



ที่เหมาะสม และนำผลงานวิจัยที่ได้ไปถ่ายทอดให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อลดต้นทุนการผลิตอาหาร เพิ่มผลผลิต และเพิ่มมูลค่าให้กุ้งก้ามกรามให้เกษตรกร ได้รับผลตอบแทนมากยิ่งขึ้น

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการแทนที่น้ำมันปลาและน้ำมันพืชในอาหารกึ่งก้ำกวมด้วยทรอสโตโคไตรดส์ ในสัดส่วน n-3 ต่อ n-6 ที่ต่างกัน
2. เพื่อศึกษาการสะสมกรดไขมันที่จำเป็นในเนื้อกึ่งก้ำกวม

## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรม

#### ชีววิทยาของกุ้งก้ามกราม

ชื่อเรียกทั่วไปในท้องถิ่นต่างๆ ของกุ้งก้ามกราม ได้แก่ กุ้งนาง กุ้งหลวง กุ้งก้ามเกลี้ยง กุ้งแห กุ้งใหญ่ ชื่อสามัญ Giant Freshwater Prawn ชื่อวิทยาศาสตร์ *Macrobrachium rosenbergii* de man

#### อนุกรมวิธานของกุ้งก้ามกราม

Devant (1963) ได้จัดจำแนกอนุกรมวิธานกุ้งก้ามกรามไว้ดังนี้

Phylum Arthropoda

Class Crustacea

Subclass Malacostraca

Superoder Eucarida

Order Decapoda

Suborder Natantia

Section Caridea

Family Palaemonidae

Subfamily Palaemoninae

Genus *Macrobrachium*

Species *rosenbergii*

#### การแพร่กระจาย

กุ้งก้ามกรามมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย พบชุกชุมในประเทศไทย พม่า เวียดนาม เขมร มาเลเซีย บังคลาเทศ อินเดีย ศรีลังกา อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ สำหรับในประเทศไทยพบกุ้งก้ามกรามแพร่กระจายอยู่เกือบทั่วทุกภาค ภาคกลางมีชุกชุมบริเวณลุ่มแม่น้ำท่าจีน เจ้าพระยาแม่กลอง ปราณบุรี นครนายก และแม่น้ำบางปะกง ในท้องที่ของจังหวัดอยุธยา ชัยนาท ปทุมธานี นนทบุรี ราชบุรี สุพรรณบุรี เป็นต้น ส่วนภาคตะวันออกพบในแม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำเวฬุ แม่น้ำระยอง และแม่น้ำตราด ทางภาคใต้มีชุกชุมในแม่น้ำหลังสวน แม่น้ำตาปี แม่น้ำกระบือ แม่น้ำตรัง

แม่น้ำปัดตานี และทะเลสาบสงขลา (บรรจง, 2535) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบชุกชุมมากใน  
จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม อ่างทอง อยุธยา ร้อยเอ็ด และอุบลราชธานี (วณิชยา, 2544)

ในธรรมชาติกุ้งก้ามกรามตัวโตเต็มวัย เมื่อถึงฤดูวางไข่จะมีการอพยพย้ายถิ่นมายังบริเวณ  
ปากแม่น้ำ หรือปากทะเลสาบเพื่อผสมพันธุ์วางไข่ ลูกกุ้งวัยอ่อนที่ฟักออกเป็นตัวจะล่องลอยไปตาม  
กระแสน้ำในสภาพของแพลงก์ตอน มีลักษณะส่วนหัวค่อนข้างโต ลำตัวเรียวยาว และห้อยหัวลง  
ขณะที่ลอยตัวอยู่ในน้ำหรือเคลื่อนที่ ชอบแสงสว่าง กินแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์เป็น  
อาหาร และพัฒนาจนเป็นกุ้งคว่ำที่มีลักษณะเหมือนพ่อแม่ทุกประการ จากนั้นเปลี่ยนสภาพจาก  
อาศัยบริเวณผิวน้ำคว่ำตัวลงอาศัยหน้าดิน แล้วกลับเข้าสู่แหล่งน้ำจืดเพื่อเจริญเติบโตเป็นกุ้งขนาด  
ใหญ่ต่อไป (ประจวบ, 2527; บรรจง, 2535)

### รูปร่างและลักษณะทั่วไป

กุ้งก้ามกรามมีขนาด 2 คู่ ขาเดิน 5 คู่ และขาว่ายน้ำ 5 คู่ ปลายหางจะมีลักษณะเป็นหนาม  
แหลม และมีแพนหาง 2 ข้าง มีเปลือกคลุมตัว บนเปลือกคลุมหัวทางส่วนหน้ามีหนาม 2 อันสองข้าง  
แก้ม ร่างกายมีร่องปรากฏอยู่เห็นชัดเจน กริมมีลักษณะแบนข้างยาวเรียวยาว โคนกริมหนาและนูน ตรง  
กลางโค้งแอ่นลง ปลายงอนขึ้นมีหยักคล้ายฟันเรียว สันกริมล่างมีหยักประมาณ 10-14 หยัก สันกริมบน  
มีหยักประมาณ 12-15 หยัก ก้านตายื่นออกนอกเบ้าตาเคลื่อนไหวไปมาได้ ขาเดินคู่ที่ 1 และ 2 ส่วน  
ปลายเป็นก้าม โดยที่ขาเดินคู่ที่ 1 ใช้ในการจับอาหารเข้าปากและทำความสะอาดร่างกาย ขาเดินคู่ที่  
2 จะเป็นก้ามที่มีขนาดใหญ่มากโดยเฉพาะเพศผู้ ใช้สำหรับต่อสู้และจับเหยื่อ ส่วนขาเดินคู่ที่ 3, 4  
และ 5 มีลักษณะเป็นปลายแหลมธรรมดา (ประจวบ, 2519; ยนต์, 2529) สำหรับร่างกายของกุ้ง  
ก้ามกรามสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ร่างกายส่วนหัว-อก และร่างกายส่วนท้อง โดยร่างกาย  
ส่วนหัว-อก จะเป็นบริเวณที่มีอวัยวะสำคัญในระบบต่าง ๆ วางตัวอยู่ในร่างกายส่วนนี้จำนวนมาก  
เช่น สมอง กระจกอาหาร ตับและตับอ่อน หัวใจ อวัยวะขับถ่าย รวมทั้งอวัยวะสร้างเซลล์  
สืบพันธุ์ ร่างกายส่วนนี้จะมีเปลือกชั้นเดียวที่เรียกว่า คาราแพซ (carapace) ปกคลุมอยู่ทั้งหมด ส่วน  
ร่างกายส่วนท้องจะมีเปลือกหุ้มอยู่เช่นกัน แต่จะมีลักษณะเป็นแผ่นเปลือกที่มีขนาดเล็กกว่าเรียง  
ซ้อนทับกันจำนวน 6 ชั้น ร่างกายในส่วนนี้ส่วนใหญ่จะเป็นกล้ามเนื้อซึ่งใช้ในการบริโภคน้ำ และทาง  
ด้านบนจะมีหลอดเลือดและลำไส้ทอดตัวอยู่ (วิกรม, 2549)

### วงจรชีวิต

ตามธรรมชาติของกุ้งชนิดนี้ ช่วงวัยอ่อนจะหงายท้องว่ายน้ำ อาศัยเจริญเติบโตอยู่ในแหล่ง  
น้ำกร่อย (ความเค็มระหว่าง 10-17 ส่วนในพันส่วน) แต่เมื่อเข้าสู่วัยรุ่น (juveniles) ก็จะเดินทางเข้า

