รายงานการวิจัย

ผลการเสริมน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยในอาหารต่อการเจริญเติบโต ภาวะออกซิเดชั่น และระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งขาวแวนนาไม

Effect of Coconut Oil with Extracted *Curcuma zedoaria* Supplement in Diet on Growth, Oxidative Defense and Immune System of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei)*

นรสิงห์ เพ็ญประไพ Norasing Penprapai
เพ็ญศรี เพ็ญประไพ Pensri Penprapai
อัมพร รัตนมูสิก Amporn Ratanamusik
มาโนช ขำเจริญ Manoch Chumchareon

คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2560

ผลการเสริมน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยในอาหารต่อการเจริญเติบโต ภาวะออกซิเดชั่น และระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งขาวแวนนาไม

นรสิงห์ เพ็ญประไพ[1], เพ็ญศรี เพ็ญประไพ [2], อัมพร รัตนมูสิก[1], มาโนช ขำเจริญ[3]

บทคัดย่อ

น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นอ้อยสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์น้ำเพราะน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นมีสารประกอบฟีนอลิกซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ในปริมาณสูงและมีองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีสายโซ่ขนาดกลาง ซึ่งง่ายต่อการดูดซึม วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลการเสริมน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยในอาหารต่อการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งขาวแวนนาไม ได้ผลิตน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยโดยใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวต่อเหง้าของขมิ้นอ้อยสดเท่ากับ 5:0, 5:0.5, 5:0.75, 5:1.0 โดยน้ำหนัก มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกรวมมีค่าสูงตามปริมาณขมิ้นอ้อยที่ใช้ในการสกัด พบว่าการเพิ่มปริมาณเหง้าของขมิ้นอ้อยทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกรวมมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงได้นำน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยมาผสมกับอาหารเพื่อใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม การออกแบบการทดลองใช้การวางแผนแบบสุ่มตลอดโดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 5 ชุดการทดลอง 3 ซ้ำ ชุดที่1 ใช้น้ำมันถั่วเหลือง (ชุดควบคุม) ชุดที่ 2 ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ชุดที่ 3 ใช้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวต่อเหง้าของขมิ้นอ้อยสด 5:0) ชุดที่ 3 ใช้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวต่อเหง้าของขมิ้นอ้อยสด 5:0.5) ชุดที่ 4 ใช้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวต่อเหง้าของขมิ้นอ้อยสด 5:0.75) ชุดที่ 5 ใช้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวต่อเหง้าของขมิ้นอ้อยสด 5:1.0) จากการทดลองได้ทำการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อคอนกรีตกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของกุ้งขาวแวนนาไม 1.0-2.0 กรัมต่อตัว กุ้งขาวแวนนาไมที่ใช้เลี้ยงซื้อมาจากฟาร์มอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ความหนาแน่นของการปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมเท่ากับ 62 ตัวต่อตารางเมตร ระยะเวลาเลี้ยง 28 วัน ให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไม 4 เวลา คือ 06.00 น, 11.00 น. 17.00 น. และ 22.00 น. จากการศึกษาการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมจากการเลี้ยงด้วยอาหาร 5 สูตร โดยวัดค่า น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้น น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 5 อัตราการเจริญเติบโตสูงสุด จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ากุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 5 ใช้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย(ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวต่อเหง้าของขมิ้นอ้อยสดเท่ากับ 5:1 โดยน้ำหนัก)มีสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงส่งผลให้การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนาไมสูง และจากการศึกษาภูมิคุ้มกันเบื้องต้นโดยการนับเม็ดเลือด พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง $1.18x\ 10^3$ - $1.40x10^3$ เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร อยู่ในเกณฑ์ปกติ คุณภาพน้ำดีตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เป็นเวลา 28 วัน และพบว่าบริเวณก้นบ่อไม่มีขี้เลนหรือของเสีย

คำสำคัญ : น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย ภาวการณ์เกิดออกซิเดชั่น ระบบภูมิคุ้มกัน และกุ้งขาวแวนนาไม

[1]คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช
[3]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

Effect of Coconut Oil with Extracted *Curcuma zedoaria* Supplement in Diet on Growth, Oxidative Defense and Immune System of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei)*

Norasing Penprapai[1], Pensri Penprapai[2], Amporn Ratanamusik[1], Manoch Chumchareon[3]

Abstract

Coconut oil with extracts of *Curcuma zedoaria* Roscoe (COZ) can be used in food for aquatic animals because its high total phenolic compound as antioxidant and medium chain triglyceride which is easy to absorb. The objectives of this work were to study effect of coconut oil with extracted *Curcuma zedoaria* (COZ) supplement in diet on growth, oxidative defense and immune system of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei)*. COZ was produced by using 4 different ratios of coconut meat to fresh rhizome of *Curcuma zedoaria* Roscoe (w/w)–5:0, 5:0.50, 5:0.75 and 5:1.0. It was found that increasing the fresh rhizome of *Curcuma zedoaria* Roscoe content resulted in increasing total phenolic content, antioxidant activity. Therefore, COZ was used in feed diets for rearing Pacific White Shrimp. Pacific white shrimp was reared in circle concrete ponds diameter of 1.5 m. Mean weight of Pacific white shrimp start at 1.0-2.0 g/body. Pacific white shrimp was obtained from farm in Sikao district, Trang province. Sea water was added in circle concrete ponds approximately 400 L water/pond. Sea water had salinity of 5-8 ppt. Pacific white shrimp was reared for 28 days (4 weeks) . Feeding was performed at 6 am, 11 am, 5 pm and 10 pm. Stocking density of Pacific white shrimp/ponds was 62 shrimp/m^2. The experiment was done using Completely Randomized Design (CRD), 5 treatments, three replication, T1 used soybean oil , T2 used virgin coconut oil (VCO), T3 used COZ (ratios of coconut meat to fresh rhizome of *Curcuma zedoaria* (w/w) as 5:0.5), T4 used COZ (ratios of coconut meat to fresh rhizome of *Curcuma zedoaria* (w/w) as 5:0.75) and T5 used COZ (ratios of coconut meat to fresh rhizome of *Curcuma zedoaria* (w/w) as 5:1). Growth performance of Pacific white shrimp was studied to determine average weight (AW), weight gain (WG), average daily growth (weight) (ADG), feed conversion ratio (FCR), survival rate (SR) and specific growth rate (SGR). It found that growth performance and survival rate of Pacific White Shrimp and from treatment 5 was highest. This result indicated T5 used (ratios of coconut meat to fresh rhizome of *Curcuma zedoaria* (w/w) as 5:1) with high antioxidant and antioxidant activity resulting to high growth performance and high survival rate of Pacific White Shrimp. Moreover, immune response system was studied. Hemocyte count was $1.18x10^3$ - $1.40x10^3$ cell/mm^2 which was normal bloods. Water quality for rearing Pacific white

shrimp in period 28 day was good quality. In bottom area of the ponds don't have mud and waste.

Keyword: Coconut oil with extracted *Curcuma zedoaria* Roscoe, Oxidative Defense, Immune System, *Litopenaeus vannamei*

[1] Faculty of Agriculture ,Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat, Thailand
[2]Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakronsi Thammarat, Thailand
[3]Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang , Thailand

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ปีงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2560 เป็นงานวิจัยเพื่อศึกษาผลการเสริมน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยในอาหารต่อการเจริญเติบโต ภาวะออกซิเดชั่น และระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งขาวแวนนาไม

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ นายพันธกานต์ เทพเกลี้ยง และนายอดิศักดิ์ พรหมเจริญ ผู้ช่วยนักวิจัยที่ได้ช่วยเหลือในส่วนทำการทดลองจนงานวิจัยนี้ได้สำเร็จด้วยดี ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่มิได้กล่าวนามในที่นี้ที่มีส่วนช่วยสนับสนุนการวิจัยนี้ให้สำเร็จด้วยดี

นรสิงห์ เพ็ญประไพ
หัวหน้าโครงการ
มิถุนายน 2561

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ค)
กิตติกรรมประกาศ	(จ)
สารบัญ	(ฉ)
สารบัญตาราง	(ซ)
สารบัญภาพ	(ฌ)
สารบัญภาพภาคผนวก	(ญ)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 กุ้งขาวแวนนาไม	4
2.2 สมบัติของน้ำที่มีความสำคัญในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	6
2.3 โรคกุ้งขาวแวนนาไม	10
2.4 การให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไม	11
2.5 เรื่องทั่วไปเกี่ยวกับน้ำมันมะพร้าว	12
2.6 อนุมูลอิสระ (Free Radical)	14
2.7 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)	16
2.8 ขมิ้นอ้อย	17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1. อุปกรณ์	19
3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย	20
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 สกัดน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย	27
4.2 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	27
4.3 ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย	29
4.4 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว	31
4.5 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารกุ้งขาวแวนนาไม	32
4.6 อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม	34

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 41
บรรณานุกรม 43
ภาคผนวก 46

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อัตราการให้อาหารต่อน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไม	11
3.1 อัตราส่วนของวัตถุดิบในอาหาร	22
3.2 อัตราการให้อาหารต่อน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาว	23
4.1 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (%)	27
4.2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ	28
4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยและน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	29
4.4 IC_{50} โดยวิธี DPPH ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยและน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	30
4.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี β-carotene bleaching model ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย	31
4.6 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว	32
4.7 วิเคราะห์ส่วนประกอบของวัตถุดิบทางเคมีที่ใช้ในการทดสอบการสร้างสูตรอาหารกุ้งขาวแวนนาไม	33
4.8 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร 5 สูตร	33
4.9 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไม (weight average) (กรัมต่อตัว)	35
4.10 น้ำหนักเพิ่ม (กรัมต่อตัว) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 5 สูตร	35
4.11 น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อต้วต่อวันของกุ้งขาวแวนนาไม (Average diary growth) (กรัมต่อตัวต่อวัน)	36
4.12 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%ต่อวัน) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหาร 5 สูตร	36
4.13 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไม (Feed conversion ratio)	37
4.14 อัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (Survival rate) (%)	37
4.15 การตรวจวัดคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	38
4.16 การตรวจนับเม็ดเลือดรวม (Total hemocyte count) ของกุ้งขาวแวนนาไม	39

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 วงจรการเกิดอนุมูลอิสระ	15
2.2 โครงสร้างทางเคมีของสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์	17
4.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน gallic acid วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร	28

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพผนวกที่	หน้า
1 กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้จากการเลี้ยง	46
2 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย	46
3 บ่อซีเมนต์ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	47
4 อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	47

