตเมนต์ยกเว้นทรีตเมนต์ 2 มีเปอร์เซ็นต์ซากแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ตับ เปอร์เซ็นต์หัวใจและเปอร์เซ็นต์กึ๋นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ไก่ที่ได้รับอาหารกากมะพร้าว ที่ระดับ 16 % มีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักไก่ 1 กิโลกรัม น้อยกว่ากลุ่มที่ใช้อาหารควบคุม และอาหารกากมะพร้าว 8 % อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

น้ำหมักชีวภาพ (Bioextract; B.E.) คือ การนำเอาพืช ผัก ผลไม้ สัตว์ชนิดต่าง ๆ มาหมักกับน้ำตาลหรือกากน้ำตาล กากน้ำตาลจะทำให้เกิดกระบวนการพลาสโมไลซิส (Plasmolysis) คือทำให้สารละลายภายในเซลล์พืชและสัตว์ที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไหลออกมาจากเซลล์ การหมักมี 2 แบบคือ แบบต้องการออกซิเจน (แบบเปิดฝา) และแบบไม่ต้องการออกซิเจน (แบบปิดฝา) จุลินทรีย์จะใช้สารเหล่านี้เป็นอาหารในการเพิ่มจำนวน เพื่อช่วยสลายธาตุอาหารต่าง ๆ ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้มักทำหน้าที่เป็นโปรไบโอติก ประกอบไปด้วยกลุ่มแบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อราต่าง ๆ ซึ่งผ่านการทดสอบแล้วเช่น แบคทีเรียแลคติก (Lactic Acid Bacteria: LABs) มีหลายชนิดเช่น แลคโตบาซิลลัส เดลบูร์เอคคิโอ ซับสปีชีส์ บุลการิกัส (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) สเตรปโตคอคคัส ซาลีวารีเยส ซับสปีชีส์ เทอร์โมฟิลัส (*Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*) ทั้งสองใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ส่วนแลคโตบาซิลลัส อาซิโดฟิลัส แลคโตบาซิลลัส เคซีโอ (*Lactobacillus casei*) แลคโตบาซิลลัส เฟอเมนตัม (*Lactobacillus fermentum*) ใช้ในการผลิตนมเปรี้ยว ยีสต์และเชื้อรา แซคคาโรไมซิส ซีรีวีซีอี (*Saccharomyces cerevisiae*) และแคนดิดา พินโทโลเปซี (*Candida pintolopesii*) แอสเปอร์จิลัส ไนเจอร์ (*Aspergillus niger*) แอสเปอร์จิลัส โอไรเซ (*A. oryzae*) อยู่ในพืชมีคุณค่าในแง่ของธาตุอาหารพืชถูกย่อยสลายโดยกระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์สารต่าง ๆ จะถูกปล่อยออกมาเช่นโปรตีนกรดอะมิโน กรดอินทรีย์ ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง คุณสมบัตืทั่วไป การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบันมีการนำอีเอ็ม (Effective microorganism, EM) เข้ามาใช้เพื่อใช้ปรับสภาพของคุณภาพน้ำให้เหมาะสม และยังช่วยป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ ในสัตว์น้ำทำให้มีการใช้สารเคมีลดน้อยลง จุลินทรีย์เหล่านี้เน้นที่มีคุณประโยชน์ตามคุณสมบัติที่ต้องการ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic

acid bacteria) และยีสต์ นอกจากนี้ยังมีกลุ่มแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์แสง (photosynthesis bacteria) กลุ่มที่สังเคราะห์ตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixing bacteria) กลุ่มที่ย่อยสลายอินทรีย์ (Organic matters) เช่น *Bacillus* spp., *Saccharomyces* pp., เชื้อรา (เกรียงศักดิ์ พูนสุข, 2535) นอกจากนี้มีการใช้อีเอ็มปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ให้เป็นกลาง ช่วยรักษาโรคผลต่าง ๆ ในปลา กุ้ง กบ ได้ และช่วยลดปริมาณเชื้อในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้ ในการใส่อีเอ็มในบ่อปลา กุ้ง กบ ตะพาน้ำจะแช่ ในอัตราส่วน 1 : 10,000 เท่า หรือ 1 ลิตรต่อน้ำในบ่อ 10 ลูกบาศก์เมตร ทุก ๆ 7-10 วัน และมีการใส่อีเอ็มเพื่อการปศุสัตว์ 1 : 5,000 เท่า ให้สัตว์กินเป็นประจำ มูลสัตว์จะไม่มีการเหม็น และใช้ฉีดพ่นและล้างคอกสัตว์เพื่อกำจัดกลิ่นมูลเก่าได้ภายใน 24 ชั่วโมง (สมนึก วรรณแสง, 2540) ในการเลี้ยงกุ้งระบบปิด หากปล่อยกุ้งในอัตราที่หนาแน่นเกินไป จะทำให้เกิดปัญหาเรื่องโรคกุ้ง จึงทำให้มีการใช้ยาปฏิชีวนะเกินความจำเป็น เพื่อเป็นการป้องกันโรคซึ่งเป็นความเชื่อที่ผิด เพราะการใช้ยาอย่างไม่ถูกวิธีจะทำให้เชื้อดื้อยา และเกิดปัญหาเรื่องสารเคมีตกค้างในตัวกุ้ง (สมพงษ์ สุวรรณเทศ, 2545) ดังนั้นวิถีทางธรรมชาติ จึงเป็นการลดปัญหาการใช้ยาลงได้ วิธีดังกล่าวคือการใช้ โปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้ง เป็นทางเลือกที่ดี ซึ่งโปรไบโอติกคือจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่มีประโยชน์ต่อสัตว์ ทำให้จุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารอยู่ในสมดุล ช่วยให้ระบบการย่อยอาหารดีขึ้น และการเจริญเติบโตดีขึ้น (คณินิจ ก่อธรรมฤทธิ์, 2541) ซึ่งโปรไบโอติกจะช่วยให้สัตว์มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงและยังสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้อีกด้วย นอกจาก *Bacillus* sp. แล้วยังมีแบคทีเรียกลุ่มแลคติกที่มีคุณสมบัติเป็น โปรไบโอติก เช่น *Lactobacillus lactis* *L. casei* และ *L. acidophilus* เป็นต้น (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2538) แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถพบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม อาหารหมักดอง รวมทั้งในทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์ ลักษณะเด่นของแบคทีเรียแลคติกคือสามารถเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสให้เป็นกรดแลคติกซึ่งกรดแลคติกที่สร้างขึ้นสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ ดังนั้นถ้าสามารถนำแบคทีเรียกลุ่มนี้มาใช้เป็นโปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งจะเป็นการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกุ้งทำให้กุ้งสุขภาพแข็งแรงและมีความต้านทานโรคสูงขึ้นซึ่งจะลดปัญหาการเกิดโรคในกุ้งลงได้ และยังสามารถช่วยลดการใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษาโรคกุ้งอีกด้วย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สัตว์ทดลอง วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 ลูกพันธุ์กึ่งกำมGRAM นำลูกกึ่งกำมGRAM อายุ 2 เดือน น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 5.842 ± 0.22 กรัมจากฟาร์มเอกชนจังหวัดกาฬสินธุ์ พักไว้ในบ่อปูนขนาด 3×4 เมตร ปรับสภาพน้ำ และพักลูกพันธุ์กึ่งไว้ในบ่อพัก จนกระทั่งยอมรับอาหาร บริเวณฟาร์มประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ภายในฟาร์มประมง