ไปอาศัยเจริญเติบโตอยู่ในแหล่งน้ำจืด (อนันต์, 2546) โดยธรรมชาติแม่กึ่งจะวางไข่ตามบริเวณปากแม่น้ำ ลูกกึ่งที่ฟักออกมามีขนาดเล็ก มีการพัฒนาการเจริญเติบโตจนมีอายุประมาณ 2 เดือน ลำตัวยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร เรียกว่ากึ่งอ่อนวัย กึ่งระยะนี้มีอวัยวะครบเหมือนพ่อแม่ทุกประการ กึ่งระยะวัยรุ่นจนถึงกึ่งตัวเต็มวัยจะหากินบริเวณหน้าดิน และกินอาหารได้เกือบทุกชนิด เช่น ไรน้ำ ไข่ปลา ไข่หอย ลูกกึ่ง ลูกปลา ลูกปู ตลอดจนซากสัตว์ที่เน่าสลาย (บรรจง, 2535) กึ่งก้ามกรามมีนิสัยปราดเปรียว ไวต่อแสง ชอบออกหากินตอนกลางคืน กินอาหารได้ทุกประเภท และยังชอบกินกันเองในช่วงลอกคราบด้วย กึ่งก้ามกรามเป็นสัตว์น้ำที่มีการเลี้ยงกันหลายประเทศจัดเป็นสัตว์ที่กินพืชและสัตว์เป็นอาหาร (Weidenbach, 1982) แต่ที่ชอบคือ อาหารจำพวกเนื้อสัตว์เช่น ปลาสด หอย เนื่องจากกึ่งมีทางเดินอาหารคือ กระเพาะและลำไส้สั้น ดังนั้น จึงควรให้อาหารในปริมาณน้อย แต่ให้บ่อยครั้งอย่างน้อยวันละ 2-4 ครั้ง โดยแบ่งให้ทีละส่วนจนครบปริมาณที่ให้ต่อวัน อัตราการให้อาหารลูกกึ่งในช่วงแรกประมาณ 30-40% ของน้ำหนักกึ่งเดือนแรกหลังจากนั้นลดลงมาเหลือ 3-5% ของน้ำหนักตัวกึ่งที่เลี้ยงต่อวันในเดือนที่ 3 ปริมาณอาหารที่ให้ในเดือนแรกตามอัตราการปล่อยที่กำหนดประมาณ 0.5-1.0 กก./ไร่/วัน และเพิ่มขึ้นเป็น 1.0-2.0 กก./ไร่/วัน ในเดือนที่ 2 เนื่องจากกึ่งกินอาหารด้วยวิธีการแทะ ดังนั้นอาหารของกึ่งควรเป็นอาหารจมนชนิดเม็ดหรือแท่งสั้นๆ เพื่อสะดวกในการกักกินและคงสภาพในน้ำได้นานประมาณ 6-12 ชั่วโมง โดยไม่ละลายน้ำ ถ้าละลายน้ำง่ายจะทำให้พื้นบ่อกึ่งเสียหายน้ำที่ใช้เลี้ยงคุณภาพไม่เหมาะสม ผลผลิตขั้นสุดท้ายของกึ่งลดต่ำเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเลี้ยง เวลาการให้อาหารควรให้อาหารกึ่งวันละ 2-4 ครั้ง ปกติกึ่งจะกินอาหารได้ดีเวลากลางคืน ดังนั้นอาจจะแบ่งอาหารให้เป็นช่วงเช้าเพียงเล็กน้อย และให้มากในเวลาตอนเย็นถ้าให้อาหารวันละ 2 มื้อ โดยให้ช่วงเช้า 3 ส่วน ช่วงเย็น 7 ส่วน อาหารที่ให้จะมีกลิ่นหอมชวนให้กึ่งกินอาหารได้ดี

#### ความต้องการสารอาหารของกึ่งก้ามกราม

สารอาหารที่กึ่งต้องการได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุ ซึ่งไขมันจัดว่าเป็นสารอาหารที่สำคัญสำหรับกึ่ง เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยกรดไขมันอิสระฟอสฟอลิปิด ไตรกลีเซอไรด์ น้ำมัน แวกซ์ และ สเตอรอล ไขมันในอาหารกึ่งมีความจำเป็นมากเนื่องจากเป็นแหล่งของพลังงาน และเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็น รวมถึงฮอร์โมน สเตอรอยด์ กรดฟอสฟอลิปิด และช่วยละลายวิตามินที่ละลายในไขมัน (Sheen and Wu, 1999) และยังเป็นแหล่งกรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid) ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต เป็นโครงสร้างของเซลล์ในร่างกาย ใช้รักษาสภาพและให้ความแข็งแรงแก่เซลล์เมมเบรน และเป็นสารตั้งต้นของฮอร์โมนหลายชนิดได้แก่พรอสตาแกลนดิน (prostaglandins) และลิวโคไตรอิน (leukotrienes)

นอกจากนี้ยังเป็นสารช่วยหล่อลื่นทำให้แอดเม็ดง่ายไม่มีฝุ่นมากและเพิ่มรสชาติให้อาหารกุ้ง โดยทั่วไปแล้วกุ้งก้ามกรามและกุ้งทะเลสามารถย่อยไขมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความต้องการไขมันของสัตว์น้ำมีความหลากหลายแตกต่างกันตามชนิดและอิทธิพลจากสภาวะทางสิ่งแวดล้อมของสัตว์น้ำนั้น แต่สำหรับสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเชียนส่วนใหญ่มีการเจริญเติบโตสูงสุดเมื่อได้รับไขมันทั้งหมดที่ระดับระหว่าง 2 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ของอาหารโดยน้ำหนักแห้ง (Sheen and D'Abramo, 1991) อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตและการรอดตายของสัตว์น้ำไม่เพียงขึ้นอยู่กับผลของปริมาณไขมันที่ได้รับเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของกรดไขมันด้วย (Sheen and Wu, 1999) ไขมันและน้ำมันที่ใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำที่สำคัญมาจาก 2 แหล่งคือจากพืชและจากสัตว์ จากพืชได้แก่น้ำมันปาล์ม น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันดอกคำฝอยเป็นต้น และจากสัตว์ที่สำคัญได้แก่น้ำมันหมู น้ำมันวัว และน้ำมันปลาเป็นต้น ความแตกต่างด้านคุณสมบัติและคุณภาพของไขมันและน้ำมันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของกรดไขมัน

#### กรดไขมัน (Fatty acid)

เป็นกรดอินทรีย์ที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน โดยมักจะมีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่ตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไป มีสูตรทั่วไป คือ  $R - COOH$  สูตรโครงสร้างของกรดไขมันประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เรียกว่าคาร์บอกซิล ( $COOH$ ) ซึ่งมีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมตัวกันอยู่ อีกส่วนหนึ่งเรียกว่า ห่วงโซ่คาร์บอน ( $R$ ) โดยมีธาตุคาร์บอนยึดเหนี่ยวกันเป็นห่วงโซ่ โดยปกติธาตุคาร์บอนจะมีอยู่ 4 แขน แขนที่เหลือจากการจับธาตุคาร์บอนด้วยกันจะไปจับกับธาตุไฮโดรเจน กรดไขมันมีอยู่หลายชนิด ทุกชนิดจะมีหน่วยคาร์บอกซิลอยู่หนึ่งหน่วยเหมือนกัน ส่วนที่แตกต่างกันคือลักษณะทางเคมีในส่วนของโซ่คาร์บอน ทำให้กรดไขมันมีชื่อแตกต่างกันไป

#### กรดไขมันแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ

1. กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) หมายถึง กรดไขมันที่คาร์บอนในโมเลกุลมีไฮโดรเจนจับเกาะอยู่เต็มที่แล้วไม่สามารถรับไฮโดรเจนหรือธาตุอื่นใดเข้าไปในโมเลกุลได้อีก โดยที่ห่วงโซ่คาร์บอน( $R$ ) เท่ากับ  $C_nH_{2n+1}$  และ  $n$  เป็นตัวเลขที่แสดงถึงจำนวนคาร์บอนอะตอม กรดไขมันชนิดนี้พบมากในไขมันสัตว์ น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) หมายถึง กรดไขมันที่มีคาร์บอนในโมเลกุลมีไฮโดรเจนน้อยกว่าชนิดอิ่มตัว โดยที่มีคาร์บอนในโมเลกุล 2 อะตอมจับกันเองด้วยพันธะคู่การมีพันธะคู่ 1 แห่ง จะทำให้มีไฮโดรเจนน้อยกว่าชนิดอิ่มตัว 2 อะตอม มีสายคาร์บอนยาว 18-22 อะตอม และมีพันธะคู่ตั้งแต่ 1-6 คู่ ซึ่งจุดหลอมเหลวของไขมันแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่ ตำแหน่งของพันธะคู่ และจำนวนของคาร์บอนอะตอม ไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอมจำนวนมากจะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอมจำนวนน้อย ไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวหรือมีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุลจะมีจุดหลอมเหลวน้อยกว่าไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวหรือไม่มีพันธะคู่และจุดหลอมเหลวจะยิ่งต่ำลงตามจำนวนพันธะคู่ที่เพิ่มขึ้น (เวียง, 2543) โดยทั่วไปกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง

### กรดไขมันไม่อิ่มตัวแบ่งตามจำนวนพันธะคู่มี 2 ชนิด คือ

1. Monounsaturated Fatty Acid คือกรดไขมันที่มีจำนวนพันธะคู่เพียงคู่เดียวเช่น palmitoleic acid (16: 1n-7) , oleic acid (18: 1n-9) เป็นต้น กรดไขมันเหล่านี้สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัว