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) เป็นกุ้งทะเลหรือกุ้งขาวแปซิฟิก (Pacific white shrimp) ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมได้รับความนิยมจากเกษตรกรมากขึ้น เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำประสบปัญหาโรคระบาด ขาดแคลนพ่อแม่พันธุ์คุณภาพดีและกุ้งกุลาดำแคระแกร็นเลี้ยงไม่โต ด้วยคุณลักษณะของกุ้งขาวแวนนาไม คือ เป็นกุ้งที่มีความแข็งแรงทนทาน สามารถเพาะเลี้ยงได้ทั้งในน้ำที่มีระดับความเค็มตั้งแต่ 0-35 ส่วนในพันส่วน และอุณหภูมิของน้ำที่เจริญเติบโตได้ดี คือ 26-29 องศาเซลเซียส จึงทำให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงกุ้งชนิดนี้เพิ่มมากขึ้นและทำให้การเลี้ยงขยายตัวอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้กุ้งป่วย และตาย ซึ่งมีผลมาจากปัจจัยต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ คุณภาพอาหาร คุณภาพน้ำ สภาพอากาศ ความหนาแน่นของการปล่อยกุ้ง เป็นต้น โดยภาวะดังกล่าวมีผลทำให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระที่เป็นพิษต่อเซลล์ เช่น การเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของไขมันและโปรตีนต่างๆ ทั้งที่อยู่ในเซลล์และที่อยู่ที่ผนังของเซลล์ได้ โดยส่งผลทำให้เกิดการป่วยและตายของกุ้งขึ้นได้ อย่างไรก็ตามโดยปกติสัตว์น้ำจะมีกลไกที่จะลดสารอนุมูลอิสระด้วยเอนไซม์ที่มีบทบาทเกี่ยวกับการทำลายสารอนุมูลอิสระ ได้แก่ Superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) เป็นต้น เพื่อปกป้องเซลล์จากภาวะ oxidative stress น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นอ้อย เป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่อุดมไปด้วยกรดลอริก และสารประกอบฟีนอลิกเป็นต้านอนุมูลอิสระ โดยกรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวเป็นสารที่สามารถต่อต้านการติดเชื้อ มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ ไวรัส แบคทีเรีย เชื้อราและปรสิตในมนุษย์และนอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวเป็นพืชชนิดเดียวที่ประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวถึงร้อยละ 92 ซึ่งมีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และในน้ำมันมะพร้าวมีองค์ประกอบของกรดไขมันสายโซ่ขนาดกลาง ร้อยละ 60% ซึ่งเป็นกรดไขมันที่สามารถย่อยง่ายและเร็ว (Bhatnagar*et al.*, 2009) เหมาะที่จะใช้เป็นอาหารในกลุ่มไขมัน ช่วยส่งเสริมพัฒนาการการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ เสริมทางด้านการดูดซึมของอาหาร การย่อย ช่วยเสริมสร้างอัตราแลกเนื้อของสัตว์น้ำ (Luo *et al*., 2014) น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านกระบวนการผลิตใช้อุณหภูมิต่ำยังอุดมไปด้วยวิตามินอี ส่วนสารสกัดที่ได้จากขมิ้นอ้อยที่ละลายอยู่ในน้ำมันมะพร้าวนั้นอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระคือสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ดังนั้นสารประกอบฟีนอลิกที่ละลายอยู่ในน้ำมันมะพร้าวทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จะป้องกันการออกซิเดชันของลิพิดในเยื่อหุ้มเซลล์ กำจัดอนุมูลอิสระโดยจับกับอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันการเกิดโรคต่างๆของสัตว์น้ำ (สุนีย์รัตน์, 2541) งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลการเสริมน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยต่อการเจริญเติบโตและภาวะออกซิเดชันของกุ้งขาวที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นอ้อย

1.2.2 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ภาวะออกซิเดชัน และระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีตที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นอ้อย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) โดยแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลองๆ แต่ละชุดการทดลองประกอบด้วยบ่อทดลอง 3 ซ้ำ (replication) มีบ่อเลี้ยงทั้งหมด 15 บ่อ ระยะเวลาเลี้ยง 4 สัปดาห์

1.3.2 สกัดน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยมีการกำหนดอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักขมิ้นอ้อย ดังนี้ 5:0, 5:0.5, 5:0.75, 5:1 โดยน้ำหนักนำน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยจากอัตราส่วนดังกล่าวทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

1.3.3 ศึกษาการเจริญเติบโต ภาวะออกซิเดชัน และระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งขาวแวนนาไมของกุ้งขาวที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีต ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนของน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นอ้อย

1.3.4 เตรียมบ่อคอนกรีตสำหรับเลี้ยงกุ้งขาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร ความสูง 0.5 เมตร ความจุของน้ำ 0.88 ลูกบาศก์เมตร

1.3.5 น้ำมันตัวอย่างที่ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้ง มี 5 ชนิดดังต่อไปนี้

ชนิดที่ 1 ใช้น้ำมันถั่วเหลือง (สูตรควบคุม)

ชนิดที่ 2 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

ชนิดที่ 3 น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักเหง้าขมิ้นอ้อยสด 5:0.5 โดยน้ำหนัก

ชนิดที่ 4 น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักเหง้าขมิ้นอ้อยสด 5:0.75 โดยน้ำหนัก

ชนิดที่ 5 น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักเหง้าขมิ้นอ้อยสด 5:1 โดยน้ำหนัก

ดังนั้นจะได้สูตรอาหาร 5 สูตร จากการปรับเปลี่ยนชนิดของน้ำมันในสูตรอาหารส่วนปริมาณสารอื่นในน้ำมันจะมีค่าคงที่ การให้อาหารกุ้ง วันละ 4 มื้อ เวลา 0.7.00 น. 11.00 น. 15.00 น. และ 19.00 น.

1.3.6 การศึกษาการเจริญเติบโตสุ่มตัวอย่างกุ้งขาวแวนนาไมจากทุกชุดการทดลอง จำนวน 62 ตัว/บ่อ เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความยาวทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และนำมาศึกษาการเจริญเติบโต

1.3.7 ตรวจวัดคุณภาพน้ำในระหว่างการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ โดยวัดความเค็ม อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นด่างของน้ำ และแอมโมเนีย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

14.1 องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยไปเผยแพร่ในวารสารทั้งในประเทศ และต่างประเทศและนำไปสู่การจดสิทธิบัตร

14.2 สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยเผยแพร่ให้แก่กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

14.3 ลดการใช้สารเคมีสังเคราะห์ที่มีราคาแพง และส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมและผู้บริโภคและนอกจากสามารถใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่หาได้ง่าย เช่นน้ำมันมะพร้าวขมิ้นอ้อยที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่า

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 กุ้งขาวแวนนาไม

2.1.1 อนุกรมวิธาน

อนุกรมวิธานของกุ้งขาวแวนนาไม ตามการจำแนกของ Perez Farfante and Kensley (1997) มีดังนี้

Phylum Arthropoda

Class Crustacea

Subclass Malacostraca

Order Decapoda

Suborder Natantia

Family Penaeidae

*Litopenaeusvannamei*Boone, 1931

2.1.2 ลักษณะทั่วไป

กุ้งขาวแวนนาไมหรือกุ้งขาวแปซิฟิก มีลักษณะ ผิวมันเกลี้ยงและเรียบ ลำตัวมีสีขาวโปร่ง กรี (rostrum) มีขนาดยาวพอประมาณ โดยในระยะวัยอ่อนจะยาวกว่าก้านหนวด (antennular peduncle) พบว่าเมื่อโตขึ้นกรีจะมีขนาดที่สั้นลงพบมีฟันกรีด้านล่าง (ventral teeth) 2 – 4 อัน (Perez Farfante and Kensley, 1997) สันข้างกรีจะมีความยาวไปจนถึงกรีอันสุดท้าย ฟันกรีมีจำนวน 9/2 (ฟันกรีอันบน 9 อัน ส่วนฟันกรีทางด้านล่างมีเพียง 2 อัน) พบว่าหนวดคู่ที่ 1 (antennule) ไม่มี parapenaeid spine, antennular flagella สั้นกว่าส่วน carapace มาก หนวดกุ้งขาวแวนนาไมในระยะวันรุ่นจะมีสีแดงตลอดเส้น ขาว่ายน้ำมีสีขาวใส (ชลอ และพรเลิศ,2547) อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศเมีย (thelycum) มีลักษณะเป็นแบบเปิดตั้งอยู่บริเวณฐานของขาเดินคู่ที่ 4 และ 5 ส่วนอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (petasma) สมมาตรกัน มีลักษณะกึ่งเปิดคล้ายรูปตะขอพบบริเวณ endopodของขาว่ายน้ำ (pleopod) คู่ที่ 1 (ประจวบ,2525) ส่วนหาง (telson) เรียบ ลักษณะที่พบสังเกตได้เด่นชัดของกุ้งขาว *Litopenaeusvannamei* คือ สีของลำตัวเป็นสีขาว กรีด้านบนจะหยักและถี่ปลาย ความยาวของกรีจะยาวกว่าลูกตาไม่มาก และเห็นลำไส้ชัดเจนกว่ากุ้งขาวอื่นๆ (ภิญโญ,2545)

2.1.3 การกระจายพันธุ์

กุ้งขาวแวนนาไม เป็นกุ้งพันธุ์พื้นเมืองของชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกบริเวณอเมริกากลางและใต้ (Rosenberry, 1993) กุ้งขาวอาศัยอยู่ตามแนวชายฝั่ง บริเวณที่เป็นพื้นโคลนลงไปจนถึงระดับความลึกประมาณ 72 ฟุต หรือ 235 ฟุต (Dore and Frimodt, 1987)

2.1.4 ระบบการเพาะเลี้ยง

ระบบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม แบ่งออกเป็น 3 ระบบ ตาม (Arrignon*et al.,*1994) คือ

2.1.4.1 Extensive culture คือการเลี้ยงกุ้งแบบดั้งเดิม ลูกกุ้งที่นำมาเลี้ยงมาจากธรรมชาติอัตราการปล่อยจะต่ำ เปลี่ยนถ่ายน้ำน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ไม่มีการให้อาหารในระหว่างการเลี้ยงโดยลูกกุ้งจะหาอาหารตามธรรมชาติ ไม่มีเครื่องให้อากาศ ผลผลิตจะต่ำ

2.1.4.2 Semi-intensive culture คือการเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนา ลูกกุ้งนำมาจากธรรมชาติ หรือโรงเพาะฟักจากพ่อแม่พันธุ์ธรรมชาติ มีการปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่นสูง เปลี่ยนถ่ายน้ำ 10 – 30 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ให้อาหารที่มีโปรตีน 25 – 35 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีเครื่องให้อากาศ ผลผลิตระดับปานกลางไม่สูงมากนัก

2.1.4.3 Intensive culture คือการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา มีการปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่นสูง ลูกกุ้งที่นำมาเลี้ยงมาจากโรงเพาะฟักและพ่อแม่พันธุ์จากการเลี้ยง ให้อาหารโปรตีนสูง มีการใช้เครื่องให้อากาศและและการจัดการในระหว่างการเลี้ยงโดยใช้ความรู้และวิชาการต่างๆ เต็มรูปแบบ ให้ผลผลิตสูงมาก (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

และนอกจากนี้การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมสามารถแบ่ง ตามความเค็มของน้ำได้ 2 รูปแบบ แบ่ง คือ