- 3.1.2.1 บ่อปูนขนาด $1 \times 2 \times 0.5$ เมตร
- 3.1.2.2 เครื่องชั่งดิจิตอล (3 ตำแหน่ง)
- 3.1.2.3 เวอร์เนีย คาร์ลิปเปอร์
- 3.1.2.4 วัสดุในระบบลม (เครื่องให้อากาศ ท่อลม หัวทราย)
- 3.1.2.5 กระชอน
- 3.1.2.6 ถังน้ำ และกะละมัง

3.1.3 วัสดุและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

- 3.1.3.1 ขวดเก็บน้ำตัวอย่าง ขนาด 600 มิลลิลิตร
- 3.1.3.2 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)
- 3.1.3.3 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
- 3.1.3.4 กระบอกตวง ขนาด (25 50 และ 100 มิลลิลิตร)
- 3.1.3.5 เครื่องกรองสุญญากาศ (vacuum)
- 3.1.3.6 กระดาษกรองเบอร์ 42
- 3.1.3.7 กระดาษกรอง GF/C
- 3.1.3.8 กรวย (Funnel)
- 3.1.3.9 ตะแกรงไล่หลอดทดลอง
- 3.1.3.10 Burette และแท่นติดตั้ง
- 3.1.3.11 ขวดแก้วเก็บสารเคมี
- 3.1.3.12 ขวด BOD
- 3.1.3.13 กระดาษทิชชู
- 3.1.3.14 เครื่องดูดกลืนแสง
- 3.1.3.15 Cuvette
- 3.1.3.16 ปิกเกอร์ ขนาด (50 100 150 250 และ 500 มิลลิลิตร)
- 3.1.3.17 เครื่องชั่งดิจิทัล (2 และ 4 ตำแหน่ง)
- 3.1.3.18 Pipette

3.1.3.19 ลูกยางดูดสาร

3.1.3.20 หลอดทดลอง ขนาด 20 x 25 เซนติเมตร

3.1.3.21 ขวดน้ำกลั่น

3.1.3.22 เครื่องวัด pH

3.2 แผนดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ระยะเวลาที่ดำเนินการ 2563-2564									
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ส่งโครงร่างนิพนธ์	↔									
2. นำเสนอโครงร่าง		↔								
3. ทำการทดลอง			↔							
4. วิเคราะห์ข้อมูล						↔				
5. ส่งรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1				↔						
6. ส่งรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2						↔				
7. เขียนเล่มฉบับสมบูรณ์							↔			
8. ส่งเล่มฉบับสมบูรณ์									↔	

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.3.1 การวางแผนทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยมีตัวแปรต้นเป็นสัดส่วนกากมะพร้าวหมักที่แตกต่างกันในแต่ละสูตรอาหารจำนวน 5 ชุดการทดลอง ทำการทดลองเป็นระยะเวลาการทดลองเวลา 90 วัน โดยจัดชุดทดลองดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 ชุดควบคุม ใช้อาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีน 40 %

ชุดทดลองที่ 2 อาหารสำเร็จรูปผสมกากมะพร้าวหมัก 10 %

ชุดทดลองที่ 3 อาหารสำเร็จรูปผสมกากมะพร้าวหมัก 15 %

ชุดทดลองที่ 4 อาหารสำเร็จรูปผสมกากมะพร้าวหมัก 20 %

ชุดทดลองที่ 5 อาหารสำเร็จรูปผสมกากมะพร้าวหมัก 25 %

3.3.2 การเตรียมลูกพันธุ์กุ้งก้ามกราม ลูกพันธุ์กุ้งก้ามกรามอายุ 2 เดือน น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 5.842 ± 0.22 กรัมที่ได้จากฟาร์มเอกชนจังหวัดกาฬสินธุ์ พักไว้ในบ่อปูนขนาด 3×4 เมตร ภายในฟาร์ม ประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยมีการปรับสภาพน้ำ และพักลูกพันธุ์ จนกระทั่งยอมรับอาหาร คัดแยกลูกพันธุ์กุ้งลงในชุดการทดลองแบบสุ่ม จำนวน 30 ตัวต่อชุดการทดลอง ทำการชั่งน้ำหนัก วัดความยาวทั้งหมด และนำลูกกุ้งลงในชุดการทดลอง 5 ชุดๆละ 3 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 15 บ่อ

3.3.3 การเตรียมระบบน้ำ และระบบการให้อาหาร ก่อนดำเนินการทดลองพักน้ำไว้ในบ่อซีเมนต์ เติมน้ำอย่างน้อย 3-5 วัน จากนั้นเติมน้ำปริมาตร 800 ลิตรต่อชุดการทดลอง และให้อากาศด้วยหัวทราย จำนวน 4 หัวต่อบ่อ แล้วตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยวิธีมาตรฐาน (APHA, 2005) ตามตารางที่ 3.2

3.3.4 การเตรียมอาหารทดลองและการให้อาหาร ทำการหมักกากมะพร้าวแบบไม่ใช้ออกซิเจน ด้วยวิธีดัดแปลงจากสูตรของ ทับทิม (2559) เกษตรกรต้นแบบ บ้านอัมพวัน หมู่ 7 ต.ลำคลอง อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ ประเทศไทย ผู้ประสบความสำเร็จจากการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามลดต้นทุนด้วยวิธีทางชีวภาพกว่า 20 ปี โดยใช้ถังพลาสติกแบบมีฝาล็อคในการหมักกากมะพร้าวที่ผ่านการคั่นกะทิแล้ว จำนวน 20 กิโลกรัม เติมน้ำตาล 20 ลิตร และอีเอ็ม 5 ลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วหมักใช้เวลาหมัก 7 วัน นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้ผสมอาหารตามอัตราส่วนในสูตรทดลองในตารางที่ 3.3 จากนั้นขึ้นรูปเม็ดอาหารโดยใช้เครื่องอัดเม็ด แล้วตัดเป็นท่อนขนาดที่เหมาะสม แล้วผึ่งอาหารในที่ร่มให้แห้ง และเก็บไว้ในกล่องพลาสติกสำหรับเก็บอาหาร ให้อาหาร 2 มื้อต่อวัน ช่วงเวลา 8.00 น. และ 16.00 น. ในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวกุ้ง

3.3.5 การดำเนินการทดลอง และการบันทึกข้อมูล สุ่มคัดขนาดกุ้งก้ามกรามที่มีขนาดใกล้เคียงกันทั้งหมดจำนวน 450 ตัว ลงในบ่อปูนขนาด $1 \times 2 \times 0.5$ เมตร ปริมาตรน้ำ 800 ลิตร จำนวน 15 บ่อ ปล่อยุ้งทดลองบ่อละ 30 ตัว สุ่มตัวอย่างกุ้งเพื่อชั่งน้ำหนักวัดความยาวทั้งหมด ทุกๆ 15 วัน เป็นเวลา 90 วัน บันทึกปริมาณอาหารและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกๆ 15 วัน โดยพารามิเตอร์การเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตราการรอดตายและผลผลิต คำนวณจากสมการ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) ในอาหารทดลองและเนื้อกุ้ง ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้า ดังตารางที่ 3.4