2. Polyunsaturated Fatty Acid (PUFA) คือกรดไขมันที่มีจำนวนพันธะคู่ตั้งแต่ 2 คู่ขึ้นไป เช่น linoleic acid (18:2n-6) และ  $\gamma$ -linolenic acid (18:3n-6)

ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 20 อะตอมขึ้นไป และจำนวนพันธะคู่ตั้งแต่ 3 คู่ขึ้นไปจะเรียกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (highlyunsaturated fatty acid ; HUFA) โดยทั่วไปจะใช้เรียกกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า-3 ซึ่งประกอบด้วย eicosapentaenoic acid (EPA ; 20:5n-3) และ docosahexaenoic acid (DHA ; 22:6n-3)

Nettleton (1985) รายงานว่าในน้ำมันปลา มีกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 ประมาณ 7 ชนิด แต่มีเพียง 2 ชนิดที่มีความสำคัญคือ eicosapentaenoic acid (20: 5n-3; EPA) และ docosahexaenoic acid (22: 6n- 3; DHA) EPA เป็นกรดไขมันที่มีคาร์บอน 20 อะตอม และมีพันธะคู่ 5 พันธะที่ตำแหน่ง 5, 8, 11, 14 และ 17 เมื่อนับจากปลายด้านคาร์บอกซิล (carboxyl end) ส่วน DHA เป็นกรดไขมันที่มีคาร์บอน 22 อะตอม และมีพันธะคู่ 6 พันธะที่ตำแหน่ง 4, 7, 10, 13, 16 และ 19 เมื่อนับจากปลายด้านคาร์บอกซิล



### กรดไขมันไม่อิ่มตัวแบ่งตามตำแหน่งของพันธะคู่แรกในสายคาร์บอนได้ 3 กลุ่มคือ

1. กลุ่มโอเมก้า – 3 (n-3) เป็นกรดไขมันในกลุ่ม linolenate (linolenate series) มีตำแหน่งของพันธะคู่แรกในสายคาร์บอนอยู่ที่คาร์บอนตัวที่ 3 ได้แก่  $\alpha$ -linolenic acid (18:3n-3) หรือ ALA, eicosatrienoic acid (20:3n-3), eicosa -tetraenoic acid (20:4n-3) หรือ ETA, eicosapentaenoic acid (20:5n-3) หรือ EPA, docosapentaenoic acid (22:5n-3) หรือ DPA และ docosahexaenoic acid (22:6n-3) หรือ DHA กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้พบมากในสาหร่าย และน้ำมันที่ได้จากสัตว์ทะเล (บุญล้อม, 2542)
2. กลุ่มโอเมก้า – 6 (n-6) เป็นกรดไขมันในกลุ่ม linoleate (linoleate series) มีตำแหน่งของพันธะคู่แรกในสายคาร์บอนอยู่ที่คาร์บอนตัวที่ 6 ได้แก่ linoleic acid (18:2n-6) หรือ LA,  $\gamma$ -linolenic acid (18:3n-6) หรือ GLA, dihomo- $\gamma$ -linolenic acid (20:3n-6) หรือ DGLA, arachidonic acid (20:4n-6) หรือ ArA, adrenic acid (22:4n-6) และ docosapentaenoic acid (22:5n-6) กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้พบมากในน้ำมันพืช ปลาน้ำจืด และปลาน้ำกร่อยบางชนิด
3. กลุ่มโอเมก้า – 9 (n-9) เป็นกรดไขมันในกลุ่ม oleate (oleate series) มีตำแหน่งของพันธะคู่แรกในสายคาร์บอนอยู่ที่คาร์บอนตัวที่ 9 ได้แก่ eicosatrienoic acid (20:3n-9) กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้พบมากในสัตว์บก เช่น น้ำมันหมู น้ำมันวัว เป็นต้น

### กรดไขมันอาจแบ่งโดยอาศัยคุณค่าทางโภชนาการเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กรดไขมันจำเป็น (Essential Fatty Acids) เป็นกรดไขมันที่ร่างกายสังเคราะห์เองไม่ได้ ต้องได้จากอาหารเท่านั้น ส่วนมากมีในน้ำมันพืช กรดไขมันที่จำเป็นจะเป็นพวกกรดไขมันไม่อิ่มตัวมาก กรดไขมันจำเป็นต่อร่างกายคนเรามีอยู่ 3 ชนิดคือ กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก และกรดอะราชิโดนิก
  2. กรดไขมันไม่จำเป็น (Non-essential Fatty Acid) เป็นกรดไขมันที่นอกจากจะได้จากอาหารแล้ว ร่างกายยังสามารถสังเคราะห์ได้เองด้วย กรดไขมันไม่จำเป็นนี้จะรวมกรดไขมันอิ่มตัวทุกชนิด
- กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกายมี 4 ชนิด ได้แก่ กรดลิโนเลอิก (linoleic acid; 18:2n6) กรดลิโนเลนิก (linolenic; 18:3n3) กรดไอโคซะเพนตะอีโนอิก (eicosapentaenoic acid; EPA; 20:5n-3) และกรดโดโคซะเฮกซะอีโนอิก (docosahexaenoic acid; DHA; 22:6n-3) ทั้งต้องการกรดไขมันจำเป็นจากอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและการรอดตายทั้งที่ไม่ได้รับกรดไขมันจำเป็นหรือได้รับในปริมาณที่ไม่เพียงพอ นั้นจะแสดงอาการขาดกรดไขมันจำเป็นและมีการเจริญเติบโตช้า (Cuzon et al., 2004) เนื่องจากทั้งนี้ไม่มีความสามารถในการเพิ่มจำนวนคาร์บอนอะตอมและจำนวน

พันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันให้เป็น EPA และ DHA (Lim et al., 1997) กุ้งจึงจำเป็นต้องได้รับกรดไขมันไม่อิ่มตัวจากอาหารเท่านั้น ซึ่งกุ้งมีความต้องการกรดไขมันในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดหรืออายุ แหล่งของกรดไขมันที่ใช้ในการผลิตอาหารกุ้งส่วนใหญ่ได้แก่ น้ำมันปลาทะเลและ น้ำมันจากสัตว์ทะเลอื่นๆ แหล่งที่สำคัญของ EPA และ DHA คืออาหารทะเลและน้ำมันจากสัตว์ทะเลโดยเฉพาะปลาทะเล เนื่องจากปลามีกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ในการสร้างและรักษากรดไขมันเหล่านี้ไว้จึงทำให้ไขมันปลาแตกต่างจากสัตว์ชนิดอื่น คือ มีสภาพเป็นของเหลวที่อุณหภูมิต่ำทำให้เยื่อหุ้มสมองของปลาคงสภาพเป็นของเหลวอยู่ในน้ำแข็ง จากการศึกษาปริมาณ EPA และ DHA ในปลาชนิดต่างๆ พบว่ามีปริมาณ EPA และ DHA อยู่ระหว่าง 4-37 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด (Kinesella, 1986) ปริมาณ EPA และ DHA จะแตกต่างกันตามชนิดของปลา แหล่งที่อยู่อาศัย ฤดูกาล ช่วงเวลาการวางไข่และปริมาณเอนไซม์ในการสร้าง EPA และ DHA จากกรดไขมันชนิดอื่น คือ desaturase และ elongase (Stansby et al., 1990) นอกจากนี้ปริมาณกรดไขมันภายในตัวปลาก็มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงและถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายจึงทำให้กลิ่น รส และคุณภาพของกรดไขมันลดลงเนื่องจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวจากปลาทะเลมีคุณภาพแตกต่างกันดังกล่าวข้างต้นจึงทำให้นักวิทยาศาสตร์หันมาสนใจแหล่งไขมันที่ได้จากสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำพวกแพลงก์ตอนและสาหร่าย

กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 (n-3-PUFAs) มีตำแหน่งของพันธะคู่พันธะแรกในสายคาร์บอนอยู่ที่คาร์บอนอะตอมที่ 3 เมื่อนับจากปลายเมทิล เป็นกรดไขมันในกลุ่ม linolenate (linolenate series) ได้แก่ linolenic acid (LNA, 18:3n-3),  $\alpha$ -linolenic acid (ALA, 18:3n-3), eicosatrienoic acid (20:3n-3), eicosatetraenoic acid (ETA, 20:4n-3), eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3), docosapentaenoic acid (22:5n-3) และ docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3)

ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะกลุ่มโอเมก้า-6 (n-6-PUFAs) มีตำแหน่งของพันธะคู่พันธะแรกในสายคาร์บอนอยู่ที่คาร์บอนอะตอมที่ 6 เมื่อนับจากปลายเมทิล เป็นกรดไขมันในกลุ่ม linoleate (linoleate series) ได้แก่ linoleic acid (LA, 18:2n-6),  $\gamma$ -linolenic acid (GLA, 18:3n-6), dihomo- $\gamma$ -linolenic acid (DGLA, 20:3n-6), arachidonic acid (ARA, 20:4 n-6) และ docosapentaenoic acid (DPA, 22:5n-6) โดยมีผลต่อการวางไข่ของสัตว์น้ำ เนื่องจากสัตว์น้ำจะใช้กรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งได้รับจากอาหารเพื่อเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ prostaglandins ทำหน้าที่กระตุ้นรังไข่ให้มีการตกไข่ โดย prostaglandin ชนิดนี้สร้างจาก arachidonic acid และพบว่าสัตว์น้ำที่ได้รับกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดนี้เพียงพอในช่วงตัวเต็มวัยก่อนที่จะมีการวางไข่จะทำให้ไข่อัตราในการฟักเป็นตัวสูง ตัวอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติน้อย ปริมาณของไข่ที่ได้รับการผสมพันธุ์สูง และมีอัตราการรอดชีวิตของตัวอ่อนสูง (รุ่งฤดี, 2543)

แหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 เช่น eicosapentaenoic acid และ docosahexaenoic acid ที่ใช้เป็นแหล่งผลิตหลักในทางการค้าคือน้ำมันปลาทะเล เช่น anchovy, tuna, herring, cod, sardine, salmon และ menhaden (Ward, 1989) แต่เนื่องจากปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันปลามีอยู่จำกัดประมาณ 7-14 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ในการผลิตต้องใช้ปลาจำนวนมาก ฤดูกาลลักษณะของภูมิอากาศและภูมิประเทศที่จับปลา รวมทั้งพันธุ์ปลา และชนิดของอาหารประเภทจุลินทรีย์ในทะเลต่างก็มีผลต่อปริมาณของกรดไขมัน รวมทั้งในปัจจุบันมีมลภาวะเป็นพิษเกิดขึ้นในทะเลการปนเปื้อนโดยสารฆ่าแมลงและโลหะหนัก จึงส่งผลกระทบต่อทั้งคุณภาพและปริมาณของกรดไขมันที่ได้รวมไปถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการสกัดและการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งต้องมีการกำจัดคอเลสเตอรอลและสิ่งเจือปนที่เป็นพิษ ปัญหาด้านกลิ่นคาวปลา รสชาติ และความคงตัวกระบวนการผลิตกรดไขมันจากน้ำมันปลาทะเลมีค่าใช้จ่ายสูง การผลิตขนาดใหญ่ทำได้ยาก (Yokochi *et al.*, 1998)

แหล่งกรดไขมันทดแทนกรดไขมันจากปลาทะเลจึงเป็นเรื่องที่มีความจำเป็นที่ต้องศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้กรดไขมันที่มีคุณภาพและเพื่อลดต้นทุนการผลิตอาหารสำหรับสัตว์น้ำ กรดไขมันจากสาหร่ายน้ำเค็มเซลล์เดียวเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะที่มีศักยภาพในการผลิตสูง โดยเฉพาะ *thraustochytrids* ที่พบทั่วไปในแหล่งน้ำเค็มโดยเฉพาะบริเวณป่าชายเลน (Porter, 1990) พบกระจายทั่วไปในหลายประเทศและภาคพื้นทวีป ทั้งในแถบแอนตาร์กติก (Bahnweg and Sparrow, 1974) ทะเลเหนือ (Raghukumar and Gaertner, 1980) อินเดีย (Raghukumar, 1988) ญี่ปุ่น (Naganuma *et al.*, 1998) ออสเตรเลีย (Lewis *et al.*, 1998) ฮองกง (Fan *et al.*, 2002) พูจี (Huang *et al.*, 2003) รวมทั้งในประเทศไทย (Wassana *et al.*, 2007) มีรายงานการค้นพบทรอสโทไคตริคส์ซึ่งสามารถผลิตกรดไขมันดีเอชเอได้สูงถึง 30-40 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไขมันทั้งหมด (Bowles, Bremer, Duchars & Eaton, 1999) *thraustochytrids* จัดอยู่ใน Phylum Labyrinthulomycota, Order Thraustochytriales, Family Thraustochytriaceae ตัวอย่างสมาชิก ได้แก่ สกุล *Thraustochytrium* เช่น *Thraustochytrium aureum*, *T. roseum* และสกุล *Schizochytrium* เช่น *Schizochytrium limacinum*, *S. aggregatum*, *S. mangrovei* เดิม *thraustochytrids* จัดเป็นราน้ำเค็ม (marine fungi) แต่จากการศึกษาและวิเคราะห์ทางด้านลำดับวิวัฒนาการพบว่ามีความใกล้ชิดกับสาหร่ายกลุ่ม heterokont algae เช่น สาหร่ายสีน้ำตาลและไดอะตอมมากกว่า (Cavalier-Smith *et al.*, 1994)

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์และวิธีการ

##### อุปกรณ์

1. กุ้งก้ามกราม
2. ถังไฟเบอร์กลาส
3. สายอากาศ
4. หัวทราย
5. สายยาง
6. สวิง
7. วัตถุดิบอาหารกุ้ง
8. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
9. เครื่องปั่นวัตถุดิบอาหาร
10. เครื่องอัดเม็ดอาหารกุ้ง
11. ตู้อบแห้ง

## วิธีการศึกษาวิจัย

### 1. การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำกุ้งก้ามกรามจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งของเอกชนมานำมาเลี้ยงในบ่อซีเมนต์เพื่อปรับสภาพกุ้งก่อนการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป หลังจากนั้นทำการแยกกุ้งไปเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาส โดยคัดกุ้งที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ  $3.33 \pm 0.20$  กรัม และความยาวเริ่มต้นเท่ากับ  $6.41 \pm 0.03$  เซนติเมตร โดยเลี้ยงที่ความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร

### 2. การประกอบสูตรอาหาร

คำนวณสูตรอาหาร 6 สูตรให้มีปริมาณโปรตีนรวมไม่น้อยกว่า 38 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวมไม่น้อยกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ พลังงานที่ย่อยได้ไม่น้อยกว่า 324 กิโลแคลลอรี่/100กรัม ใช้อาหารพื้นฐาน(basal diet) เหมือนกันทุกสูตร และมีแหล่งของกรดไขมันและสัดส่วนของกรดไขมัน n-3 / n-6 ต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สูตรที่ 1 อาหารสูตรพื้นฐานผสมกับน้ำมันปลา 100 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 2 อาหารสูตรพื้นฐานผสมกับ น้ำมันถั่วเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 อาหารสูตรพื้นฐานผสมกับทรอสโตโคตริคัส (*Schizochytrium* sp.) 100 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 4 อาหารสูตรพื้นฐานผสมกับทรอสโตโคตริคัส : น้ำมันถั่วเหลืองในสัดส่วน 1:1

สูตรที่ 5 อาหารสูตรพื้นฐานผสมกับทรอสโตโคตริคัส : น้ำมันถั่วเหลืองในสัดส่วน 1:2

สูตรที่ 6 อาหารสูตรพื้นฐานผสมกับทรอสโตโคตริคัส : น้ำมันถั่วเหลืองในสัดส่วน 2:1

### 3. การเตรียมอาหารเม็ด

ซึ่งวัตถุดิบที่บดละเอียดแล้วตามปริมาณที่คำนวณของแต่ละสูตร นำมาผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกันผสมน้ำให้วัตถุดิบมีความชื้นเพียงพอที่จะอัดเป็นเม็ดอาหาร จากนั้นนำเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหารแบบจมน้ำ แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำอาหารที่ผลิตได้ในแต่ละสูตรไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ตามวิธีของ AOAC (2005) และวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันของอาหารที่เตรียมขึ้นสำหรับแต่ละชุดการทดลอง ด้วยวิธี ของ Folch (1957) คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลองแต่ละสูตรและผลจากการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรอาหารสำหรับเลี้ยงกุ้งก้ามกรามจำนวน 6 สูตรระดับโปรตีนไม่น้อยกว่า 38 %