ก. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 นำน้ำเค็มจากนาเกลือมีความเค็มระหว่าง 100 – 200 ส่วนในพันส่วน (พีพีที) มาเติมในน้ำจืดเพื่อให้ได้ความเค็มประมาณ 3 – 4 พีพีที แล้วเลี้ยงระบบปิด มีการถ่ายน้ำน้อย ส่วนใหญ่จะมีการกั้นคอกก่อน เพื่ออนุบาลลูกกุ้ง โดยนำน้ำในคอกจะมีความเค็มประมาณ 8 – 10 พีพีที หลังจากนั้น 3 – 4 วันก็เปิดคอกออกมา

วิธีที่ 2 จะมีการปรับความเค็มมาจากโรงเพาะฟักให้ใกล้เคียงกับน้ำในบ่อเลี้ยง เกษตรกรจะเตรียมน้ำให้มีความเค็มประมาณ 3 – 5 พีพีที ทั้งบ่อแล้วนำลูกกุ้งมาปล่อยโดยตรง โดยที่ไม่มีการกั้นคอก การปล่อยลูกกุ้งโดยตรงในบ่อ ในลักษณะนี้ น้ำจะมีความเค็มเหมาะสมทั้งบ่อ ทำให้อัตราการรอดสูงกว่า การปล่อยในคอกที่น้ำภายในบ่อเป็นน้ำจืด เมื่อกุ้งมีขนาดโตพอที่จะจับขายได้จะใช้อวนตาห่างจับกุ้งที่มีขนาดใหญ่ออกขายก่อน ส่วนกุ้งขนาดเล็กจะลอดตาอวน หลังจากจับกุ้งออกบางส่วนจะมีการเติมน้ำเค็มซึ่งจะทำให้กุ้งที่เหลือเจริญเติบโตได้ดีขึ้นและจะมีขนาดใหญ่เมื่อถึงเวลาที่จับขายต่อไป นอกจากนั้นกุ้งขาวแวนนาไมอาจจะเลี้ยงได้ในน้ำที่มีความเค็มต่ำมาก เกือบเป็นน้ำจืด (ภิญโญ,2545)

ข. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำเค็มปกติ โดยใช้น้ำที่มีความเค็ม 10 พีพีที ขึ้นไป ส่วนมากบริเวณริมฝั่งทางภาคตะวันออกและทางภาคใต้ ส่วนมากจะมีการปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่นมากกว่าการเลี้ยงด้วยความเค็มต่ำ กุ้งมีอัตราการรอดสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตดีกว่าน้ำความเค็มต่ำเนื่องจากต้องมีการถ่ายน้ำในปริมาณมาก ในช่วงท้ายของการเลี้ยง

2.1.5 การศึกษาอัตราการเจริญเติบโต

ธนิษฐา (2543) และ วิมล และคณะ (2535) กล่าวว่า การเจริญเติบโต (growth) เป็นผลต่างระหว่างการสร้าง (anabolism) กับกระบวนการสลาย (Catabolism) ของร่างกาย โดยที่สัตว์ทุกชนิดมีการเจริญเติบโตทั้งทางความยาวและน้ำหนัก โดยที่การเจริญเติบโตแบบไอโซเมตริก (isometric) คือ การเติบโตในทุกส่วนของร่างกายจะมีการเติบโตอย่างเป็นสัดส่วนกันโดยตรง เช่น น้ำหนักตัว (W) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวยกกำลังสาม (L^3) หรือ พื้นที่ผิวของร่างกายการศึกษาการเจริญเติบโตสามารถวัดได้ดังนี้ (De Silva and Anderson (1995)

น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight) (กรัมต่อตัว หรือ gm/Body) คำนวณจากสูตร

$$\text{น้ำหนักเฉลี่ย} = \frac{\text{น้ำหนักกุ้งขาวรวม}}{\text{จำนวนกุ้งขาวที่เหลือทั้งหมด}}$$

น้ำหนักเพิ่ม (Weight gain) (กรัมต่อตัว หรือ gm/Body) คำนวณจากสูตร

Weight gain (Wg) = น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง – น้ำหนักปลาเริ่มต้น

น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (Average diary growth weight, ADG) (กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ gm/Body/day)

$$\text{น้ำหนักเพิ่ม ขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน} = \frac{\text{น้ำหนักกุ้งขาวเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง - น้ำหนักกุ้งขาวเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate, SRG) (%วัน) คำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ} = \frac{[(\ln \text{น้ำหนักกุ้งขาวสิ้นสุดการเลี้ยง} - \ln \text{น้ำหนักกุ้งขาวเริ่มต้น})] \times 100}{\text{ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)}}$$

อัตราการรอดตาย,(%) , %Survival rate) คำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราการรอดตาย(\%)} = \frac{\text{จำนวนกุ้งขาวที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนกุ้งขาวที่เริ่มต้นทดลอง}}$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR) คำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} = \frac{\text{น้ำหนักอาหาร (แห้ง) ที่กุ้งขาวกิน}}{\text{น้ำหนักกุ้งขาวที่เพิ่ม}}$$

2.2 คุณสมบัติของน้ำ ที่มีความสำคัญในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (Boyd and Fast, 1992) ได้แก่

2.2.1 คุณสมบัติทางเคมี

2.2.1.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen, DO) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความสำคัญต่อกุ้งในบ่อเลี้ยงเป็นอย่างมาก เนื่องจากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ภายในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจรวมทั้งกระบวนการย่อยสลายของเสีย โดยแบคทีเรียก็ต้องใช้ออกซิเจน ทำให้ในช่วงเวลากลางคืนปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะลดลงและมีค่าต่ำสุดที่ตอนเช้ามืด แต่หลังจามีแสงแดดแพลงก์ตอนพืชเริ่มมีการสังเคราะห์แสง ทำให้ปริมาณออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น พุทธ (2544) รายงานว่า ปริมาณแก๊สซิเจนที่ละลายในน้ำมากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งดังนั้นควรทำการวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในตอนเช้ามืดซึ่งเป็นช่วงที่ปริมาณออกซิเจนต่ำที่สุด น้ำที่มีออกซิเจนมากเพียงพอกุ้งจะเจริญเติบโตดี แต่ถ้ากุ้งอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกุ้งจะอ่อนแอและมีโอกาสป่วยเป็นโรคได้ง่าย ถ้าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้กุ้งตาย ซึ่งสอดคล้องกับ (ชลอ และพรเลิศ,2547) กล่าวว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงเช้ามืด กุ้งจะเจริญเติบโตดี หากปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกว่า 3 มิลลิกรัม

ต่อลิตร กุ้งจะไม่แข็งแรง กินอาหารน้อยลง ทำให้อัตราการเจริญเติบโตช้า และถ้าปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งจะไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ความเค็มและอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ความสามารถของออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง

2.2.1.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง หรือ พีเอช(pH)

ความเป็นกรดเป็นด่าง หรือพีเอช หมายถึง ความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) ในน้ำ โดยน้ำมีความเป็นกลางจะมีพีเอช 7 ถ้าพีเอชต่ำกว่า 7 แสดงว่า น้ำอยู่ในสภาพเป็นกรดและถ้าน้ำมีพีเอชมากกว่า 7 แสดงว่าอยู่ในสภาพเป็นด่าง ดังนั้นพีเอชจึงอยู่ระหว่าง 0 – 14 การวัดพีเอชของน้ำเป็นการวัดปริมาณของไฮโดรเจนอิออน ที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งปกติการแตกตัวของน้ำ จะแตกตัวได้ไฮโดรเจนอิออน (H^+) และไฮดรอกซิลอิออน (OH^-) เป็นดังสมการ (นิคม,2546)

$$H_2O \longrightarrow H^+ + OH^-$$

พีเอชของน้ำมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำตัวอื่นๆ เช่น เมื่อพีเอชเพิ่มสูงขึ้นความเป็นพิษของแอมโมเนียจะมากขึ้น หากค่าพีเอชมีค่าที่ต่ำลงจนส่งผลให้ความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ การเปลี่ยนแปลงพีเอชในบ่อเลี้ยงกุ้งมักจะขึ้นอยู่กับประมาณของแพลงก์ตอนในน้ำเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากแพลงก์ตอนจะมีการใช้และการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ให้แก่แหล่งน้ำ ถ้าปริมาณแพลงก์ตอนมากทำให้เกิดความแตกต่างของค่าพีเอชต่ำสุดในรอบวันมาก พีเอชของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งควรอยู่ระหว่าง 7.5 – 8.5 กล่าวคือ ค่าพีเอชที่ต่ำสุดในรอบวันไม่ควรต่ำกว่า 7.5 และค่าพีเอชสูงสุดในรอบวันไม่ควรเกิน 8.5 ซึ่งความแตกต่างของพีเอชในรอบวันไม่ควรมากกว่า 0.5 (ชลอ และพรเลิศ ,2547) การเปลี่ยนแปลงของพีเอชในรอบวันสูงมาก จะเป็นสาเหตุทำให้กุ้งเครียดและอ่อนแอ จากการศึกษาของ Boyd (1982) พบว่าหากพีเอชของน้ำน้อยกว่า 4 หรือมากกว่า 11 กุ้งจะตาย หากพีเอชอยู่ระหว่าง 6 – 9 กุ้งจะมีการเจริญเติบโตดี

2.2.1.3 ความเป็นด่าง (alkalinity)

ความเป็นด่าง หมายถึง ความสามารถของน้ำที่จะรับไฮโดรเจนอิออน (H^+) เพื่อที่จะทำให้กรดเป็นกลาง หากพีเอชสูงขึ้นจะทำให้น้ำมีความเป็นด่างมากขึ้น ค่าความเป็นด่างมีความสำคัญกับอัตรารอดและการเจริญเติบโตของกุ้งภายในบ่อ โดยค่าที่เหมาะสมของความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 80 – 150 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และพรเลิศ,2547) ซึ่งสอดคล้องกับ (Boyd, 1989) รายงานว่าความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ในช่วง 100 – 120 มิลลิกรัมต่อลิตร สารประกอบที่ทำให้มีความเป็นด่างมี 3 ชนิด คือ ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) โดยพีเอชของน้ำเป็นตัวกำหนดชนิดของสารละลายด่างที่อยู่ในน้ำ คือ

น้ำที่มีพีเอชเป็นกลางจนถึง 8.3 จะมี HCO_3^-มาก

น้ำที่มีพีเอชตั้งแต่ 8.3 ขึ้นไปจะเริ่มมี CO_3^{2-}

น้ำที่มีพีเอชระหว่าง 9.5 – 10.5 จะมี CO_3^{2-}มาก

และน้ำที่มีพีเอช 11 หรือมากกว่าจะมี OH^-มาก

น้ำที่มีความเป็นด่างต่ำประมาณ 40 มิลลิกรัมต่อลิตรและพีเอชต่ำกว่า 7.5 ลูกกุ้งจะลอกคราบไม่ออกและตายเนื่องจากปริมาณแคลเซียมในน้ำไม่เพียงพอ หากน้ำมีค่าความเป็นด่างที่สูงมากและพีเอชของน้ำตอนเช้าเกิน 8.3 จะพบว่าพีเอชในตอนบ่ายจะสูงขึ้นอีก กุ้งในบ่อจะเป็นตะกรันตามเปลือกและเจริญเติบโตข้ากว่าปกติมากการควบคุมความเป็นด่างให้คงที่นั้นจะใช้วัสดุปูนในกลุ่มคาร์บอเนต ส่วนการ