และคำนวณหาคาร์โบไฮเดรตและพลังงานที่ย่อยได้โดยใช้วิธีการมาตรฐาน AOAC (2003) ส่วนคาร์โบไฮเดรต (NFE) และ (DE) จากสูตรของ NRC (1993) ดังนี้

NFE หรือ Nitrogen free extract

$$\text{NFE} = 100 - (\% \text{protein} + \% \text{fat} + \% \text{fiber} + \% \text{ash} + \% \text{moisture})$$

และ

DE หรือ Digestible energy

$$\text{DE (Kcal/100g)} = (\% \text{protein} \times 3.5) + (\% \text{fat} \times 8.0) + (\% \text{NFE} \times 2.5)$$

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่ดำเนินการวิเคราะห์ระหว่างการทดลอง

พารามิเตอร์	เครื่องมือ/วิธีการ
อุณหภูมิ	Thermometer (°C)
ความเป็นกรดเป็นด่าง	pH meter
ก๊าซออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ	Titration (ppm)
แอมโมเนียทั้งหมด	Colorimetric (ppm)

ตารางที่ 3.3 วัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง)

วัตถุดิบ/ องค์ประกอบทางเคมี	สูตรอาหาร				
	1	2	3	4	5
วัตถุดิบ					
ปลาป่น	-	39	39	39	39
กากถั่วเหลือง	-	43	43	43	43
มันสำปะหลัง	-	8	8	8	8
รำ	-	8	6	4	2
กากมะพร้าวหมักอีเอ็ม	-	10	15	20	25
วิตามินและแร่ธาตุ	-	2	2	2	2
องค์ประกอบทางเคมี					
โปรตีน	40.87	39.86	39.31	38.55	38.85
ไขมัน	7.86	8.79	8.81	8.38	8.65
เยื่อใย	6.07	6.04	6.59	6.19	6.00
เถ้า	10.17	10.24	11.12	10.64	10.27
ความชื้น	8.57	8.71	8.94	8.42	8.68
คาร์โบไฮเดรต	26.46	26.36	25.23	27.82	27.55
พลังงาน	272.075	275.73	271.14	271.515	274.05

หมายเหตุ: วิตามินรวมในอาหาร 1 กก. ประกอบด้วย วิตามินเอ 0.04 ล้านหน่วยสากล, วิตามินอี 20 หน่วยสากล, วิตามินเค, 4 มก., กรดโฟลิก 30 มก., เลซิทีน 60 มก., วิตามินดี 8 มก., และวิตามินบีรวม 40 มก.

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลองและเนื้อกุ้ง

พารามิเตอร์	เครื่องมือ/วิธีการ
โปรตีนหยาบ	macro kjeldahl
ไขมัน	solvent extraction
ความชื้น	oven drying
เถ้า	muffle furnace combustion
เยื่อใย	acid alkali digestion

3.3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโต ประกอบด้วย

3.3.6.1 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific grow rate ,SGR; % ต่อวัน)

$$= \frac{\ln \text{น้ำหนักสุดท้าย} - \ln \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาทดลอง}} \times 100$$

3.3.6.2 อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กินทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักที่สุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

3.3.6.3 อัตรารอดตาย (Survival Rate, %)

$$= \frac{\text{จำนวนกุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{จำนวนกุ้งเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาทดลอง}} \times 100$$

วิเคราะห์ความแตกต่างของทุกชุดการทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองโดยใช้ Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการดำเนินการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามด้วยอาหารทดลองที่มีส่วนผสมของกากมะพร้าวหมักในสัดส่วนแตกต่างกันจำนวน 5 ชุดการทดลอง ประกอบด้วย ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุม (อาหารสำเร็จรูป) ชุดการทดลองที่ 2 อาหารผสมกากมะพร้าว 10 % ชุดการทดลองที่ 3 อาหารอาหารผสมกากมะพร้าว 15 % ชุดการทดลองที่ 4 อาหารอาหารผสมกากมะพร้าว 20 % และ ชุดการทดลองที่ 5 อาหารอาหารผสมกากมะพร้าว 25 % ปรากฏผลการทดลองโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การปรับตัวและพฤติกรรมของกุ้งก้ามกรามระหว่างการทดลอง

จากการทดลองพบว่ากุ้งก้ามกรามสามารถปรับตัวในสภาพการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์และระบบการให้อากาศ (ภาพที่ 4.1) ระหว่างการทดลองได้ ไม่พบความผิดปกติของลักษณะภายนอกและสามารถรับอาหารทดลองทั้งหมด 5 สูตรได้เป็นอย่างดี



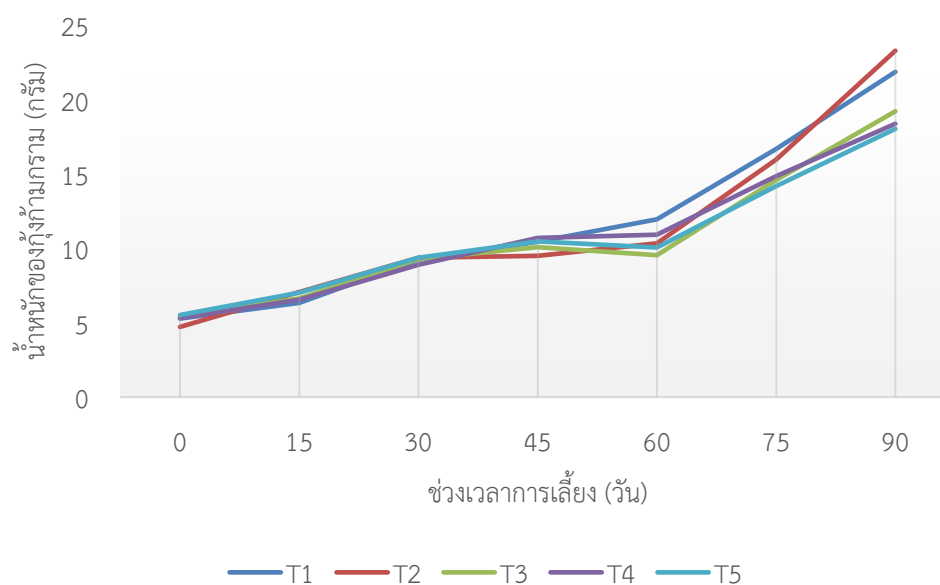
ภาพที่ 4.1 บ่อทดลองและระบบการให้อากาศระหว่างทดลอง

4.2 การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง

หลังจากทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในบ่อซีเมนต์ด้วยอาหารทดลองชุดต่างๆ พบว่ากากมะพร้าวหมักก็เอี่ยม สามารถใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้ โดยกุ้งทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 5.28 ± 0.27 , 4.72 ± 1.50 , 5.45 ± 0.75 , 5.31 ± 0.35 และ 5.52 ± 1.80 กรัมตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.1) เมื่อนำมาเลี้ยงตามแผนการทดลองกุ้งสามารถปรับตัวรับอาหารและมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทุกชุดการทดลอง (ภาพที่ 4.2 และ ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.2 กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลอง



ภาพที่ 4.3 แนวโน้มของน้ำหนักกุ้งก้ามกรามหลังได้รับอาหารทดลอง

T1) คือชุดควบคุม T2) คืออาหารผสมกากมะพร้าว 10 %

T3) คืออาหารผสมกากมะพร้าว 15 %

T4) คืออาหารผสมกากมะพร้าว 20 % และ

T5) คืออาหารผสมกากมะพร้าว 25 %

น้ำหนักของกุ้งก้ามกรามตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 21.87 ± 4.32 23.29 ± 1.85 19.22 ± 2.45 18.38 ± 2.81 และ 18.04 ± 1.39 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ด้วยอาหารผสมกากมะพร้าวหมักอีเอ็มเป็นเวลา 90 วัน

ช่วงเวลาการเลี้ยง (วัน)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
เริ่ม	5.28±0.27 ^{ns}	4.72±1.50 ^{ns}	5.45±0.75 ^{ns}	5.31±0.35 ^{ns}	5.52±1.80 ^{ns}
15	6.18±3.00 ^{ns}	6.10±2.66 ^{ns}	6.30±2.67 ^{ns}	5.88±3.90 ^{ns}	5.87±2.52 ^{ns}
30	8.41±3.39 ^{ns}	7.98±3.17 ^{ns}	8.00±3.14 ^{ns}	8.14±3.95 ^{ns}	7.69±3.34 ^{ns}
45	10.60±3.22 ^{ns}	10.17±2.68 ^{ns}	9.90±3.59 ^{ns}	9.71±2.41 ^{ns}	9.37±4.04 ^{ns}
60	10.23±3.42 ^{ns}	10.31±3.58 ^{ns}	9.57±3.15 ^{ns}	10.59±3.81 ^{ns}	10.38±3.66 ^{ns}
75	16.69±5.32 ^{ns}	15.98±4.84 ^{ns}	14.61±3.47 ^{ns}	14.86±2.17 ^{ns}	14.19±4.14 ^{ns}
90	21.87±4.32 ^{ab}	23.29±1.85 ^a	19.22±2.45 ^b	18.38±2.81 ^b	18.04±1.39 ^b

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่แทนด้วย ^{ns} ในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรภาษาอังกฤษที่แทนด้วย ^{a,b} ในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของกึ่งก้ามกรามชุดการทดลองที่ 2 มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 1 3 5 และ 4 มีค่าเท่ากับ 1.42 ± 0.12 1.30 ± 0.64 1.25 ± 0.14 1.19 ± 0.24 และ 1.17 ± 0.09 ตามลำดับ สอดคล้องกับอัตราแลกเนื้อ ซึ่งชุดการทดลองมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 1 3 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 1.7 ± 0.20 2.10 ± 0.29 2.2 ± 0.56 2.5 ± 0.17 และ 2.7 ± 0.23 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม อัตรารอดตายของทุกชุดการทดลองและมีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ผลการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตราการรอดตายของกึ่งก้ามกรามระหว่างทดลอง

พารามิเตอร์	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	5.28 ± 0.27^{ns}	4.72 ± 1.50^{ns}	5.45 ± 0.75^{ns}	5.31 ± 0.35^{ns}	5.52 ± 1.80^{ns}
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	21.87 ± 5.32^{ab}	23.29 ± 1.85^a	19.22 ± 2.45^b	18.38 ± 2.81^b	18.04 ± 1.39^b
อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ (SGR; %/วัน)	1.30 ± 0.64^{ab}	1.42 ± 0.12^a	1.25 ± 0.14^{ab}	1.17 ± 0.09^b	1.19 ± 0.24^{ab}
อัตราการแลกเนื้อ (FCR)	2.10 ± 0.29^{ab}	1.7 ± 0.20^b	2.2 ± 0.56^{ab}	2.5 ± 0.17^a	2.7 ± 0.23^{ab}
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	81.76 ± 7.04^{ns}	83.33 ± 5.77^{ns}	80.00 ± 8.66^{ns}	86.67 ± 2.89^{ns}	78.33 ± 7.64^{ns}

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่แทนด้วย ^{ns} ในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรภาษาอังกฤษที่แทนด้วย ^{a,b} ในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.3 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งก้ามกราม

กุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ทุกชุดการทดลองมีลักษณะแตกไข่และสีของเนื้อกุ้งค่อนข้างซีด (ภาพที่ 4.4) เมื่อเตรียมตัวอย่างเนื้อกุ้งเพื่อเตรียมวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการพบว่าเนื้อ มีลักษณะค่อนข้างใส (ภาพที่ 4.5)



ภาพที่ 4.4 ลักษณะของกุ้งก้ามกรามหลังสิ้นสุดการทดลอง



ภาพที่ 4.5 การเตรียมตัวอย่างเนื้อกุ้งก้ามกราม

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อกึ่งทดลองพบว่าระดับโปรตีนหลังกึ่งได้รับอาหารทุกชุดการทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เช่นเดียวกับไขมันในเนื้อกึ่ง พบว่าทุกชุดการทดลองการสะสมเพิ่มขึ้นหลังเลี้ยงกึ่งด้วยอาหารผสมกากมะพร้าวหมัก ในขณะที่เถ้าและความชื้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติหลังได้รับอาหารทดลอง ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางโภชนาการของเนื้อกึ่งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง ทั้ง 5 สูตร (% น้ำหนักแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	ก่อนทดลอง	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
โปรตีน	48.47±0.55 ^b	60.01±2.42 ^a	61.51±6.35 ^a	62.72±8.28 ^a	61.03±7.29 ^a	62.47±6.34 ^a
ไขมัน	7.85±0.42 ^b	15.37±2.52 ^a	14.09±3.80 ^a	13.28±4.59 ^a	11.55±4.6 ^{ab}	13.35±3.80 ^a
เถ้า	17.32±6.08 ^{ns}	17.54±3.48 ^{ns}	19.63±6.52 ^{ns}	15.40±6.50 ^{ns}	16.02±7.32 ^{ns}	14.48±7.54 ^{ns}
ความชื้น	6.34±0.31 ^{ns}	5.93±0.22 ^{ns}	5.71±0.75 ^{ns}	5.85±0.80 ^{ns}	5.73±0.69 ^{ns}	5.31±0.80 ^{ns}

หมายเหตุ: อักษรที่แทนด้วย ^{ns} ในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
อักษรที่แทนด้วย ^{a,b} ในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.4 คุณภาพของน้ำในระบบการทดลอง

คุณภาพของน้ำตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง เวลา 09.00-12.00 น. ทุกกระยะ 15 วัน อยู่ในพิสัยดังนี้ อุณหภูมิน้ำอยู่ระหว่าง 26.0 – 33.40 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 6.09 – 9.60 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ระหว่าง 3.43 – 6.91 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างรวมอยู่ระหว่าง 11.67 – 67.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 0.0022-2.4275 ppm ไนเตรท มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0025-2.4459 ppm ตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0002-0.01971 ppm ตามลำดับ และค่าออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าพิสัยเท่ากับ 3.43-6.95 และ 2.88-6.91 ppm ตามลำดับ