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6
ปลาป่น	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
กากถั่วเหลือง	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
แกลบคุ้ง	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
ข้าวโพดป่น	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
แป้งสาลี	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
รำละเอียด	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
น้ำมันปลา	3.0	-	-	-	-	-
น้ำมันถั่วเหลือง	-	3.0	-	1.5	2.0	1.0
Schizochytrium	-	-	3.0	1.5	1.0	2.0
สารเหนียว	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
vitamin premix	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
โภชนะในอาหารจากการวิเคราะห์						
ความชื้น (%)	5.24	5.27	6.16	6.13	5.52	6.54
โปรตีน (%)	38.97	39.87	39.28	39.68	39.91	39.81
ไขมัน (%)	11.40	11.08	9.48	10.48	10.42	10.15
เถ้า (%)	12.68	12.77	12.58	12.67	12.61	12.70
Digestible energy (Kcal/100g)	337.72	337.61	324.64	331.77	333.35	329.09
Gross energy(Kcal/100g)	457.43	459.49	444.63	456.17	452.88	446.70

#### 4. การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองในทุก ๆ การทดลองแบบสุ่มตลอด(Completely Randomized Design; CRD) แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มทดลอง แต่ละกลุ่มทดลองมี 3 ซ้ำ กุ้งที่นำมาทดลองต้องปรับเข้าสู่สภาพการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ควบคุมคุณภาพน้ำตลอดการเลี้ยง และทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 70 เปอร์เซ็นต์ทุกสัปดาห์ สุ่มวัดขนาดกุ้งทุก 2 สัปดาห์ ข้อมูลน้ำหนักกุ้งนำไปคำนวณอัตราการเจริญเติบโตรวม เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะอัตราแลกเนื้อ และ อัตรารอด ด้วยวิธีการของคันแกน (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

#### 5. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกสัปดาห์เพื่อยืนยันสถานการณ์เลี้ยง พารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ประกอบด้วย ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(dissolved oxygen: DO) ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) อุณหภูมิของน้ำ (temperature) ค่าความเป็นด่าง (total alkalinity) ความกระด้าง (total hardness) และแอมโมเนีย (total ammonia)

#### 6. การบันทึกข้อมูล

การวิเคราะห์การเจริญเติบโต

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการนับจำนวนกุ้งทั้งหมด สุ่มกุ้งมาชั่งน้ำหนัก และวัดความยาว เพื่อนำไปคำนวณหาข้อมูลการเจริญเติบโต โดยมีสมการวิเคราะห์ดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (percentage weight gain)

$$= \frac{\text{น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยสุดท้าย} - \text{น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยเริ่มต้น}} \times 100$$

2. อัตราการเจริญเติบโต (absolutely daily weight gain: ADG) กรัม/ตัว/วัน

$$= \frac{\text{น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยสุดท้าย} - \text{น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวัน}}$$

3. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ(specific growth rate, SGR; เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

$$= \frac{\ln \text{น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยสุดท้าย} - \ln \text{น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาการทดลอง}} \times 100$$

4. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ให้กึ่งกินทั้งหมด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักกึ่งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น(กรัม)}}$$

5. อัตราการรอดตาย (survival rate) เปอร์เซ็นต์

$$= \frac{\text{จำนวนกึ่งที่เหลือ (ตัว) x 100}}{\text{จำนวนกึ่งเมื่อเริ่มการทดลอง (ตัว)}}$$

## 7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan new multiple range test: DMRT ที่ระดับความเชื่อ มั่น 95 เปอร์เซ็นต์



## บทที่ 4

### ผลการศึกษาวิจัย

การทดลองเลี้ยงกึ่งก้ำกรมด้วยอาหารทดลอง 6 สูตรที่มีปริมาณโปรตีนรวมไม่น้อยกว่า 38 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวมไม่น้อยกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ พลังงานที่ย่อยได้ไม่น้อยกว่า 324 กิโลแคลอรี/100กรัม เลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลดังนี้

#### 1. การเจริญเติบโต

##### 1.1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย

กึ่งก้ำกรมเริ่มต้นทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ  $3.33 \pm 0.20$  กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่ากึ่งก้ำกรมมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มสูงสุดเมื่อได้รับอาหารสูตรที่ 6 มีค่าเท่ากับ  $181.20 \pm 4.07$  เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสูตรที่ 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ  $160.13 \pm 0.72$  และ  $159.36 \pm 0.38$  เปอร์เซ็นต์ซึ่งสูตรที่ 4 และ 5 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่แตกต่างจากสูตรที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ส่วนสูตรที่ 2, 1 และ 3 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่ำมีค่าเท่ากับ  $146.18 \pm 1.90$ ,  $145.97 \pm 0.45$  และ  $141.38 \pm 2.45$  เปอร์เซ็นต์ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่แตกต่างจากสูตร 4, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

##### 1.2 น้ำหนักเพิ่มต่อวัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงกึ่งก้ำกรมด้วยอาหารทั้ง 6 สูตรพบว่า กึ่งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 6 มีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ  $0.10 \pm 0.00$  กรัม รองลงมาคือสูตรที่ 4, 5, 2 และ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากันคือ  $0.08 \pm 0.00$  กรัม ส่วนสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ  $0.07 \pm 0.00$  กรัม ซึ่งสูตร 4, 5, 2, 1 และ 3 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่แตกต่างจากสูตร 6 อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 2)

##### 1.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองกึ่งก้ำกรมมีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดเมื่อได้รับอาหารสูตรที่ 6 มีค่าเท่ากับ  $1.72 \pm 0.03$  รองลงมาคือสูตรที่ 4 และ 5 มีค่าเท่ากันคือ  $1.59 \pm 0.00$  เปอร์เซ็นต์ต่อวันแตกต่างจากสูตร 6 อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) สูตรที่ 2 และ 1 ให้ค่าเท่ากับ  $1.50 \pm 0.01$  และ  $1.50 \pm 0.00$  เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ส่วนอาหารสูตร 3 ให้อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำสุดเท่ากับ  $1.47 \pm 0.02$  เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และแตกต่างจากสูตรที่ 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 2)

## 2. อัตราแลกเนื้อ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองกึ่งก้ำมกรามีอัตราแลกเนื้อดีที่สุดเมื่อได้รับอาหารสูตรที่ 6 มีค่าเท่ากับ  $1.65 \pm 0.04$  ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) กับสูตร 4 และ 5 ซึ่งมีค่ารองลงมาเท่ากับ  $1.87 \pm 0.01$ , และ  $1.88 \pm 0.01$  ส่วนสูตรที่ 1, 2 และ 3 มีค่าอัตรา แลกเนื้อน้อย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่แตกต่างจากสูตรที่ 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) มีค่าเท่ากับ  $2.05 \pm 0.01$ ,  $2.05 \pm 0.03$  และ  $2.12 \pm 0.04$  ตามลำดับ

## 3. อัตรารอด

เมื่อสิ้นสุดการทดลองกึ่งก้ำมกรามีเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 มีอัตราการรอดสูงที่สุด เท่ากับ  $93.38 \pm 0.00$  ส่วนสูตรที่ 4 เท่ากับ  $93.36 \pm 3.84$  ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) รองลงมาคือสูตรที่ 5 และ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $80.04 \pm 7.70$  และ  $80.04 \pm 3.85$  ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่แตกต่างจากสูตรที่ 6 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ซึ่งมีค่า เท่ากับ  $77.82 \pm 4.45$  และ  $77.82 \pm 2.22$

ตารางที่ 2 น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยอาหาร 6 สูตร

ประเมินผลการเลี้ยง	อาหารทดลอง					
	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5	สูตรที่6
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	145.97±0.45 <sup>a</sup>	146.18±1.90 <sup>a</sup>	141.38±2.45 <sup>a</sup>	160.13±0.72 <sup>b</sup>	159.36±0.38 <sup>b</sup>	181.20±4.07 <sup>c</sup>
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (กรัม)	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.07±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.10±0.00 <sup>b</sup>
การเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	1.50±0.00 <sup>a</sup>	1.50±0.01 <sup>a</sup>	1.47±0.02 <sup>a</sup>	1.59±0.00 <sup>b</sup>	1.59±0.00 <sup>b</sup>	1.72±0.03 <sup>c</sup>
การเปลี่ยนอาหาร เป็นเนื้อ	2.05±0.01 <sup>c</sup>	2.05±0.03 <sup>c</sup>	2.12±0.04 <sup>c</sup>	1.87±0.01 <sup>b</sup>	1.88±0.01 <sup>b</sup>	1.65±0.04 <sup>a</sup>
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	80.04±3.85 <sup>ab</sup>	77.82±2.22 <sup>a</sup>	93.38±0.00 <sup>b</sup>	93.36±3.84 <sup>b</sup>	80.04±7.70 <sup>ab</sup>	77.82±4.45 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

#### 4. ปริมาณกรดไขมันในอาหารทดลอง

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของกรดไขมัน (%พื้นที่) ในอาหารทดลองที่ใช้เลี้ยงกุ้งก้ามกราม 6 สูตร