พิ่มความเป็นด่างใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตหรือโซเดียมคาร์บอเนตขึ้นอยู่กับระดับพีเอชของน้ำประกอบกันด้วย (ชลอ และพรเลิศ,2547)

2.2.1.4 ความกระด้าง(hardness)

ความกระด้างของน้ำเกิดจากแมกนีเซียมอิออน (Mg^{2+}) และตะกอนของแคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) ในน้ำซึ่งสามารถวัดออกมาเป็นปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) อิออนของโลหะวาเลนซีสองเป็นสาเหตุหลักของความกระด้าง ความกระด้างที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ศิริเพ็ญ,2543) ซึ่ง Sawyer and McCarty (1967) สามารถแบ่งความกระด้างของน้ำ โดยถือเอาปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต เป็นเกณฑ์คือ

น้ำอ่อน 0 – 75 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ $CaCO_3$

น้ำค่อนข้างกระด้าง 75 – 150 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ $CaCO_3$

น้ำกระด้าง 150 – 300 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ $CaCO_3$

น้ำกระด้าง > 300 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ $CaCO_3$

2.2.1.5 แอมโมเนีย(ammonia)

แอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีความเป็นพิษต่อกุ้งและสัตว์น้ำอื่นๆ หากแต่มีประโยชน์กับพวกแพลงก์ตอนพืชและแลคทีเรียที่ใช้แอมโนเนียเป็นอาหาร แอมโมเนียเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของสัตว์น้ำ กระบวนการเน่าสลายของเศษอาหารที่เหลือ แพลงก์ตอนที่ตาย เศษซากพืชซากสัตว์และสารอินทรีย์อื่นๆ โดยจุลินทรีย์ (Boyd, 1982) แอมโนเนียที่พบในน้ำมี 2 รูปแบบ คือ แอมโนเนีย (NH_3) ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และแอมโนเนียอิออน (NH_4^+) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำต่ำระดับแอมโนเนียที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งควรน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียจะอยู่ในรูปใดนั้นขึ้นอยู่กับพีเอชของน้ำ

$$NH_3 + H_2O \underset{\text{พีเอชต่ำ}}{\overset{\text{พีเอชสูง}}{\rightleftharpoons}} NH_4^+ + OH^-$$

โดยเฉพาะเมื่อค่าของพีเอชสูง ปริมาณแอมโมเนียจะสูงขึ้นด้วยจะส่งผลต่อกุ้ง คือ กุ้งขับถ่ายแอมโนเนียได้น้อยลงทำให้เกิดการสะสมของแอมโนเนียในเลือดและเนื้อเยื่อทำให้การใช้ออกซิเจนในเนื้อเชื่อกุ้งสูงขึ้น ส่งผลให้พีเอชของเลือดเพิ่มขึ้นและมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์แอมโนเนียจะไปทำลายเหงือกและความสามารถในการขนส่งออกซิเจน ทำให้กุ้งอ่อนแอและเป็นโรคในที่สุด (ชลอ และพรเลิศ ,2547) ในทางตรงข้าม ถ้าพีเอชของน้ำลดลง แอมโมเนียจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียอิออนทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำลดลง

2.2.1.6 ไนไตรท์ (nitrite)

ไนไตรท์เป็นสารประกอบที่อยู่ในรูปของไนโตรเจนจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) ของแอมโมเนีย ในสภาพที่มีออกซิเจนแบคทีเรียพวกไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (nitrifying bacteria) จะมีการใช้แอมโมเนียในน้ำเป็นอาหาร โดยจะเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์และไนเตรท ในสภาพที่ขาดออกซิเจนแบคทีเรียจะไม่สามารถทำการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์และไนเตรทได้สมบูรณ์ทำให้แอมโมเนียเหลือในแหล่งน้ำเป็นอันตรายต่อกุ้งในบ่อโดยทั่วปไนไตรท์จะเปลี่ยนเป็นไนเตรทอย่างรวดเร็วขึ้นจึงไม่สะสมอยู่ในแหล่งน้ำ แต่ในบางสภาวะหากอัตราการออกซิไดซ์แอมโมเนียเร็วกว่าการ

ออกซิไดซ์ไนไตรท์ก็จะเกิดการสะสมของไนไตรท์ขึ้นได้ Boyd and Tucker (1998) รายงานว่า ไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมักจะน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากแอมโมเนียซึ่งเป็นสารตั้งต้นถูกแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ ส่วนไนไตรท์เป็นพิษต่อสัตว์น้ำเช่นเดียวกับแอมโมเนีย โดยไนไตรท์ไปลดประสิทธิภาพในการขนส่งออกซิเจนของเลือดและทำลายเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำ ความเป็นพิษของไนไตรท์จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำและพีเอชลดลง นอกจากนี้ค่าความเป็นพิษของไนไตรท์จะถูกยับยั้งโดยคลอไรด์ในน้ำ ดังนั้นในน้ำทะเลซึ่งมีคลอไรด์สูงความเป็นพิษของสัตว์น้ำจึงค่อนข้างต่ำ (ชลอ และพรเลิศ,2547)

2.2.1.7 ไฮโดรเจนซัลไฟต์ (hydrogen sulphide)

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือแก๊สไข่เน่า เกิดจากของเสียที่สะสมอยู่บริเวณพื้นบ่อเกิดการเน่าสลาย จะพบเห็นบนิเวณพื้นบ่อเป็นสีดำและมีกลิ่นเหม็นคล้ายไข่เน่า เกิดจากในสภาวะที่ขาดออกซิเจน แบคทีเรียบางชนิดจะสามารถเปลี่ยนกำมะถันให้อยู่รูปของซัลไฟด์ ซึ่งได้แก่ ไฮโดรซัลไฟด์ (H_2S) ไฮโดรซัลไฟด์อิออน (HS^-) และไบซัลไฟด์อิออน (S^{2-}) ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำตามพีเอชของน้ำ หากพีเอชของน้ำต่ำ ซัลไฟด์จะอยู่ในรูปของไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ หากพีเอชสูงขึ้นจะมีสัดส่วนของไฮโดรซัลไฟด์อิออนและไบซัลไฟด์อิออนเพิ่มมากขึ้น ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำก็จะลดลงตามไปด้วย ซึ่งระดับสูงสุดของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อกุ้งคือ 0.033 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

2.2.1.8 ความเค็ม (salinity)

ความเค็มหมายถึง ปริมาณเข้มข้นของอิออนที่ละลายในน้ำ หรือปริมาณเป็นกรัมของเกลืออนินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทะเล 1 กิโลกรัม มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตรหรือส่วนในพันส่วน (part per thounsand:ppt) หรือย่อเป็น พีพีที อิออนที่อยู่ในน้ำที่เป็นอ่งค์ประกอบในการก่อให้เกิดความเค็มของน้ำมีอยู่ 7 ชนิด ประกอบด้วยโซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม คลอไรด์ ซัลเฟต และไบคาร์บอเนต ความเค็มมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำมาก โดยจะมีผลต่อการควบคุมปริมาณน้ำในร่างกาย และควบคุมปริมาณน้ำเข้าออกของสัตว์น้ำ กุ้งขาวแวนนาไมสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีความเค็มระหว่าง 0 – 35 พีพีที แต่ถ้าต้องการผลผลิตที่ดีความเค็มไม่ควรต่ำกว่า 3 พีพีที ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ส่วนความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำอยู่ระหว่าง 15 – 20 พีพีที (ชลอ และพรเลิศ,2547)

2.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่

2.2.2.1 ความโปร่งแสง (transparency)

ความโปร่งแสงคือ ค่าที่มองเห็นแผ่นกลม (Secchi disc) ที่หย่อนลงไปในน้ำจนถึงระดับความลึกที่มองไม่เห็นวัตถุดังกล่าว (ศิริเพ็ญ,2543) หากน้ำมีความขุ่นมากแสงส่องลงได้น้อยจะอ่านค่าความโปร่งแสงได้น้อย ในทางกลับกันแหล่งน้ำที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ มีอาหารธรรมชาติน้อย จะมีค่าความโปร่งแสงมากต้องมีการแก้ไข โดยการเติมปุ๋ยเพื่อใช้ให้แพลงก์ตอนเจริญมากขึ้น ความโปร่งแสงเป็นค่าที่บ่งบอกสภาพของแหล่งน้ำ ซึ่งมีความโปร่งแสง 40 – 60 เซนติเมตรเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับบ่อเลี้ยงกุ้ง (Boyd, 1989)

2.2.2.2 อุณหภูมิของน้ำ (water temperatre)

อุณหภูมิของน้ำ จะแปรผันสัมพันธ์กับปริมาณแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศ ขึ้นกับฤดูกาล ระดับความสูง และสภาพภูมิอากาศ ถ้าปริมาณความเข้มแสงมากขึ้น อุณหภูมิก็จะสูงขึ้นอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อการกินอาหาร และกระบวนการทำงานต่างๆ ในร่างกายของสัตว์น้ำหากอุณหภูมิ

เหมาะสม สัตว์น้ำจะกินอาหารและดำรงชีวิตได้ตามปกติ แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าปกติจำทำให้การทำงานของระบบต่างๆ ของสัตว์น้ำลดลงตามไปด้วย (กรมประมง, 2546) ถ้าอุณหภูมิของน้ำต่ำกว่า 28 องศาเซลเซียส กุ้งกินอาหารลดลง และทำให้การเจริญเติบโตลดลง (ชลอ และพรเลิศ, 2547) กุ้งเป็นสัตว์เลือดเย็น อุณหภูมิของร่างกายจะเปลี่ยนแปลงวตามอุณหภูมิน้ำ และจะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไม อยู่ระหว่าง 28 – 30 องศาเซลเซียส (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

2.2.3 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ ได้แก่

2.2.3.1 การนำไฟฟ้า (electrical conductivity หรือ EC) คือความสามารถประสิทธิภาพในการนำไฟฟ้าของน้ำหรือของเหลวอื่นซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณอิออน mobility valence และ relative concentration ของน้ำหรือของเหลว การเคลื่อนที่ประจุและอุณหภูมิของน้ำหรือของเหลว ค่าการนำไฟฟ้าที่น้อยกว่า 1 µs/cm จะไม่มีความเค็ม ส่วนค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 9 µs/cm จะมีความเค็มสูง ค่าความนำไฟฟ้าสัมพันธ์กับปริมาณธาตุชนิดต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำทะเล อนินทรีสารในน้ำสูงเป็นผลมาจากค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายและปริมาณของแข็งที่ละลาย (dissolved solids) มีปริมาณมาก ปริมาณอนินทรีย์สารที่ละลายในน้ำลดลง ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายลดลงเช่นกัน (สุธี, 2543; APHA, *et al.,* 1989)