บทที่ 5

อภิปรายผล

ศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอด ของกิ้งก่ามกราคมอายุ 2 เดือน ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ ด้วยอาหารผสมกากมะพร้าวหมักอีเอ็มในสัดส่วนที่ต่างกัน จำนวน 5 สูตรการทดลอง ประกอบด้วย ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุม (อาหารสำเร็จรูป) ชุดการทดลองที่ 2 อาหารผสมกากมะพร้าว 10 % ชุดการทดลองที่ 3 อาหารผสมกากมะพร้าว 15 % ชุดการทดลองที่ 4 อาหารผสมกากมะพร้าว 20 % และ ชุดการทดลองที่ 5 อาหารผสมกากมะพร้าว 25 % เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต และสร้างผลกำไรแก่ผู้ประกอบการเลี้ยงกิ้งก่ามกราคมเชิงพาณิชย์ และเพื่อนำไปสู่แนวทางการพัฒนาการเลี้ยงกิ้งก่ามกราคม สำหรับเกษตรกร หน่วยงานภาครัฐ ตลอดจนผู้สนใจในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยทำการทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 90 วัน องค์ประกอบทางเคมีของกากมะพร้าวหมักด้วยอีเอ็ม จากการทดลองครั้งนี้ พบโปรตีน 5.92% ไขมัน 25.93% จากน้ำหนักแห้ง 100 กรัม แตกต่างจากการทดลองของ มัทธน ภิญโญ และคณะ (2561) ซึ่งระบุว่า องค์ประกอบทางเคมีของกากมะพร้าวอบแห้งประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 7.38±0.09 โปรตีนร้อยละ 4.51±0.10 ไขมันร้อยละ 23.04±0.39 เยื่อใยร้อยละ 20.39±0.24 และ เถ้าร้อยละ 1.89±0.03 อาจเนื่องจากปริมาณสารทาง โภชนาการของกากมะพร้าวจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์มะพร้าว และกระบวนการสกัดเนื้อมะพร้าวที่อาจแตกต่างกัน อีกทั้งการอบแห้งอาจส่งผลให้สารอาหารในกากมะพร้าวคั้นกะทิมีปริมาณลดลง อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้ พบว่ากากมะพร้าวที่ผ่านการกระบวนการหมักด้วยกากน้ำตาลเป็นเวลา 7 วัน สามารถเพิ่มโปรตีนได้ เนื่องจากกากมะพร้าวคั้นกะทิ มีโปรตีนต่ำมาก คือประมาณ 1.2 เปอร์เซ็นต์ โภชนะที่ย่อยได้เพียง 68 เปอร์เซ็นต์ กรดอะมิโนไลซีนต่ำ มีเยื่อใยสูง ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ปริมาณไขมันที่มีสูงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ยังทำให้เก็บไว้ได้ไม่นาน เพราะจะเกิดการหืนเร็ว นอกจากนี้ยังเป็นกรดไขมันประเภทที่อิ่มตัว ซึ่งหากใช้ในอัตราที่สูงในสูตรอาหารจะมีผลต่อไขมันในซากสัตว์ อีกทั้งควรให้ความระมัดระวังเรื่องของสารพิษที่เกิดจากเชื้อราจำพวกอะฟลาท็อกซิน (นฤมล สมคุณา และคณะ, 2550) ดังนั้นการใช้ประโยชน์กากมะพร้าวจึงมีวิธีการที่หลากหลายขึ้นอยู่กับความสะดวกของผู้นำไปใช้งาน ดังเช่น การทดลองของ นฤมล รัตนขันแสง และคณะ (2556) ที่รายงานว่ากระบวนการหมักยีสต์และยูเรียสามารถ เพิ่มระดับโปรตีนให้กากมะพร้าวคั้นกะทิ เมื่อผ่านการหมักเป็นเวลา 30 วัน จะทำให้ระดับโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) นอกจากนี้การที่หมักกากมะพร้าวสดเป็นระยะเวลา 10 ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นร้อยละ 34.40 และสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของกิ้งก่ามกราคมชุดการทดลองที่ 2 มีค่าสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อาจเนื่องจากการใช้อีเอ็มสามารถช่วยในการเจริญเติบโตของกิ้งก่ามกราคมได้ โดยในอีเอ็มจะประกอบได้ด้วยจุลินทรีย์ที่ช่วยให้ลำไส้ย่อยอาหารได้ดี อีกทั้งการเติมกากมะพร้าวอาจช่วยเพิ่มแหล่งอาหารให้จุลินทรีย์เติบโตได้ดีขึ้น สอดคล้องกับการทดลอง

ของ Poopathi and Archana (2012) ที่ได้เติมกากมะพร้าวในอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่าส่งเสริมการเติบโตของแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* มากกว่ากลุ่มอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีกากมะพร้าว

จากการศึกษาของ Rodjan et al. (2017) ที่ใช้กากมะพร้าวจากกระบวนการสกัดน้ำมันทดแทนรำข้าวสาคัดน้ำมันร่วมกับการใช้เอนไซม์ในอาหารสุกร พบว่า ความสามารถย่อยได้ของอาหารดีขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มอาหารควบคุม ($P < 0.05$) และสอดคล้องกับ Karina et al. (2013) ได้ทำการศึกษการใช้กากมะพร้าวที่ย่อยด้วยเอนไซม์ร่วมกับ *Bacillus cereus* var. ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ โดยใช้กากมะพร้าวที่ย่อยด้วย mannanase-hydrolyzed copra meal และ MCM+โปรไบโอติก *Bacillus cereus* var. ในการทดลองใช้อาหารควบคุม 4 กลุ่ม ได้แก่ 1. Negative control 2. Positive control 3. MCM 0.1 % +TY 0.05 % พบว่าไก่ที่ได้รับอาหาร 0.1 % MCM+0.05 % TY มีผลในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเป็นน้ำหนักตัว (FCR) และน้ำหนักตัว (BW) ดีกว่า