ชนิดของกรดไขมัน	อาหารทดลอง					
	สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4	สูตร5	สูตร6
6:0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01
8:0	0.20	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
10:0	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05
12:0	0.10	0.08	0.14	0.10	0.09	0.12
13:0	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03
14:0	3.15	1.81	3.92	2.80	2.41	3.18
14:1	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
15:0	0.75	0.31	0.57	0.38	0.39	0.41
16:0	20.96	16.9	20.88	18.91	17.98	19.64
16:1	3.62	2.01	2.36	2.18	2.05	2.23
17:0	0.85	0.49	0.55	0.55	0.49	0.54
18:0	6.09	5.32	4.81	5.15	5.17	5.05
18:1n9c	21.58	27.04	23.14	25.55	26.07	24.69
18:2n6t	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
18:2n6c	17.76	29.96	18.82	25.06	27.36	23.12
20:0	0.74	0.69	0.65	0.69	0.65	0.71
20:1	1.67	1.51	1.46	1.50	1.50	1.48
18:3n3	4.36	5.05	4.57	4.79	4.91	4.71
21:0	0.12	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10
20:2	0.38	0.26	0.28	0.26	0.26	0.27
22:0	0.42	0.46	0.37	0.42	0.43	0.40
20:3n6	0.28	0.20	0.34	0.23	0.25	0.27
22:1n9	0.73	0.6	0.68	0.62	0.6	0.63
20:3n3	0.24	0.16	0.55	0.33	0.27	0.40

20:4n6	1.02	0.5	0.7	0.58	0.54	0.62
23:0	0.18	0.12	0.12	0.12	0.11	0.12
24:0	0.38	0.33	0.35	0.33	0.32	0.33
20:5n3	3.89	1.89	2.54	2.12	2.03	2.26
24:1	0.62	0.52	0.51	0.46	0.57	0.50
22:6n3	9.90	3.06	11.37	6.68	5.42	8.16
Total SAFA	33.83	26.66	32.53	29.63	28.2	30.68
Total MUFA	5.95	4.06	4.36	4.16	4.14	4.23
Total n-3	18.39	10.16	19.03	13.92	12.63	15.53
Total n-6	19.06	30.67	19.87	25.88	28.16	24.03
Total n-9	22.31	27.64	23.82	26.17	26.67	25.32
n-3/n-6	0.96	0.33	0.96	0.54	0.45	0.65

### 5. ปริมาณกรดไขมันของตัวกึ่ง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองกึ่งก้ำมกรามที่เลี้ยงด้วยอาหาร 6 สูตรปริมาณกรดไขมันในเนื้อกึ่งแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบของกรดไขมัน (%พื้นที่) ของกึ่งก้ำมกรามทั้งตัวที่ได้รับอาหาร 6 สูตร

ชนิดของกรดไขมัน	อาหารทดลอง					
	สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4	สูตร5	สูตร6
12:0	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08
13:0	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05
14:0	3.14	2.23	3.94	3.06	2.82	3.67
14:1	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
15:0	0.81	0.55	0.69	0.59	0.56	0.69
16:0	22.77	21.61	24.14	22.26	20.97	25.26
16:1	2.68	1.8	1.95	1.72	1.62	2.14
17:0	1.09	0.79	0.87	0.76	0.72	0.91

C18:0	8.22	8.24	8.16	7.85	7.44	8.67
18:1n9c	24.42	27.67	24.18	25.3	24.91	26.71
18:2n6c	13.00	20.84	14.02	18.05	19.84	15.47
20:0	0.86	0.84	0.97	0.88	0.84	0.95
20:1	1.23	1.15	1.25	1.21	1.16	1.2
18:3n3	2.12	2.23	2.09	2.28	2.45	1.78
21:0	0.17	0.14	0.17	0.15	0.14	0.17
20:2	0.62	0.83	0.61	0.71	0.73	0.65
22:0	0.66	0.66	0.76	0.71	0.67	0.75
20:3n6	0.11	0.09	0.17	0.12	0.11	0.13
22:1n9	0.31	0.24	0.36	0.32	0.28	0.28
20:3n3	0.25	0.21	-	0.3	0.28	0.26
20:4n6	2.68	1.79	2.8	2.41	2.4	2.04
23:0	0.27	0.2	0.27	0.25	0.23	0.22
24:0	0.38	0.35	0.44	0.4	0.37	0.43
20:5n3	7.37	4.59	5.71	5.42	6.09	3.98
24:1	0.23	0.16	0.22	0.19	0.19	0.26
22:6n3	6.42	2.67	6.13	4.93	5.09	3.2
Total SAFA	38.49	35.71	40.53	37.01	34.86	41.85
Total MUFA	4.16	3.12	3.44	3.14	2.99	3.62
Total n-3	16.16	9.7	13.93	12.93	13.91	9.22
Total n-6	15.79	22.72	16.99	20.58	22.35	17.64
Total n-9	24.73	27.91	24.54	25.62	25.19	26.99
n-3/n-6	1.02	0.43	0.82	0.63	0.62	0.52

## คุณสมบัติของน้ำ

### 1. คุณภาพของน้ำระหว่างการทดลอง

ในระหว่างทดลองเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารทั้ง 5 สูตรพบว่าอุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง  $28.38 \pm 0.24 - 29.25 \pm 0.32$  องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง  $7.04 \pm 0.48 - 7.70 \pm 0.42$  มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง  $7.86 \pm 0.10 - 7.90 \pm 0.08$  ความเป็นด่างอยู่ในช่วง  $105.88 \pm 8.13 - 110.42 \pm 7.90$  มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้างอยู่ในช่วง  $97.04 \pm 12.89 - 112.17 \pm 5.31$  มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง  $0.05 \pm 0.02 - 0.13 \pm 0.04$  มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงดังตารางที่ 5 คุณสมบัติของน้ำ ทุกพารามิเตอร์ในทุกกลุ่มทดลองตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) และอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

ตารางที่ 5 คุณภาพของน้ำระหว่างการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามด้วยอาหาร 6 สูตร

คุณภาพน้ำ	อาหารสูตรที่1	อาหารสูตรที่2	อาหารสูตรที่3	อาหารสูตรที่4	อาหารสูตรที่5	อาหารสูตรที่6
อุณหภูมิ(°ซ)	$28.38 \pm 0.24$	$29.25 \pm 0.32$	$29.25 \pm 0.32$	$28.75 \pm 0.48$	$29.00 \pm 0.20$	$29.25 \pm 0.32$
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	$7.14 \pm 0.45$	$7.21 \pm 0.54$	$7.39 \pm 0.34$	$7.70 \pm 0.42$	$7.37 \pm 0.45$	$7.04 \pm 0.48$
ความเป็นกรด-ด่าง	$7.90 \pm 0.08$	$7.90 \pm 0.10$	$7.86 \pm 0.10$	$7.88 \pm 0.09$	$7.89 \pm 0.09$	$7.89 \pm 0.09$
ความเป็นด่าง (มก./ล.)	$108.38 \pm 8.03$	$107.92 \pm 7.39$	$105.88 \pm 8.13$	$106.25 \pm 8.38$	$110.42 \pm 7.9$	$106.79 \pm 7.55$
ความกระด้าง (มก./ล.)	$110.08 \pm 5.77$	$112.17 \pm 5.31$	$109.79 \pm 4.50$	$107.79 \pm 5.31$	$106.54 \pm 5.09$	$97.04 \pm 12.89$
ปริมาณแอมโมเนีย (มก./ล.)	$0.10 \pm 0.03$	$0.13 \pm 0.04$	$0.07 \pm 0.01$	$0.05 \pm 0.02$	$0.13 \pm 0.04$	$0.08 \pm 0.02$