2.3 โรคในกุ้งขาวแวนนาไม

โรคในกุ้งขาวแวนนาไมมีดังนี้

2.3.1 โรคตายด่วน (Early Mortality Syndrome, EMS) หรือโรคตับวายเฉียบพลัน AHPND (Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease) จากการรายงานของ Tranและคณะ (2013) เป็นอาการที่เกิดขึ้นกับกุ้งปล่อยในบ่อเลี้ยงช่วง 20-30 วันแรก โดยมีอัตราการตายสูงถึง 100 % ในระยะเวลาเพียง 2 - 3 วันหลังพบอาการของโรคโรคตายด่วนในกุ้งขาวแวนนาไมอาการของโรคในระยะแรกนั้นไม่พบการติดเชื้อโรคและไม่พบการอักเสบแต่เมื่อเกิดการตายพบการอักเสบอย่างเฉียบพลันของเนื้อเยื่อตับและตับอ่อนซึ่งส่งผลให้กุ้งตายได้

2.3.2 โรคไวรัสทอร่า (Taura Syndrome Virus; TSV) สาเหตุ: เกิดจากเชื้อไวรัสชนิดอาร์เอ็นเอ (RNA) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 31-32 นาโนเมตรอยู่ในกลุ่ม Picornaviridaeมักพบในกุ้งขาว โดยเฉพาะ *P. Vannamei* ลักษณะอาการ:พบในกุ้งขาวัยอ่อนและกุ้งวัยรุ่น ในกุ้งที่มีอายุ 14-40 วันหลังจากปล่อยเลี้ยงกุ้งป่วยบริเวณหางมีสีแดงชัดเจนถ้าเป็นมากลำตัวมี สีแดงเปลือกนิ่มเซื่องซึมกุ้งจะตายมากในช่วงลอกคราบโดยมีอัตราการตาย 40-90% ถ้า กุ้งรอดตายจากการติดเชื้อจะปรากฏรอยแผลสีดำ

2.3.3 โรคไวรัสตัวแดงดวงขาวสาเหตุ: เกิดจากไวรัสชนิดดีเอ็นเอรูปร่างเป็นแท่ง ขนาดความยาว 250-280 นาโนเมตรลักษณะอาการที่พบ: ลำตัวกุ้งมีสีแดงมีดวงขาวบริเวณผิวใต้เปลือกขนาด 1-2 มิลลิเมตรบริเวณส่วนหัวและลำตัวกุ้งมีอัตราการตายสูงมาก 40-100% ภายใน 5-10 วันเปลือก

2.3.4 โรคหัวเหลือง (Yellow Head Virus; YHV) สาเหตุของโรค: เกิดจากเชื้อไวรัสชนิดอาร์เอ็นเอ (SS RNA) รูปร่างเป็นแท่งมีผนังหุ้มพบในกุ้งสกุล Penaeid หลายชนิด เช่น กุ้งกุลาดำ *P. monodon,* กุ้งขาว *P. vannamei, P. japonicas, P. setiferus, P. aztecus, P. duorarum, P. stylirostris* ลักษณะอาการ : กุ้งลำตัวซีดเหงือกและบริเวณตับและตับ อ่อนมีสีเหลืองเห็นชัดเจนกุ้งกินอาหารเพิ่มมากผิดปกติจากนั้นจะเริ่มกินลดลงกุ้งเริ่มแสดงอาการหัว เหลืองตายเร็วมากภายใน 3-5 วัน

2.3.5 โรคไวรัสไอเอชเอชเอ็นวี (Infectious HepatopancraticHemopoietic Necrosis; สาเหตุ:เกิดจากเชื้อไวรัสชนิดอาร์เอ็นเอ (RNA) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 นาโนเมตรอยู่ในกลุ่ม *Parvoviridae* พบในกุ้งกลุ่ม Penaeid หลายชนิดเช่นกุ้งขาว *P. vannamei, P.stylirorostris, P. monodon, P. japonicas* ลักษณะอาการ: ในกุ้งขาวเป็นแบบเรื้อรัง (chronic infection) เรียกว่า “runt deformitysyndrome” (RDS), กุ้งแคระแกรนหรือกุ้งโตช้ากรีคดงอส่วนหัวกุ้งจะสั้นกว่าปกติ IHHNV)

2.3.6 โรคบีพี (*Baculovirus penaei*; BP) สาเหตุของโรค : เกิดจากเชื้อไวรัสในกลุ่มแบคคิวโลไวรัสพบในกุ้งสกุล Penaeid หลายชนิดเช่นกุ้งขาว *P. vannamei, P. marginatus, P. setiferus, P. duorarum, P. Stylirostris* ลักษณะอาการ: ไม่มีอาการภายนอกแต่จะพบกุ้ง ในระยะไมซีสจะเริ่มทยอยตายและเพิ่มมากขึ้นแม้จนกระทั่งในระยะแรกๆของกุ้งพี พบกุ้งตายหมดบ่อ

2.3.7 โรคแบคทีเรียเรืองแสง สาเหตุ: เกิดจากเชื้อแบคทีเรียเรืองแสง (*Vibrio harveyi*) ลักษณะอาการ: พบอัตราการตายสูงในกุ้งระยะวัยอ่อนถึงวัยรุ่นลอยหัวมีแสงเรืองในเวลากลางคืนหรือในที่มืดในกุ้งวัยรุ่นจะว่ายขึ้นผิวน้ำขอบบ่อกุ้งกินอาหารลดหรือไม่กิน อาหารมักพบเชื้อแบคทีเรียในกระแสเลือดและกล้ามเนื้อ

2.3.8 โรควิบริโอซีส (Vibriosis) สาเหตุ : เกิดจากแบคทีเรียกลุ่มวิบริโอ (*Vibrio* spp.) ได้แก่ *V. Parahemolyticus, V. vulnificus* เป็นต้น ลักษณะอาการ: กุ้งกินอาหารลดลงตัวกรอบแกรบเปลือกนิ่มขึ้นข้างหรือว่ายวนขอบบ่ออาจมีดวงขาวที่เปลือกทั้งส่วนหัวและลำตัวกุ้งอาจมีสีแดงกล้ามเนื้อตายมักมีสีขาวขุ่นกุ้งมีอัตราการตายสูงโดยเฉพาะในกุ้งอายุ 1-2 เดือน

2.3.9 โรคเชื้อราแลคจินิเดียม (*Legenidium* spp.) สาเหตุ: เกิดจากเชื้อรา ลักษณะอาการ: พบอัตราการตายสูงในกุ้งระยะวัยอ่อนลูกกุ้งจะจมลงไปนอนนิ่งๆอยู่ก้นบ่อลูกกุ้งกินอาหารลดหรือไม่กินอาหารลำตัวมีสีเหลืองครีม หรือจุดสีน้ำตาลอ่อนกล้ามเนื้อเปื่อยเน่า

2.3.10 โรคโปรโตซัว *Zoothamnium* spp. สาเหตุเกิดจากโปรโตซัว *Zoothamnium* ลักษณะอาการ: ลักษณะของกุ้งที่มีซูโอแทมเนียมเกาะอยู่บนลำตัวจะเห็นเป็นสีขุ่นขาวรอบตัวกุ้งมีปุยฟูการว่ายน้ำผิดปกติมีผลต่อการกินอาหารและการลอก คราบโดยมักจะพบคราบส่วนหัวติดอยู่กับตัวกุ้ง กุ้งจะตายในเวลาต่อมา

2.4 การให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไม(Feeding rate) (%)

อัตราการให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไม โดยคิดจากน้ำหนักของกุ้งดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อัตราการให้อาหารต่อน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไม

น้ำหนักกุ้งเฉลี่ย(ก.)	อัตราการให้อาหาร(%ของน้ำหนัก/วัน)
<1	35-25
0.1-0.24	25-20
0.25-0.49	20-15
0.5-0.9	15-11
1.0-1.9	11-8

ตารางที่ 2.1 อัตราการให้อาหารต่อน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไม (ต่อ)

น้ำหนักกุ้งเฉลี่ย(ก.)	อัตราการให้อาหาร(%ของน้ำหนัก/วัน)
2.0-2.9	8-7
3.0-3.9	7-6
4.0-4.9	6-5.5
5.0-5.9	5.5-5.0
6.0-6.9	5.0-4.5
7.0-7.9	4.5-4.25
8.0-8.9	4.25-4.0
9.0-9.9	4.0-3.75
10.0-10.9	3.75-3.5
11.0-11.9	3.5-3.25
12.0-12.9	3.25-3.0
13.0-13.9	3.0-2.75
14.0-14.9	2.75-2.5
15.0-15.9	2.5-2.3
16.0-16.9	2.3-2.1
17.0-17.9	2.1-2.0
18.0-18.9	20.-1.9
19.0-19.9	1.9-1.8
20.0-20.9	1.8-1.7

ที่มา : ราชันฟาร์ม ฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวชีวภาพ จ.ตราด. 2010.
(http://www.farmrachan.com/shrimpnews/มาตรฐานจีเอพี-GAP-ตอนที่9.html)

2.5 เรื่องทั่วไปเกี่ยวกับน้ำมันมะพร้าว

มะพร้าว (*Cocos nucifera* L.) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวในวงศ์ Palmae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มะพร้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งประเทศไทยมีผลผลิตของมะพร้าวมากเป็นอันดับ 6 ของโลก รองลงมาจากประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ อินเดีย บราซิล และศรีลังกา ตามลำดับ โดยมะพร้าวสามารถนำมาผลิตเป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ซึ่งปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมและสนใจจากผู้บริโภคในประเทศแถบเอเชียและแปซิฟิกเป็นจำนวน เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์อุดมไปด้วยวิตามินและสารต้านอนุมูลอิสระ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งเป็นอาหารและยา กล่าวคือ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ (Bawalan and Chapman, 2006)

2.5.1 ความหมายของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil : VCO) เป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวสด โดยวิธีทางธรรมชาติ น้ำมันที่ได้จากการสกัดที่เหมาะแก่การบริโภคต้องใสและประกอบไปด้วยวิตามินอีจากธรรมชาติ ไม่เกิดการออกซิเดชันภายใต้สภาวะบรรยากาศ ไม่มีตะกอน ไม่มีกลิ่นหืนและเหม็นเปรี้ยว สามารถเก็บรักษาได้นานโดยไม่เสื่อมสภาพ และน้ำมันมะพร้าวที่จำหน่ายตามท้องตลาดมักเป็นน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านกรรมวิธีทางอุตสาหกรรม ซึ่งผลิตโดยใช้สารเคมีและความร้อนสูงในการทำให้บริสุทธิ์ (Marina*, et al.,* 2009)

2.5.2 องค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

โดยทั่วไปพืชที่สกัดและให้น้ำมัน (plant seed oil) จะมีส่วนประกอบหลักคือ ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride Ts) และส่วนประกอบรองคือโมโนกลีเซอไรด์ (monoglycerideMs) ไดกลีเซอไรด์ (diglyceride Ds) สเตอรอล (sterols) และกรดไขมันอิสระ (free fatty acid FFA) เมื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าว RBD จะพบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีโมโนกลีเซอไรด์สเตอรอล และกรดไขมันอิสระสูงกว่าน้ำมันมะพร้าว RBD เนื่องจากน้ำมันมะพร้าว RBD ต้องผ่านการทำให้บริสุทธิ์โดยการใช้สารเคมีภายใต้สภาวะด่าง (alkaline refining) ส่วนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์นั้นไม่มีสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องในการผลิต (Dayrit,*et al.,* 2008)