อย่างไรก็ตามเมื่อกึ่งก้ามกรามได้รับอาหารทดลองที่มีปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมส่งผลให้อัตราแลกเนื้อดีขึ้น ดังเช่นในชุดการทดลองที่ 2 กึ่งก้ามกรามมีอัตราแลกเนื้อต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ดังนั้นกากมะพร้าวที่หมักด้วยอีเอ็มสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสำหรับเลี้ยงกึ่งก้ามกรามได้ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 10 % สอดคล้องกับงานวิจัยของ Aderolu and Akinremi (2009) ที่เสริมน้ำมันมะพร้าวในอาหารเลี้ยง ปลาตุ๊กแอฟริกา (African mud catfish; *Clarias gariepinus*) ซึ่งเป็นสัตว์น้ำในกลุ่ม Carnivorous เช่นเดียวกับกึ่งก้ามกราม พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่ระดับ 5 และ 10% มีการเจริญเติบโตของ ปลาสูงกว่ากลุ่มควบคุม และทำให้ค่าอัตราการแลกเนื้อต่ำเมื่อเทียบกับอาหารสูตรควบคุม ($P < 0.05$) และจากงานวิจัยของ Nalinanon and Lerdsuwam (2018) ทำการเสริมกากมะพร้าวทดแทนปลายข้าวในอาหารเลี้ยงปลานิลวัยอ่อนพบว่าเมื่อเสริม กากมะพร้าวที่ 20% (w/w) ทำให้การเจริญเติบโตของปลานิลลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม เนื่องจากปริมาณเยื่อใยของกากมะพร้าวสูงหากมีการเสริมในปริมาณมากจะทำให้มีผลในเชิงลบต่อการเจริญเติบโตได้ นอกจากนี้เนื่องจากสัตว์น้ำแต่ละชนิดจะมีความต้องการสารอาหารที่แตกต่างกัน โดยการเจริญเติบโตที่ไม่ดีเท่าที่ควร อาจเกิดปริมาณของแทนนิน ที่เป็นองค์ประกอบในวัตถุดิบส่วนผสมของอาหาร ซึ่งส่งผลโดยตรงกับประสิทธิภาพการดูดซึมและการนำไปใช้ประโยชน์ของสัตว์น้ำ โดยปริมาณที่เหมาะสมในการใช้กากมะพร้าวสดเป็นส่วนผสมในอาหารแนะนำที่ร้อยละ 15 สำหรับปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ ในขณะที่ ปลากินเนื้อแนะนำที่ร้อยละ 10 (Obirikorang et al., 2016) อย่างไรก็ตามคุณภาพของกากมะพร้าวขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการสกัด และอุณหภูมิที่ใช้ ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป อาจทำลายกรดอะมิโน โดยเฉพาะไลซีนทำให้การย่อยได้ของโปรตีนลดลง และกากมะพร้าว มักมีน้ำมันเหลืออยู่สูง ทำให้หืนได้ง่าย ควรใช้ให้หมดใน 6 – 8 สัปดาห์ ไขมันในกากมะพร้าวเป็นชนิดอิ่มตัว โปรตีนในกากมะพร้าวมี กรดอะมิโนไลซีน และฮีสทีดีนต่ำ ถ้าใช้มากจะทำให้กรดอะมิโนสองชนิดนี้ ไม่เพียงพอ และมีอัตราการย่อยได้ต่ำ จึงควรเสริมด้วยกรดอะมิโนสังเคราะห์ หรือเสริม

ด้วยอาหารที่มีไลซีนสูง เช่น ปลาป่นหรือเนื้อป่น นอกจากนี้อัตราการตายของทุกชุดการทดลองและ
มีไม่ความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

ในการทดลองครั้งนี้ ปัจจัยด้านคุณภาพน้ำจัดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
คือ มีปริมาณออกซิเจนละลายไม่ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอุณหภูมิและ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง
ของน้ำอยู่ในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส และ 6.5-9 ตามลำดับ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ,
2528) โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อให้คุณภาพน้ำดีขึ้นและไม่กระทบต่อสุขภาพของกุ้งทดลอง

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กานต์ สุขสุแพทย์, จรรยา คงฤทธิ์ และณัทชัย วิจิตรโรทัย. “การใช้ได้ของกากกะทิเป็นอาหารเสริมไก่เนื้อ”, ใน การประชุมวิชาการงานเกษตรนครสวรรค์ครั้งที่ 10. น.174-181. พิษณุโลก: คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, 2555.
- กรมประมง. สถานการณ์กุ้งก้ามกรามในช่วง สิงหาคม ปี 2563. กลุ่มเศรษฐกิจประมงกอนนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง: กรมประมง, 2563.
- เกรียงศักดิ์ พูนสุข. “ผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมจากการเลี้ยงสัตว์”, จุลสารสภาวะแวดล้อม. 11(6): 20-33, 2535.
- คณินิจ ก่อธรรมฤทธิ์. การศึกษาและวิเคราะห์สถานภาพและศักยภาพการผลิต การใช้และความต้องการ Probiotic ของอุตสาหกรรมอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์, 2541.
- จักรตุพร วิสุทธิ. ผลของแมกนีเซียมออกไซด์ และโพแทสเซียมออกไซด์ที่ระดับต่าง ๆ ต่ออัตราการรอดของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* De Man) ในเกลือสินเธาว์. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาศาสตรบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2536.
- ธนากร เหมาะสกล และดวงใจ พิสุทธิธาราชชัย. “การเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันในสูตรอาหารต่ออาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลาหมอ”, วารสารแก่นเกษตร. 47(ฉบับพิเศษ 1): 1225-1230; มกราคม, 2562.
- ธนาภรณ์ จิตตपालพงศ์. การสร้างสูตรอาหารสัตว์น้ำ และสูตรอาหารสัตว์น้ำเศรษฐกิจ. ราชการบริหารส่วนกลาง: กรมประมง, 2557
- นฤมล รัตนชั้นแสง. ผลของโพรไบโอติก (*Bacillus* spp.) และ ปริมาณน้ำฝนต่อการเจริญเติบโต และ อัตราการรอดตาย ในการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*). วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556.
- นฤมล สมคุณา และคณะ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการผลการใช้กากมะพร้าวคั้น กะทิตากแห้งในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระທ. บุรีรัมย์: มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 2550.
- บรรจง เทียนสงฆ์. หลักการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535.
- ประพจน์ มลิวัลย์ และคณะ. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของกากมะพร้าวในไก่พื้นเมือง. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551.
- พันทิพา พงษ์เพ็ญจันทร์. หลักการอาหารสัตว์เล่ม 2. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2538.
- พิเชต พลายเพชร. “ชีววิทยาการสืบพันธุ์และความต้องการสารอาหารของพ่อแม่พันธุ์กุ้ง ก้ามกราม”, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 20(2): 232-248; กรกฎาคม – ธันวาคม, 2558.