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

## บทที่ 5

### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

กึ่งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 6 สูตรจากอาหารสูตรพื้นฐานที่มีระดับโปรตีนรวมไม่น้อยกว่า 38 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวมไม่น้อยกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานไม่น้อยกว่า 324 กิโลแคลอรี/100กรัม มีการแทนที่น้ำมันปลาและน้ำมันพืชในอาหารด้วยทรอสโตโคไตรดส์ต่างกันคือสูตรที่ 1 ใช้น้ำมันปลา 100 %, สูตรที่ 2 ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 100 %, สูตรที่ 3 ใช้น้ำมันจากทรอสโตโคไตรดส์ 100 % ส่วนสูตรที่ 4-6 ใช้น้ำมันจากทรอสโตโคไตรดส์:น้ำมันถั่วเหลืองเท่ากับ 1:1, 1:2 และ 2:1 ตามลำดับ โดยมีสัดส่วน n-3/n6 เท่ากับ 0.96, 0.33, 0.96, 0.54, 0.45 และ 0.65 ตามลำดับ โดยพบว่า สูตรที่ 6 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราแลกเนื้อดีที่สุดคือ  $181.20 \pm 4.07$  %,  $0.10 \pm 0.00$  กรัม/วัน ,  $1.72 \pm 0.03$  % และ  $1.65 \pm 0.04$  ตามลำดับ และแตกต่างจากอาหารสูตร 1- 5 อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ส่วนอัตราการรอดตายของกึ่งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 และ 4 ให้อัตราการรอดตายสูงที่สุดคือ  $93.38 \pm 0.00$  และ  $93.36 \pm 3.84$  % ( $P > 0.05$ ) รองลงมาได้แก่อาหารสูตรที่ 1 และ 5 คือ  $80.04 \pm 3.85$  และ  $80.04 \pm 7.70$  % ซึ่งแตกต่างจากสูตรที่ 2 และ 6 ที่ให้อัตราการรอดตายต่ำสุดคือ  $77.82 \pm 2.22$  และ  $77.82 \pm 4.45$  อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในอาหาร 6 สูตรแสดงดังตารางที่ 3 มีสัดส่วนของกรดไขมัน n-3/n-6 เท่ากับ 0.96, 0.33, 0.96, 0.54, 0.45 และ 0.65 ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในเนื้อกึ่งที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1-6 แสดงดังตารางที่ 4 มีสัดส่วนของกรดไขมัน n-3/n-6 เท่ากับ 1.02, 0.43, 0.82, 0.63, 0.62 และ 0.52 ตามลำดับ โดยพบว่ากึ่งที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1, 2, 4 และ 5 มีสัดส่วนของกรดไขมัน n-3/n-6 สะสมในเนื้อเพิ่มขึ้นตามปริมาณที่มีในอาหารยกเว้นสูตรที่ 3 และ 6 มีค่าลดลง จะเห็นได้ว่าอาหารสูตรที่ 6 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราแลกเนื้อของกึ่งก้ามกรามดีที่สุด และอาหารสูตรที่ 3 ให้อัตราการรอดตายดีที่สุด โดยกึ่งอาจนำกรดไขมันที่จำเป็นไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและเพื่อดำรงชีวิตมากกว่านำไปสะสมในร่างกาย เนื่องจากกึ่งมีความต้องการกรดไขมันชนิด n- 3 และ n- 6 โดยเฉพาะสัดส่วนของกรดไขมัน มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกึ่งก้ามกราม สอดคล้องกับ Takeuchi and Murakumi, 2007 นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของปลาอีกด้วย (Watanabe, 1982) สำหรับกึ่งกุลาดำ Catacutan (1991) พบว่ากึ่งที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันจากสัตว์ทะเลซึ่งเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็น n-3 HUFA ชนิด eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) ให้ผลการเจริญเติบโตดีกว่าการใช้น้ำมันพืช และ



Deering et al (1997) แสดงผลการศึกษาว่าการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำไม่มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของ n-3 และ n-6 โดยตรง แต่ขึ้นกับการเสริมกรดไขมันที่เป็นแหล่งพลังงานร่วมด้วย แต่สำหรับสัตว์น้ำจืดนั้นมีความต้องการทั้ง n-3 และ n-6 (Takeuchi and Watanabe, 1977) กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-3 มีความสำคัญเนื่องจากมีผลต่อความอิ่มตัวของไขมัน เนื่องจากเป็นปัจจัยต่อระดับความหนืดของของเหลวในร่างกาย อย่างไรก็ตามการให้อาหารที่มีทั้ง n-3 และ n-6 มีผลดีต่อการเจริญเติบโต โดย n-3 มีแนวโน้มสำคัญในการเจริญเติบโตมากกว่า n-6 (Trider and Castell, 1980) สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่อาหารสูตรที่ 6 ใช้น้ำมันจากทรอสโตไลโคไตรคส์เป็นสองเท่าของน้ำมันถั่วเหลืองให้ผลการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามดีที่สุด

Sandifer and Joseph (1976) กล่าวว่า กรดไขมันกลุ่ม n-3 เป็นสารตั้งต้นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อ สำหรับ n-6 เป็นแหล่งพลังงาน โดยลักษณะของกรดไขมันกลุ่ม n-3 มีความไม่อิ่มตัวสูงพบว่าเป็นองค์ประกอบและสะสมใน polar lipid ในเนื้อเยื่อกุ้งมากกว่าจะนำไปสะสมเพื่อเป็นแหล่งพลังงาน กุ้งไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมัน 18:2n-6, 18:3n-3, 20:5n-3 และ 22:6n-3 (Kanazawa et al., 1979) หากอยู่ในภาวะขาดแคลนอาหารจะเลือกสะสมกรดไขมันที่มีความจำเป็นมากกว่าและสลายกรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอมต่ำไปเป็นแหล่งพลังงาน (Deering et al, 1997)

การสะสมกรดไขมันจำเป็นในเนื้อกุ้งหลังจากได้รับอาหารทดลอง สูตรที่ 1-6 เป็นเวลา 8 สัปดาห์พบว่ากรดไขมันกลุ่ม 22:6n-3 (DHA) มีการสะสมเท่ากับ 6.42, 2.67, 6.13, 4.93, 5.09 และ 3.20 ตามลำดับ ซึ่งกุ้งที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 มีการสะสมของ DHA มากที่สุด ส่วนกลุ่ม 20:4n-6 (ARA) พบว่ากรดไขมันชนิดนี้มีการสะสมในเนื้อเป็นสัดส่วนที่มากกว่าในอาหารเท่ากับ 2.68, 1.79, 2.80, 2.41, 2.40, และ 2.04 ตามลำดับ เนื่องจากกุ้งระยะนี้กำลังเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์จึงมีการสะสมกรดไขมันชนิดนี้เพื่อใช้ในการสืบพันธุ์ ดังที่ Middledith et al, (1979) พบว่ากรดไขมัน ARA เป็นกรดไขมันหลักชนิดหนึ่งที่พบในรังไข่กุ้ง และเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์พรอสตาแกลนดิน ที่มีบทบาทในระบบสืบพันธุ์ นอกจากนี้ Lilly and Bottino, (1981) กล่าวว่า ARA เป็นกรดไขมันที่มีความจำเป็น เนื่องจากกุ้งต้องลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งกระบวนการลอกคราบต้องใช้ ARA เป็นสารตั้งต้นของฮอร์โมน ecdyzone แต่เมื่อดูการสะสมในเนื้อกุ้งของอาหารทุกสูตรพบว่ายังมีปริมาณไม่เพียงพอ เนื่องจากมีการสะสมในปริมาณที่น้อยกว่าเนื้อกุ้งในธรรมชาติมาก ดังนั้นกรดไขมันในอาหารจึงมีความจำเป็นสำหรับกุ้งก้ามกรามซึ่งนอกจากจะขึ้นอยู่กับแหล่งของกรดไขมันแล้วสัดส่วนของ n-3 และ n-6 ก็มีความสำคัญเช่นกัน ความสมดุลของกรดไขมันกลุ่ม n-3 และ n-6 มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตในสัตว์น้ำกลุ่มครัสเตเชีย ซึ่งเชื่อมโยงกับการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างกรดไขมันสองกลุ่มนี้ (Glencross et al., 2002) และมีความสำคัญอันนำมาซึ่งวิธีการปฏิบัติ

สำหรับการกำหนดสูตรอาหารของกึ่ง โดยเฉพาะสัดส่วนของน้ำมันพืชซึ่งมีกรดไขมันชนิด n-6 อยู่  
มาก (Kamarudin and Roustaian, 2002)

การทดลองในครั้งนี้จึงสรุปได้ว่าการเลี้ยงกึ่งก้ามกรามขนาดวัยรุ่นด้วยอาหารสูตรที่ใช้  
น้ำมันจากทรอสโตโคไตรคส์และน้ำมันถั่วเหลืองในสูตรอาหารพื้นฐานสัดส่วน ของ n-3/n-6 เท่ากับ  
0.65 ให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีแต่ที่สัดส่วน 0.96 ให้อัตราการรอดที่ต่ำกว่า ดังนั้น ถ้าต้องการเลี้ยงกึ่ง  
ก้ามกรามระยะวัยรุ่นให้มีอัตราการเจริญเติบโตสูง และอัตราการตายสูง สามารถใช้อาหารสูตร  
พื้นฐานที่เสริมด้วยกรดไขมันจากทรอสโตโคไตรคส์และน้ำมันถั่วเหลืองที่มีสัดส่วนของ n-3/n-6 อยู่  
ในช่วง 0.65-0.96 ทดแทนการใช้ไขมันปลาเพื่อแหล่งของ DHA ในอาหารของกึ่งได้ และสามารถ  
นำมากำหนดใช้เป็นสูตรอาหารสำหรับกึ่งก้ามกรามเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการ  
เจริญเติบโตของกึ่งก้ามกรามได้อย่างเหมาะสม