2.5.3 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าร้อยละ 90 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว ประมาณร้อยละ 6 ซึ่งถือว่ามีอยู่ในปริมาณเล็กน้อย และนอกจากนี้ในน้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ประมาณร้อยละ 1 และวิตามินอีทั้งหมด ประมาณ 29 มก./กก. แต่อย่างไรก็ตาม น้ำมันมะพร้าวก็ยังประกอบด้วยกรดไขมันที่มีสายโซ่ขนาดกลางถึงร้อยละ 58 ซึ่งง่ายต่อการดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย

นอกจากนี้งานวิจัย (Marina*, et al.,* 2009) ระบุถึงลักษณะและองค์ประกอบของไขมันอิสระของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil : VCO) พบว่า น้ำมันตัวอย่างมีค่ากรดลอริกประมาณ 46.64 – 48.03% มีไตรกลีเซอรอลที่สำคัญ คือ LaLaLa, LaLaM, CLaLaLa ,LaMM และ CCLa (La, lauric ; C, capric ; M, myristic) โดยมีค่าไอโอดีนอยู่ระหว่าง 4.47 – 8.53 ซึ่งค่าไอโอดีนบอกถึงความไม่อิ่มตัวของพันธะ ค่าซาปอนนิฟิเคชั่นอยู่ระหว่าง 250.07 - 260.67 mg KOH / g มีค่าเปอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 0.21 - 0.57 mequiv. oxygen / kg ซึ่งบอกให้ทราบถึงความคงตัวที่มีค่ามาก ในขณะที่ค่าอะนิซิดีน อยู่ระหว่าง 0.16 – 0.19 ค่ากรดไขมันอิสระอยู่ระหว่าง 0.15 - 0.25 ซึ่งค่อนข้างต่ำ การแสดงค่าต่าง ๆ ของตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์นั้นถือว่ามีคุณภาพดี ซึ่งอยู่ภายใต้มาตรฐานของ Codex standard ที่เป็นค่ามาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ และนอกจากนี้ในน้ำมันมะพร้าวมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ระหว่าง 7.78 – 29.18 mg GAE / 100 gซึ่งสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการกลั่น ฟอกสี และการกำจัดกลิ่น (6.14 mg GAE/100g ของน้ำมัน) ผลสรุปนี้ยืนยันได้ว่า น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นน้ำมันมะพร้าวที่มีคุณภาพดีจากคุณสมบัติทางเคมี

2.5.4 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ทดสอบจากการประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) มีดังนี้ กล่าวคือ สีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ควรมีสีใสเหมือนน้ำ การเกิดสีของน้ำมันมะพร้าวอาจเนื่องมาจากการปนเปื้อนในน้ำมันระหว่างกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (microbial contaminant) ในเนื้อมะพร้าวก่อนขั้นตอนการสกัด (Bawalanand Chapman,

2006) ถ้ามีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์จะทำให้สีของน้ำมันเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือชมพูหรือแดงส้ม ทั้งนี้กลิ่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์คุณภาพดีควรมีกลิ่นหอมอ่อนๆ ของมะพร้าว ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการที่ใช้ในการสกัด รสชาติของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต้องไม่ระคายเคืองในลำคอเมื่อรับประทานเข้าไป

2.5.5 บทบาทของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อสุขภาพมนุษย์

2.5.5.1 ช่วยให้ปลอดจากความเป็นโรค

ก. โรคหัวใจ จากผลการวิเคราะห์พบว่า น้ำมันมันมะพร้าวมีคอเลสเตอรอลน้อยมาก เพราะมีเพียง 14 ส่วนในล้าน ซึ่งน้อยกว่าน้ำมันถั่วเหลืองที่มี 28 ส่วน และที่สำคัญคือ เมื่อบริโภคน้ำมันมะพร้าวเข้าไปในร่างกายก็ไม่ได้เปลี่ยนเป็นคอเลสเตอรอลในกระแสเลือด อีกทั้งยังไม่ได้ทำให้หลอดเลือดแข็งตัวเหมือนกับน้ำมันพืชประเภทไม่อิ่มตัว นักโภชนาการสมัยใหม่ จึงลงมติว่าน้ำมันมะพร้าวช่วยทำให้หัวใจมีสุขภาพดี เพราะเป็นหนึ่งในสองชนิดของน้ำมันบริโภค ซึ่งช่วยลดความหนืดของเลือดที่เป็นสาเหตุของโรคหัวใจ

ข. โรคมะเร็ง น้ำมันมะพร้าวมีความสามารถในการต่อต้านการเกิดโรคมะเร็ง ด้วยกลไกความสามารถ 2 ประเภท คือ น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันประเภทอิ่มตัวจึงไม่ถูกเติมไฮโดรเจน น้ำมันมะพร้าวมีวิตามินอีที่ทำหน้าที่ช่วยต่อต้านการเกิดอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง

ค. โรคอ้วน น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีสายโซ่ขนาดกลาง ซึ่งจะมีการเผาผลาญเป็นพลังงานมากกว่าที่จะสะสมในร่างกาย อีกทั้งยังมีศักยภาพในการลดน้ำหนักสูง

2.5.5.2 ช่วยรักษาโรค

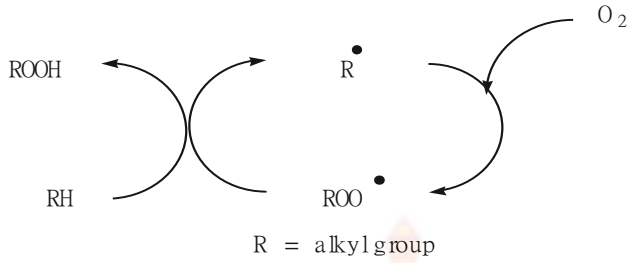
น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติเป็นยาฆ่าเชื้อ และสามารถถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ดีและรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถนำมารักษาอาการปวดเมื่อย ยารักษาโรคกระดูก และยารักษาโรคแผลเน่าเปื่อยมาตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา ซึ่งปัจจุบันก็ได้มีการนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้ในการรักษาโรคกระดูกที่เกิดจากอุบัติเหตุ รักษาอาการผดผื่น ลบริ้วรอย แผลฟกช้ำ ซ่อมแซมส่วนสึกหรอ และป้องกันแสงแดดและความร้อน

2.5.5.3 ช่วยป้องกันการเกิดโรค

น้ำมันมะพร้าวมีสมบัติในการต่อต้านไวรัส ต่อต้านแบคทีเรีย และต่อต้านโพรโตซัว โดยที่กรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวเปลี่ยนเป็น 2-mono-laurin ในลำไส้และละลายไขมันเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันพยาธิ แบคทีเรีย และไวรัส อีกทั้งสามารถฆ่าพยาธิเซลล์เดียวและพยาธิภายนอก นอกจากนี้ยังทำให้ไขมันในร่างกายอยู่ในสภาวะปกติ ป้องกันอันตรายจากแอลกอฮอล์ไปทำลายตับ และเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันเพื่อต่อต้านการอักเสบ (Bhatnagar, *et al*., 2009)

2.6 อนุมูลอิสระ (Free Radical)

อนุมูลอิสระ คือ โมเลกุลหรืออนุภาคที่ไม่เสถียรเนื่องจากรับหรือขาดอิเล็กตรอนไป 1 ตัว ปกติธาตุต่างๆ ที่อยู่ในโมเลกุลที่เสถียรจะต้องมีอิเล็กตรอนอยู่เป็นจำนวนคู่ ในกรณีที่มีการสูญเสียอิเล็กตรอนจะทำให้โมเลกุลนั้นไม่เสถียร จึงจำเป็นต้องหาอิเล็กตรอนเพื่อมาทำให้เกิดความเสถียร ดังนั้นจึงไปแย่งอิเล็กตรอนจากสารอื่นเพื่อมาทดแทน สารอื่นที่ถูกแย่งอิเล็กตรอนมาก็กลายเป็นสารที่สร้างปัญหาเนื่องจากจะต้องไปแย่งเอาอิเล็กตรอนมาทดแทนเช่นเดียวกัน ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ขึ้นอย่างต่อเนื่อง เว้นแต่ว่าจะมาเจอกันเองแล้วรวมกันเป็นโมเลกุลที่เสถียรขึ้น สามารถแสดงวงจรการเกิดอนุมูลอิสระดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 วงจรการเกิดอนุมูลอิสระ

โดยปกติแล้วมักจะกล่าวถึงเฉพาะอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย แต่ในความเป็นจริงจะมีตัวกระตุ้นที่สำคัญเรียกว่า Reactive Oxygen Species (ROS) ซึ่งจะหมายถึงโมเลกุลที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา ซึ่งอาจเป็นอนุมูลอิสระหรือไม่ใช่อนุมูลอิสระ (Nonradicals) ก็ได้ ตัวอย่างของอนุมูลอิสระและ ROS เช่น อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์ (Superoxide Anion Radical) อนุมูลไฮดรอกซิล (Hydroxyl Radical) อนุมูลเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Radical) อนุมูลเปอร์ออกซิล (Peroxyl Radical) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide) โอโซน (Ozone) ออกซิเจนอะตอมเดี่ยว (Singlet Oxygen) อนุมูลไฮโดรเจน (Hydrogen Radical) และอนุมูลเมทิล (Methyl Radical) เป็นต้น

อนุมูลอิสระมีหลายชนิด แต่ที่เป็นปัญหาในร่างกายคนเราส่วนใหญ่ ได้แก่

ก. Superoxide ($O_2^{\bullet -}$) ส่วนมากจะเกิดจากออกซิเดชันในร่างกายหรือโอโซน

ข. Hydroxyl radical เกิดจากสภาวะที่เป็นมลพิษ ซึ่งจะมีH_2O_2 (hydrogen peroxide)

ค. Peroxyl radical เกิดจากสารประกอบพวกเปอร์ออกไซด์ เช่น H_2O_2 (hydrogen peroxide) หรือ RO-OR' (alkyl peroxide)

ง. Nitric oxide ($NO^{\bullet}$) พบในอากาศที่เป็นมลพิษ

จ. Peroxynitrite ($ONOO^{\bullet}$) เกิดจากการรวมกันของซุปเปอร์ออกไซด์กับไนตริกออกไซด์ อนุมูลอิสระในร่างกายของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

ก. อนุมูลอิสระที่เกิดในร่างกายของเราเอง เป็นผลจากในร่างกายของเรามีกระบวนการเผาผลาญ เกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาเคมีและกิจกรรมของเซลล์ในร่างกาย ที่ต้องดำเนินการตามปกติ ตัวอย่างเช่นในกระบวนการหายใจจะเกิดออกซิเจนที่มีประจุลบ อนุมูลอิสระสามารถรวมตัวกับไขมัน LDL ได้ดี และยังสามารถรวมตัวกับสารบางชนิดในร่างกายก่อให้เกิดสารพิษที่ทำลายเนื้อเยื่อ หรืออาจไปเปลี่ยนแปลงข้อมูลทางพันธุกรรมในดีเอ็นเอ ทำให้เซลล์ปกติเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซลล์มะเร็งเป็นต้น