- ไพโรจน์ พรหมมานนท์ และทรงชัย สหวัชรินทร์. รายงานการวิจัยการศึกษาชีววิทยาบางประการ และการประเมินผลผลิตของสัตว์น้ำจากโพงทางบริเวณร่อนน้ำปากทะเลสาบสงขลา. กรุงเทพฯ: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2528.
- ภิญโญ เกียรติภิญโญ. **วิธีปฏิบัติสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แอล.เวนาไม.** สมุทรปราการ: เมืองเกษตร แม่กลอง, 2545.
- มหัทธนี ภิญโญ, ภัทรมาศ ถิ่นจันทร์ และวิลาสินี อินญาวิเลิศ. “การใช้กากมะพร้าวและ *Bacillus licheniformis* ในอาหารของปลาดุกเพื่อบำรุงสุขภาพ”, **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 23(2): 1165-1177; พฤษภาคม-สิงหาคม, 2561.
- มนู โพธารส. **รายงานผลการศึกษาสภาวะทรัพยากรกุ้งก้ามกรามในทะเลสาบสงขลา.** กรุงเทพฯ: กรมประมง, 2536.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. **การใช้ปุ๋ยชีวภาพจากเชื้อไมโครไรซา.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์วังบูรพา, 2543.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. **คุณสมบัติและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง.** กรุงเทพฯ: สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง, 2528.
- เยาวมาลย์ คำเจริญ และคนอื่นๆ. **รายงานการวิจัยการศึกษาการใช้กากมะพร้าว กากเมล็ดถั่ว และ กากเมล็ดฝ้าย ในอาหารปลากะพง.** ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2538.
- ยนต์ มุสิก. **การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม.** กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.
- ยม กลิ่นสุมาลย์. **การจัดการการเลี้ยงปลานิลในกระชังบริเวณอ่างเก็บน้ำลำปะทาว อ.แก่งค้อ จ.ชัยภูมิ.** รายงานการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2545.
- วรรณดี อ่อนน้อม. **ผลการใช้กากมะพร้าวเสริมด้วยเอนไซม์ไฟเตส.** วิทยานิพนธ์ปริญญา เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2557.
- วรพงษ์ นลินานนท์ และสายชล เลิศสุวรรณ. “การเสริมกากมะพร้าวและใบกระถินเทพาป่นในสูตร อาหารปลานิล”, **วารสารแก่นเกษตร**. 46(ฉบับพิเศษ 1): 1026-1032; มกราคม, 2561.
- สุทธสินี สนธิรัตน์. **สถานการณ์กุ้งก้ามกรามในช่วง 3 เดือนแรกของปี 2563.** กลุ่มเศรษฐกิจการ ประมงกองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง: กรมประมง, 2563.
- สุธิดา วันโน และคนอื่นๆ. “การพัฒนาการใช้กากเหลือก๊าซชีวภาพ เพื่อเป็นวัตถุดิบต้นทุนต่ำ ใน อาหาร กุ้งก้ามกราม”, **วารสารการพัฒนารวมชนและคุณภาพชีวิต**. 5(1): 186-192; มกราคม-เมษายน, 2560.
- สุนตรา ชุมแวงวาปี, ศรัศกดิ์ สุนทรไชย และการุณ ทองประจุแก้ว. “ผลของการดัดแปร กาก มะพร้าวด้วยวิธีทางกายภาพ ต่อสมบัติทางเคมี กายภาพ และ ประสิทธิภาพการย่อย คาร์โบไฮเดรต ในหลอดทดลองของปลาเศรษฐกิจ”, ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 23**. น.159-167. สงขลา: ศูนย์ประชุมนานาชาติฉลอง สิริราชสมบัติครบ 60 ปี อำเภหาดใหญ่, 2556.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สมนึก วรรณแสง. รายงานการวิจัยการประยุกต์ใช้กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (ETechnology Application). นครราชสีมา: สถาบันราชภัฏนครราชสีมา, 2540.
- สมพงษ์ สุวรรณเทศ. “แผนการแก้ไขปัญหารีงสารตกค้างและราคากุ้งก้ามกรามตกต่ำ”, **วารสารการประมง**. 55(3): 17; พฤษภาคม-มิถุนายน, 2545.
- อำนาจ จงอักษร, เรืองวิทย์ ยืนพันธ์ และวราห์ เทพาหุดี. “การทดลองเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* De Man) ในกระชังแขวนลอยในบ่อดินเพื่อการผลิตลูกกุ้งก้ามกรามเชิงพาณิชย์”. ใน **การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50**. น.506-513. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555.
- อำพล พงศ์สุวรรณ และอารีย์ สิทธิมงคล. **การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม**. กรุงเทพฯ: กรมประมง, 2532.
- Aderolu, A.Z. & Akinremi, O.A. “Dietary effect of coconut oil and penut oil improving biochemical characteristics of *Clarias gariepinus* juvenile”, **Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 9: 105-110; April, 2009.
- AOAC International. **Official Methods of Analysis**. 17th ed. Gaithersburg: The Association of Official Analytical Chemists, 2003.
- Apines-Amar M. J.S. and et al. “Effects of Partial Replacement of Fish Meal by Fermented Copra Meal on the Growth and Feed Efficiency in Black Tiger Shrimp, *Penaeus monodon*”, **The Israeli journal of aquaculture**. 68: 1-6; January, 2016.
- Barrow, P. A. and et al. “The attachment of bacteria to the gastric epithelium of the pig and its importance in the microecology of the intestine”, **Journal of Applied Bacteriology**. 48(1): 147-154; February, 1980.
- Burns JJ, Peyser P, Moltz A. “Missing step in guinea pigs required for the biosynthesis of L-ascorbic acid”, **Science**. 7: 1148–1149; December, 1956.
- Cavalli, R.O., Lavens, P., and Sorgeloos, P. “Reproductive performance of *Macrobrachium rosenbergii* females in captivity”, **Journal of the World Aquaculture Society**. 32(1): 60-67; March, 2001.
- Chew, B. P. “Antioxidant vitamins affect food animal immunity and health”, **The Journal of Nutrition**. 125: 18045- 18085; June, 1995.
- Chuang, J. L., Lee, M. F. and Jenn, J. S. “Comparison of digestive activities of five species of shrimps cultured in Taiwan”, **Journal of The Fisheries Society of Taiwan**. 12: 43-53, 1985.
- Damrongphol, P., Eangchuan, N. and Poolsanguan, N. “Spawning cycle and oocyte maturation in laboratory maintained giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)”, **Aquaculture**. 95: 347-357; June, 1991.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- D'Abramo, L.R. "Nutritional requirements of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*: Comparisons with species of Penaeid Shrimp", **Reviews in Fisheries Science**. 6(1-2): 153-163; March, 1998.
- de Caluwé, J., Lavens, P., & Sorgeloos, P. "The influence of *Macrobrachium rosenbergii* broodstock diet on egg and larval characteristics", In **Proceedings of Larvi '95: Fish & Shellfish Symposium**. p.79-82. Belgium: Gent., 1995.
- Damrongphol, P., Eangchuan, N. and Poolsanguan, B. "Spawning cycle and oocyte maturation in laboratory-maintained giant freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*)", **Aquaculture**. 95(3-4): 347-357; June, 1991.
- Das, N.N and et al. "Diet formulation for *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) broodstock based on essential amino acid profile of its eggs", **Aquaculture Research**. 27(7): 543-555; July, 1996.
- Deshimaru, O. and Yone, Y. "Effect of dietary carbohydrate source on the growth and feed efficiency of prawn", **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**. 44(10): 1161-1163; October, 1978.
- Hangsapreurke, K. and et al. "Effect of salinity on embryonic development of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man)", **Journal of Fisheries Technology Research**. 2(1): 1-11; January-June, 2010.
- Habashy, M.M. "Growth and body composition of juvenile freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, fed different dietary protein/starch ratios", **Global Veterinaria**. 3(1): 45-50, 2009.
- He, H. and A.L. Lawrence. "Vitamin C requirements of the shrimp *Penaeus vannamei*", **Aquaculture**. 114: 305-316; August, 1993.
- Hill, J.R., R. Kenworthy and P. Porter. "Studies of the effect of dietary lactobacilli on intestinal and urinary amines in pigs in relation to weaning and post - weaning diarrhea", **Research in Veterinary Science**. 11: 320-326; July, 1970.
- Holthuis, L. B. "The Decapoda of the Siboga Expedition. Part X. The Palaemonidae collected by the Siboga and Snellius expeditions with remarks on other species. I. Subfamily Palaemoninae", In **Siboga Expeditie**. Holland: EJ Brill. Leiden, 1950.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Hunter, B. and et al. "Ascorbic acid dependent collagen formation in penaeid shrimp", **Comparative Biochemistry and Physiology**. 64B: 381-385, 1979.
- Merchie, G. and et al. "Effect of vitamin C and astaxanthin on stress and disease resistance of postlarval tiger shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius)", **Aquaculture Nutrition**. 29: 579-585, 1998.
- Karina F.D. and et al. "Effect of hydrolyzed copra meal separately or in combination with *Bacillus cereus* var. *toyoi* on growth performance of broiler chickens", **Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá**. 36(4): 373-377; October-December, 2014.
- Lightner, D. and et al. "Black death, a disease syndrome of penaeid shrimp related to a dietary deficiency of ascorbic acid", In **The 8th Annual Meeting World Mariculture Society**. p.611-623. Louisiana: Louisiana State University, 1977.
- Lightner, D.V. and et al. "Ascorbic acid: nutritional requirement and role in wound repair in penaeid shrimp", In **The 10th Annual Meeting World Mariculture Society**. p.513-528. Louisiana: Louisiana State University, 1979.
- Li, Y. and Lovell, R.T. "Elevated levels of dietary Ascorbic Acid Increase immune responses in Channel Catfish", **The Journal of Nutrition**. 115(1): 123-131; January, 1985.
- Merchie, G. and et al. "Effect of vitamin C and astaxanthin on stress and disease resistance of post larval tiger shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius)", **Aquaculture Nutrition**. 29(8): 579-585; June, 1998.
- Mitra, G., Chattopadhyay, D.N., and Mukhopadhyay, P.K. "Nutrition and feeding in freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming", **Aqua feeds: Formulation & Beyond**. 2(1): 17-19; January, 2005.
- Murmu, K. "Rematuration of spent *Macrobrachium rosenbergii* female broodstock through dietary manipulation and eyestalk ablation", **The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh**. 59(2): 104-110; January, 2007.
- Nalinanon, W. and Lerdsuwam, S. "Study on the effect of coconut (by-product) meal and Acacia mangium leaf in diets on growth and carcass quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)", **Khon Kaen Agriculture Journal**. 46(Supplement 1): 1026-1032; January, 2018.
- Nandlal, S. and Pickering, T. **Freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming in Pacific Island countries Vol.1: Prawn Hatchery operation**. New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community, 2005.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- New, M. B. “A review of dietary studies with shrimp and prawns”, **Aquaculture**. 9: 101-104, 1976.
- New, M. B. and et al. “Freshwater Prawns. Status of Global Aquaculture”, **NACA Technical Manual**. 6: 5-9, 1998.
- Obirikorang, K.A., Amisah, S. and Skov, P.V. “Growth performance, feed utilization and sensory characteristics of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets with high inclusion levels of copra meal”, **Journal of Animal Research and Nutrition**. 1(4): 1-7; June, 2016.
- Phianphak, W. **Use of bacteria as probiotic supplement in shrimp feed**. Master’s Thesis: Chulalongkorn University, 1996.
- Poopathi, S. & Archana, B. “Optimization of medium composition for the production of mosquitocidal toxins from *Bacillus thuringiensis* sub sp.”, **Indian journal of experimental biology**. 50(1): 65-71, 2012.
- Ratnayake, R.M.G. and et al. “Determination of optimum male: female ratio and salinity level for larval production of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) under Sri Lankan conditions”, **Tropical Agricultural Research**. 22(4): 410-415; November, 2011.
- Rodjan, P. and et al. “The effect of increased levels of dried coconut meal supplemented with an enzyme cocktail® on diet utilization in growing pigs”, **Songklanakarin Journal of Science and Technology**. 39(1): 101-108; January-February, 2017.
- Revathi, P. and et al. “Vitellogenesis during the ovarian development in freshwater female prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man)”, **International Journal of Aquatic Science**. 3(2): 13-27; July, 2012.
- Sato, M., Yoshinaka, R. and Ikeda, S. “Dietary ascorbic acid requirement of rainbow trout for growth and collagen formation”, **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**. 44: 1029-1035; September, 1978.
- Shiau, S. Y. and T. S. Hsu. “Vitamin C requirement of grass shrimp, *Penaeus monodon* as determined with L-ascorbyl-2-monophosphate”, **Aquaculture**. 122: 347-357; May, 1994.
- Smith, D.M., Tabrett, S.J. and Glencross, B.D. “Growth response of the black tiger shrimp, *Penaeus monodon* fed diets containing different lupin cultivars”. **Aquaculture**. 269: 436-446; September, 2007.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Soesanto, V., Adisukresno, S. and Escritor, G. L. **The Training Course on Prawn Farming for Asia and the Pacific**. Jepara: Central Java, Indonesia, 1980.
- Wouters, R. and Fegan, D.F. “Shrimp broodstock nutrition – a review”. **Global Aquaculture Advocate Magazine**. 36-38; June, 2004.