## เอกสารอ้างอิง

- สถิติหน่วยธุรกิจการประมง, 2552. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. ศูนย์สารสนเทศกรมประมง เอกสาร ฉบับที่ 11/2554.
- บรรจง เทียนสงรัสมิ.2535.หลักการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม.คณะประมง.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 258 น.
- ประจวบ หล้าอุบล. 2519. ความรู้เรื่องการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม กูลาดำ บ่อกุ้ง นากุ้ง และระบบต่าง ๆ ของกุ้ง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- \_\_\_\_\_. 2527. กุ้ง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยนต์ มุสิก. 2529. การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รุ่งฤดี ทิวทอง. 2543. การคัดเลือกแบคทีเรียสังเคราะห์แสงเพื่อการผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัวอย่างอิ่มตัว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วณิชยา น้อยวงศ์. 2544. อนุกรมวิธานของกุ้งน้ำจืดสกุล *Macrobrachium* Bate, 1868 ในลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิกรม รังสินธุ์. 2549. กายวิภาคของกุ้งก้ามกรามและการผลิตกุ้งเพศผู้ล้วนโดยการทำให้ลาต่อแอนโดรเจนิก. เอกสารเผยแพร่ของโครงการการประยุกต์ใช้พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างยั่งยืน (เมธีวิจัยอาวุโส สกว.2546 ศาสตราจารย์ อุทัย รัตน์ ณ นคร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2 ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 255 น.
- อนันต์ ต้นสุตะพานิช.2546.การเพาะเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามระบบรีไซเคิลในบ่อดิน.กองประมงน้ำจืด.กรมประมง.

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. Official Methods of Analysis, 18<sup>th</sup> edn, Association of Official Analytical Chemists, Inc, Washington, DC, USA.
- Bahnweg, G. and F.K. Sparrow.. 1974. Four new species of Thraustochytrium from Antarctic regions with notes on the distribution of zoosporic fungi in the Antarctic marine ecosystem. Am. J. Bot. 61: 754-766.
- Bowles, R.D., A.E. Hunt, G.B. Bremer, M.G. Duchars and R.A. Eaton. 1999. Longchain n-3 polyunsaturated fatty acid production by members of the marine protistan group the Thraustochytrid: screening of isolates and optimization of docosahexaenoic acid production. J. Biol. 70: 193-202.
- Catacutan, M. R., 1991. Growth and fatty acid composition of *Penaeus monodon* juveniles fed various lipids. Israel. J. Awuacult. 43:47-56.
- Cavalier-Smith, T., M.T.E.P. Allsopp and E.E. Chao. 1994. Thraustochytrids are Chromists, not fungi: 18S rRNA signatures of heterokonta. Phil. Trans. R. Soc. Land. B.346(1318): 387-397.
- Cuzon , G., A. Lawrence., G. Gaxiola. , C. Rosas and J. Guillaume. 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. Aquaculture. 235: 513-551.
- Deering, M. J., D. R. Fleder and D. R. Hewitt. 1997. Growth and fatty acid composition of juvenile leader prawns, *Penaeus monodon*, fed different lipids. Aquaculture 151:131-141.
- Devant, P. 1963. A key to the identification for marine and fresh water shrimps of economical importance in the Eastern part of Venezuela. Inst. Univ. Orient. 1 : 1-68
- Fan, K.W., L.L.P. Vrijmoed and E.B.G. Jones. 2002. Physiological studies of subtropical mangrove thraustochytrids. Botanica Marina. 45: 50-57.
- FAO, 2004. Food and Agriculture Organization, The State of World Fisheries and Aquaculture . FAO, Rome, Italy. 153 pp.
- Folch,J., M. Lees and G.H.S.Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids in animal tissues. J.Biol.Chem., 226:497-506.
- Glencross, B.D., Smith, D. M., Thomas, M. R., 2002. The effect of dietary n-3 and n-6 fatty acid balance on the growth of the prawn *Penaeus monodon*. Awuac. Nutr. 8, 43-51.

- Huang, J., T. Aki, T. Yokochi, T. Nakahara, D. Honda, S. Kawamoto, S. Shigeta, K. Ono and O. Suzuki. 2003. Grouping newly isolated docosahexaenoic acid-producing thraustochytrids based on their polyunsaturated fatty acids profiles and comparative analysis of 18S rRNA genes. *Mar. Biotechnol.* 5: 450-457.
- Kamarudin, M., Roustaian, P., 2002. Growth and fatty acid composition of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, larvae fed diets containing various ratios of cod-liver oil-corn oil mixture. *J. Appl. Ichthyol.* 18, 148-153.
- Kanazawa, A., S. Teshima, K. Ono and K. Chalayondeja. 1979. Biosynthesis of fatty acids from acetate in the prawn, *Penaeus monodon* and *penaeus merguensis*. *Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ.*, 28:21-26.
- Lewis, T.E., B.D. Mooney, T.A. McMeekin and P.D. Nichols. 1998. New Australian microbial sources of polyunsaturated fatty acids. *Chem Aust.* 65: 37-39.
- Lilly, M. L. and N. R. Bottino. 1981. Identification of arachidonic acid in Gulf of Mexico shrimp and degree of biosynthesis in *Penaeus setiferus*. *Lipids.* 16:871-875.
- Lim, C., H. Ako, C. L. Brown and K. Hahn. 1997. Growth response and fatty acid composition of juvenile *Penaeus vannamei* fed different sources of dietary lipid. *Aquaculture.* 151:143-153.
- Middledith, B.S., S. R. Missler, D. G. Ward, J.B. Mcvey, A. Brown and A. L. Lawrence. 1979. Maturation of penaeid shrimp: dietary fatty acids. *Proceedings of the World Maricult. Soc.* 10:472-476.
- Naganuma, T., H. Takasugi and H. Kimura. 1998. Abundance of thraustochytrids in coastal plankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 162: 105-110.
- Nettleton, J.A. 1985. *Seafood Nutrition: Fat Issues and Marketing of Nutrition in Fish and Shellfish.* Osprey Book, New York.
- Porter, D. 1990. Phylum Labyrinthulomycota, pp. 388-398. In L. Margulis, J.O. Corliss, M. Melkonian and D.J. Chapman, eds. *Handbook of Protozoa.* Boston Jones and Bartlett, Publishers, Boston.
- Raghukumar, S. 1988. *Schizochytrium mangrovei* sp. nov., a thraustochytrid from mangrove in India. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 90: 627-637.

- Sandifer, P. A. and J. D. Joseph. 1976. Growth responses and fatty acid composition of juvenile prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) fed a prepared ration augmented with shrimp head oil. *Aquaculture* 8:129-138.
- Sheen, S. S., D' Abramo, L. R. 1991. Response of juvenile freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, to different levels of a cod liver oil/ corn oil mixture in a semi-purified diet. *Aquaculture* 93, 121-134.
- Sheen, S.S., 1997. Lipid supplementation of semi-purified diets for *Penaeus chinensis* juveniles. *J. Food Sci. Taiwan* 24, 235-242.
- Sheen, S. S., Wu, S. W. 1999. The effect of dietary lipid levels on the growth response of juvenile mud crab, *Scylla serrate*. *Aquaculture* 175, 143-153.
- Takeuchi, T and T. Watanabe. 1977. Requirement of carp for essential fatty acids. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 43(5): 541-551.
- Trider, D. J. and J. D., Castell. 1980. Effects of dietary lipids on growth, tissue composition and metabolism of the oyster (*Crassostrea virginica*) *J. Nutri.* 111:1303-1309.
- Wassana, C., W. Yongmanitchai, S. Limtong and W. Worawattanamateekul. 2007. Optimization of docosahexaenoic acid (DHA) production and improvement of astaxanthin content in mutant *Schizochytrium limacinum* isolated from mangrove forest in Thailan Kasetsart J. (Nat. Sci). 41: 321-334.
- Watanabe, T. 1982. Lipid nutrition in fish. *Comp. Biochem. Physiol.* 73B, 3-15.
- Weindenbach, R.P.1982. Dietary components of freshwater prawns reared in Hawaiian pond. pp 257-267.
- Yokochi, T., D. Honda, T. Higashihara and T. Nakahara. 1998. Optimization of docosahexaenoic acid production by *Schizochytrium limacinum* SR21. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 49: 72-76.