ข. อนุมูลอิสระที่มาจากนอกร่างกาย ซึ่งเกิดได้หลายปัจจัยด้วยกัน คือจากการได้รับเชื้อโรค เช่นการติดเชื้อไวรัสหรือเชื้อแบคทีเรีย โรคเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน (Autoimmune Diseases) เช่นข้ออักเสบ รูมาตอยด์ จากรังสี เช่นรังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมาจากมลภาวะเช่นควันบุหรี่ แก๊สจากท่อไอเสียรถยนต์เช่น ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เขม่าจากเครื่องยนต์ ฝุ่น จากกระบวนการประกอบอาหาร เช่น การย่างเนื้อสัตว์ ที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง การนำน้ำมันที่ใช้ทอด

อาหารที่มีอุณหภูมิสูงกลับมาใช้อีก ทำให้เกิดอาหารประเภทเกรียม ไหม้ หรือเกิดจากการปิ้ง ย่าง จากยาบางชนิด เช่น โดโซรูบิซิน (Doxorubicin) เพนนิซิลามิน (Penicillamine) พาราเซทามอล (Paracetamol) เป็นต้น

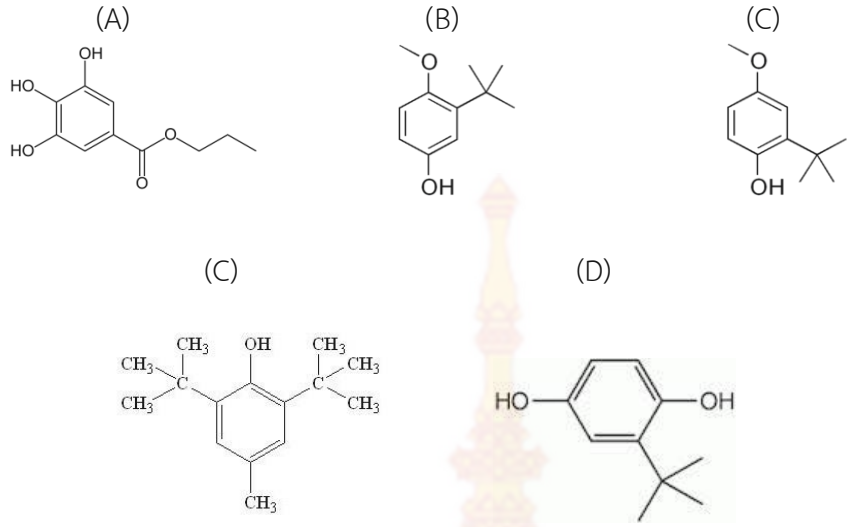
อนุมูลอิสระที่มีมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อไขมันโดยเฉพาะ LDL โปรตีน หน่วยสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอ และคาร์โบไฮเดรต ทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือดตีบและแข็งตัว (Atherosclerosis) การกลายพันธุ์ (Mutation) ของเซลล์ ทำให้เกิดมะเร็งบางชนิด โรคอัลไซเมอร์หรือโรคความจำเสื่อม ทำให้เกิดกระบวนการอักเสบ ทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อรุนแรงขึ้น โรคไขข้ออักเสบและความเสื่อมของร่างกาย เป็นต้น ปัจจุบันนักชีววิทยาเชื่อกันว่าความแก่เกิดที่เนื้อเยื่อในร่างกายค่อยๆสะสมสารที่เป็นพิษต่อร่างกายอย่างช้าๆ ซึ่งมีผลทำให้ทำลายสมดุลของร่างกายที่ควบคุมการดำรงชีวิต และส่วนที่ได้รับผลกระทบมากคือดีเอ็นเอ การเปลี่ยนแปลงในดีเอ็นเอมีผลต่อการสร้างข้อมูลทางพันธุกรรมผิดพลาดไป ส่งผลให้เซลล์เสื่อมสภาพลง อนุมูลอิสระสร้างมาจากกระบวนการเมทาบอลิซึมของร่างกายเองและในสภาวะที่ผิดปกติ เช่น ภาวะของโรค หรือภาวะที่ร่างกายได้รับมลภาวะแวดล้อม ภาวะที่ผิดปกติจะส่งผลให้ร่างกายสะสมอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นร่างกายจึงจำเป็นต้องมีระบบป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระทำลายได้ สิ่งที่ร่างกายสร้างขึ้นมาเพื่อปกป้องตนเองเราเรียกว่า สารต้านอนุมูลอิสระ

2.7 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระ คือสารปริมาณน้อยที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระได้ สารเหล่านี้มีกลไกในการต้านอนุมูลอิสระหลายแบบเช่นดักจับ (scavenge) อนุมูลอิสระโดยตรงยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (chelate) กับโลหะเพื่อป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ

ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ได้มาจากพืชผักเครื่องเทศองุ่นและสมุนไพรได้รับความสนใจและศึกษากันอย่างกว้างขวางเนื่องจากกระแสเรื่องความปลอดภัยของสารสกัดจากธรรมชาติ สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิดได้แก่

ก. สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthetic antioxidants) สารประกอบฟีนอลิกสังเคราะห์ 5 ชนิดได้แก่ propyl gallate, 2-butylated hydroxyanisole, 3 - butylatehydroxyanisole, BHT (butylatedhydroxytoluene) และ tertiarybutylhydroquinone ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังภาพประกอบ 1 เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอันเป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่นสีและรสชาติที่เปลี่ยนไปสารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติแต่มีข้อจำกัดของการใช้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค (Youko, *et al.,* 2000



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์
(A)Propyl gallate, (B) 3-Butylated hydroxyanisole, (C) 2-Butylated hydroxyanisole, (D) Butylatedhydroxytoluene, (E) Tertiary butyl hydroquinone (ที่มา: Howell and Saeed, 1999)

ข. สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural antioxidants) สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและมีการค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบันเนื่องจากความเชื่อมั่นว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้พบได้ทั้งในจุลชีพสัตว์และพืชซึ่งมีทั้งที่เป็นวิตามินเช่น วิตามินซีวิตามินอีเบต้าแคโรทีนและสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (nonnutrient) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิก โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) เช่นแซนโธน (xanthone) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีน (aromatic hydroxyl) ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป หมู่ฟังก์ชั่น (functional group) เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นหรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยการให้อนุมูล $H^{\bullet}$ แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบโพลีฟีนอลที่มีโครงสร้างของ ortho-dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุลยังสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูล $OH^{\bullet}$ ในปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะทรานซิชั่นคือ Fe^{2+}และ Cu^{2+}เป็นตัวเหนี่ยวนำได้โดยการเข้าจับกับโลหะดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex) (Sanchez-Moreno, *et al*., 2000)

2.8 ขมิ้นอ้อย

ขมิ้นอ้อยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma zedoaria*. อยู่ในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) มีชื่อสามัญว่า Zedoary อาจเรียกชื่ออื่นตามท้องถิ่นเช่น ขมิ้นขึ้น (ภาคเหนือ) แฮ้วดำ (เชียงใหม่) จัดเป็นพืชล้มลุก ลักษณะใบและต้นคล้ายต้นของไพล มีลำต้นใต้ดินเรียกว่าเหง้าหรือหัว เหง้าจะลอยขึ้นมาเหนือพื้นดินในหน้าแล้ง เมื่อใบแห้งจะลงหัว ทำให้บางครั้งเรียกว่า ขมิ้นหัว เนื้อในจะมีสีเหลืองอ่อนกว่าขมิ้นชัน (จินดาพร ,2549)

สารเคมีที่พบในขมิ้นอ้อยนั้นจะพบในส่วนของน้ำมันหอมระเหยเป็นสำคัญ โดยทั่วไปแล้วขมิ้นจะมีน้ำมันหอมระเหยตั้งแต่ 2 - 6 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันมีสีเหลืองและเรืองแสงได้เล็กน้อยสารเคมีที่พบมากที่สุด

คือ เทอร์มีโรน (Termerone) ประมาณ 58-59 เปอร์เซ็นต์ สารนี้มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{15}H_{22}O$ รองลงมาได้แก่ ซิงจิเบอรีน (Zingiberene) 25 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบสารต่างๆ อีกหลายชนิด ได้แก่ ซาบินีน (Sabinene), บอร์นีออล (Borneol), ซินีออล (Cineol), เทอร์มีรอล(Termerol), เคอร์คิวโมน (Curcumone) และฟิลแลนดรีน (Phellandrene) ขมิ้นอ้อย (*Curcuma zedoaria*) มีสารเคอร์คิวมินอยด์ (Curcuminoid) เป็นองค์ประกอบหลัก มีการศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ที่เกิดจาก 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) และ ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ต่อเชื้อ Staphylococcus aureus ATCC 25923 และ Bacillus subtilis ของสารสกัดด้วยเอทานอลจากเหง้าขมิ้น ก่อนและหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 และ 12 เดือน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและต้านเชื้อแบคทีเรีย มีแนวโน้มลดลง ภายหลังการเก็บรักษานาน 12 เดือน (สิริวรรณ, 2003)

กรณิการ์ (2008) หาปริมาณสารเคอร์คิวมินจากขมิ้นชัน ขมิ้นอ้อยและขมิ้นชันแคปซูล โดยสกัดสารเคอร์คิวมินจากขมิ้นชันอบแห้ง ขมิ้นชันฟรีซดราย ขมิ้นอ้อยอบแห้ง ขมิ้นอ้อยฟรีซดรายและขมิ้นชันแคปซูล ในตัวทำละลายเมทานอลต่อน้ำในอัตราส่วน 5:1 (v/v) ทำการแยกและหาค่า R_fของสารเคอร์คิวมินอยด์ ด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทรกราฟี (TLC) บนซิลิกาเจล 60 G ใช้ mobile phase ไดคลอโรมีเทนต่อเมทานอลในอัตราส่วน 99:1 นำสารแต่ละชนิดที่แยกได้ไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด ด้วยเครื่อง UV-VisSpectrophotometer พิสูจน์เอกลักษณ์ด้วย FT-IR และหาปริมาณสารเคอร์คิวมินด้วยเครื่อง HPLC ผลการวิจัยพบว่า สารเคอร์คิวมิน ดีเมทอกซีเคอร์คิวมินและบิสดีเมทอกซีเคอร์คิวมิน มีค่า R_f เท่ากับ 0.50, 0.29 และ 0.14 ตามลำดับ การดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด มีค่าเท่ากับ 428.16, 425.26 และ 423.45 nm ตามลำดับ สารเคอร์คิวมินในขมิ้นชันอบแห้ง ขมิ้นชันฟรีซดราย ขมิ้นอ้อยอบแห้ง ขมิ้นอ้อยฟรีซดรายและขมิ้นชันแคปซูล แสดงแถบการสั่นของ C-H stretching เนื่องจากหมู่ OCH_3 ที่ตำแหน่ง 2926.77-2852.09 cm^{-1} ปริมาณเคอร์คิวมินจากขมิ้นชันอบแห้งและขมิ้นชันฟรีซดราย มีค่าเท่ากับ 6.72% และ 9.74% ตามลำดับ ขมิ้นอ้อยอบแห้งและขมิ้นอ้อยฟรีซดรายมีค่าเท่ากับ 0.32% และ 1.66% ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันแคปซูล มีค่าเท่ากับ 7.86% เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่าการอบขมิ้นด้วยความร้อนก่อนการสกัดมีผลต่อปริมาณเคอร์คิวมิน ตัวอย่างขมิ้นชันอบแห้ง ขมิ้นชันฟรีซดรายและขมิ้นชันแคปซูลมีปริมาณเคอร์คิวมินอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานของตำรับยาสมุนไพรของประเทศไทย