ภาคผนวก

A



B



C



D



E



F



ภาพที่ ผ.1 การเตรียมบ่อและสัตว์ทดลอง

A) บ่อพักน้ำสำหรับเปลี่ยนถ่ายน้ำระหว่างการทดลอง B) บ่อทดลอง

C) การให้อากาศระหว่างการเลี้ยง D) ชุดหัวทรายสำหรับให้อากาศ

E) ลักษณะของก๊วยก้ามกรามระหว่างทดลอง F) การเปลี่ยนถ่ายน้ำระหว่างทดลอง

A



B



C



D



E



F



ภาพที่ ผ.2 กุ้งก้ามกรามระหว่างการทดลองและอาหารทดลอง

A-D) ลักษณะของกุ้งระหว่างทดลอง

E) การชั่งน้ำหนักกุ้งก้ามกราม F) อาหารทดลอง



ภาพที่ ผ.3 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โภชนาการของเนื้อกุ้งทดลอง



ภาพที่ ผ.4 การเตรียมวัตถุดิบ และ การผสมอาหารทดลอง



ภาพที่ ผ.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารและเนื้อกึ่งก้ามกราม

A และ B) การวิเคราะห์โปรตีน

C และ D) การวิเคราะห์ไขมัน

E และ F) การวิเคราะห์เถ้า



ภาพที่ ผ.6 การเผยแพร่ผลงานวิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	Mr. Vilakone Xayasene
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2551 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเลี้ยงสัตว์และการประมง มหาวิทยาลัยจำปาสัก (สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว)
ประวัติการวิจัย	ทุนการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง ประสิทธิภาพการใช้กากมะพร้าวหมักในอาหารสำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (<i>Macrobrachium rosenbergii</i> De Man, 1879) ในบ่อซีเมนต์ ได้รับการสนับสนุนจากความร่วมมือระหว่างประเทศ (Thailand International Cooperation Agency; TICA) กระทรวงการต่างประเทศ ราชอาณาจักรไทย
ผลงานทางวิชาการ	การนำเสนอผลงานทางวิชาการด้วยการบรรยายในงานประชุมมอบ.วิจัย ครั้งที่ 13 ณ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในหัวข้อ การศึกษาการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปในบ่อซีเมนต์ Study on Giant Freshwater Prawn (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) fed on pellet feeds in concrete pond.
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2555 - ปัจจุบัน วิทยาลัยการเกษตรและป่าไม้ แขวงจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ตำแหน่ง	อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยาลัยการเกษตรและป่าไม้จำปาสัก แขวงจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โทรศัพท์ (+856-20) 98995510 Email: kvilakone70@gmail.com