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1. อุปกรณ์

3.1.1 อุปกรณ์ทางด้านการวิเคราะห์ทางเคมี

1. เครื่อง Vortex apparatus รุ่น: Genie 2
2. เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator) ยี่ห้อ: Buchiรุ่น: Rotavapor R-215
3. เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ยี่ห้อ: biochromรุ่น: Libra S22
4. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ: Sartorius รุ่น: BP 210 S
5. เครื่องเหวี่ยง รุ่น: Digicen 20 R
6. ชุดเครื่องเย็น
7. เครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี

3.1.2. อุปกรณ์ทางด้านการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

3.1.2.1 เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ

- pH, DO, Alkalinity, Ammouia, Nitrite, ใช้ชุดทดสอบ Test kit
- Salinity ใช้ชุดทดสอบ Salinometer
- อุณหภูมิ ใช้ Thermometer

3.1.2.2 เครื่องมือการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

- ยอใส่อาหารกุ้งขาวแวนนาไม ขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร แบบพลาสติก ครอบคลุม พื้นที่ 0.1 ตารางเมตร
- มุ้งครอบปิดฝาบ่อคอนกรีต
- บ่อคอนกรีตกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร ความสูง 50 เซนติเมตร ความจุน้ำ 0.88 ลูกบาศ์กเมตร
- เครื่องให้อากาศ
- ไม้บรรทัดวัดความยาว (เซนติเมตร) และเครื่องชั่ง
- เครื่องสำรองไฟฟ้า

3.1.2.3 วัตถุดิบใช้ อาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เช่น ปลาป่นกากถั่วเหลืองรำข้าวเป็นต้น

3.1.2.4 กุ้งขาวแวนนาไม ขนาด 1.0-2.0 กรัม

3.1.2.5 น้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.2.1 สกัดน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย

การสกัดน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยมีการกำหนดอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักขมิ้นอ้อยดังนี้ 5:0.5, 5:0.75, 5:1.0 ซึ่งการเพิ่มปริมาณของขมิ้นอ้อยทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจากขมิ้นอ้อยละลายในน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมน้ำกะทิ นำเนื้อมะพร้าวที่มีอายุประมาณ 10-13 เดือน มาคั้นกะทิ โดยนำ
เนื้อมะพร้าวมาคั้นกะทิโดยใช้สัดส่วนน้ำ : เนื้อมะพร้าว 1:1 (ใช้น้ำต้มสุก ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง)

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมสารละลายขมิ้นอ้อย โดยนำขมิ้นอ้อยมาล้างให้สะอาด จากนั้นนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นแยกกาก ทำให้ได้ส่วนสารละลายจากขมิ้นอ้อยแยกออกจากกาก

ขั้นตอนที่ 3 นำน้ำกะทิจากขั้นตอนที่ 1 ผสมกับสารละลายที่ได้จากขมิ้นอ้อย จากขั้นตอนที่ 2 นำส่วนผสมที่ได้ตั้งทิ้งไว้ในภาชนะใสพร้อมปิดฝา ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ ประมาณ 30-45°C ประมาณ 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะเห็นส่วนน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยแยกตัวออกจากครีมและน้ำ นำน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยที่ได้กรองโดยใช้ผ้าขาวบาง และเก็บในขวดแก้วนำน้ำมันที่ได้ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์หาปริมารสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร

3.2.2 ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

1. ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยดัดแปลงมาจากวิธีของ Paola Zunon (2010) นำน้ำมันจำนวน1 กรัม ละลายด้วยเอทิลอะซิเตท และปรับปริมาตรให้ได้10 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายที่ได้มาจำนวน2 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPHเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ ให้ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มาเขย่าด้วยเครื่อง Vortex เป็นเวลา10 วินาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ที่เวลา 30 นาทีเทียบกับแบลงค์(โซเดียมอะซิเตทบริสุทธิ์) จากนั้นเตรียมตัวอย่างควบคุม (ไม่มีน้ำมัน) ใช้เอทิลอะซิเตท จำนวน 2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH จำนวน 9 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้วัดค่าดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 515 นาโนเมตรเทียบกับแบลงค์ และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ คำนวณหาร้อยละการยับยั้งจากสูตร

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{(A_{control} - A_{sample}) \times 100}{A_{control}}$$

เมื่อ $A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารควบคุม
A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

2. วิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยนำน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้น 10 กรัมละลายในเฮกเซน 20 มิลลิลิตร และย้ายไปที่กรวยแยก (Separatory funnel) จากนั้นเติม methanol- water (80:10 v/v) จำนวน 10 มิลลิลิตร พร้อมเขย่า 3 นาที แยกเอาชั้นล่างออกมาใส่ในขวดก้นกลม ซึ่งเป็นชั้นของ methanol- water ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วรวมส่วนของ methanol -water จากนั้นนำสารละลายที่ได้ระเหยด้วย rotary evaporator ภายใต้ vaccum ที่ 40 °C จากนั้นนำส่วนที่เหลือเจือจางด้วย methonalจำนวน 1 มิลลิลิตร แล้วใส่ในขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นเติม FolinCiocaltex reagent (เจือจาง 10 เท่าด้วยน้ำ deionized) จำนวน 1 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) เข้มข้น 7.5 % จำนวน 4 มิลลิลิตร ปรับให้ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 min วัดค่าดูดกลืนที่ 725 นาโนเมตรโดยใช้ UV-VIS spectrophotometer เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid)เข้มข้น 0.1 – 0.5 mg/mL ใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน สำหรับทำกราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

3.3.3 ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม

3.3.3.1 เตรียมบ่อ เตรียมน้ำ และกุ้งที่จะเลี้ยง

ก. เตรียมกุ้งขาวความยาว 1.5 – 3 เซนติเมตร น้ำหนักกุ้งขาวเฉลี่ยต่อตัวอยู่ในช่วง 1 – 2 กรัม จำนวน 3,000 ตัว มาอนุบาลในถังไฟเบอร์ขนาด 1,000 ลิตร

ข. เตรียมบ่อคอนกรีตสำหรับเลี้ยงกุ้งขาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร ความสูง 0.5 เมตร ความจุของน้ำ 0.88 ลูกบาศก์เมตร และปล่อยกุ้งขาว 62 ตัว/บ่อ (ความหนาแน่นเท่ากับ 62 ตัวต่อตารางเมตร) จำนวน 15 บ่อ พื้นบ่อปูด้วยพลาสติกสีดำ

ค. การเตรียมน้ำทะเล โดยใช้น้ำทะเลที่มีเค็ม 5 – 10 ppt ปริมาตร 20,000ลิตร โดยนำมาจาก อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง แล้วนำมาพักไว้ในถังไฟเบอร์ ขนาด 50,000 ลิตร ทำการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนผง (แคลเซียมไฮโปคลอไรด์, Calcium hypochlorite ความมีความเข้มข้น 60 %) โดยใช้คลอรีน 20 ppm แล้วพักน้ำไว้ 1 - 2 เดือน รอการสลายตัวของคลอรีนแล้วจึงนำมาใช้

ง. เตรียมระบบให้อากาศโดยใช้หัวทรายขนาดใหญ่ และปั๊มให้อากาศแบบ low noise air pump (LP-100) กำลังไฟ 100 W แรงลม 140 ลิตร/นาที

3.3.4.วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) โดยแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง ๆ แต่ละชุดการทดลองประกอบด้วยบ่อทดลอง 3 ซ้ำ (replication) มีบ่อเลี้ยง

ทั้งหมด 15 บ่อ ระยะเวลาเลี้ยง 4 สัปดาห์ บ่อที่ใช้ในการทดลองเป็นบ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร

สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแตกต่างในแต่ละชุดการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) แบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Scheffe ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3.5 อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม มีสูตรดังต่อไปนี้

สูตรอาหารโดยมีการดัดแปลงจาก วัฒนาและคณะ (2552) ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของวัตถุดิบในอาหาร

วัตถุดิบ	ส่วนผสม (โดยน้ำหนัก)
ปลาป่น	48.95
กากถั่วเหลือง	24.21
ข้าวโพด	3.68
รำละเอียด	3.68
ปลายข้าว	3.68
น้ำมันปลา	3.4
วิตามินผสม	2
Premix*	3
Alfa starch	4
น้ำมันพืช	3.4
รวม	100

นำส่วนผสมวัตถุดิบในตารางที่ 3.1 เพื่อผลิตสูตรอาหารกุ้งขาวแวนนาไม จากนั้นนำอาหารกุ้งขาวแวนนาไมที่ผลิตได้วิเคราะห์หาปริมาณ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เถ้า ความชื้น โดยค่าไขมันรวม เถ้า และความชื้น ทดสอบอ้างอิงจาก AOAC (2012) ค่าโปรตีน (%) ใช้วิธีทดสอบอ้างอิงจาก In house method based on AOAC (2010) และค่าคาร์โบไฮเดรต (%)และพลังงานใช้วิธีทดสอบอ้างอิงจาก Compendium of methods for Food analysis (2003)

สำหรับวัตถุดิบอื่นๆ ได้แก่ น้ำมันปลา, วิตามินผสม, Premix, Alfa starch, น้ำมันพืช ไม่ได้วิเคราะห์

อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งมี มี 5 สูตร โดยปรับเปลี่ยนเฉพาะส่วนผสมของวัตถุดิบที่เป็นน้ำมันพืช โดยใช้น้ำมันพืช 5 ชนิดดังต่อไปนี้เพื่อผสมลงในสูตรอาหารดังแสดงในตารางที่ 3.1

ชนิดที่ 1 ใช้น้ำมันถั่วเหลือง เป็นสูตรควบคุม

ชนิดที่ 2 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

ชนิดที่ 3 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักเหง้าขมิ้นอ้อยสด 5:0.5 โดยน้ำหนัก

ชนิดที่ 4น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักเหง้าขมิ้นอ้อยสด 5:0.75 โดยน้ำหนัก

ชนิดที่ 5 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักเหง้าขมิ้นอ้อยสด 5:1.0 โดยน้ำหนัก

วิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันพืชด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี

3.3.6 การให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไม

อัตราการให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไม โดยคิดจากน้ำหนักของกุ้งดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 อัตราการให้อาหารต่อน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาว

น้ำหนักกุ้งเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการให้อาหาร (%ของน้ำหนัก/วัน)
<1	35-25
0.1-0.24	25-20
0.25-0.49	20-15
0.5-0.9	15-11
1.0-1.9	11-8
2.0-2.9	8-7
3.0-3.9	7-6
4.0-4.9	6-5.5
5.0-5.9	5.5-5.0
6.0-6.9	5.0-4.5
7.0-7.9	4.5-4.25
8.0-8.9	4.25-4.0
9.0-9.9	4.0-3.75
10.0-10.9	3.75-3.5
11.0-11.9	3.5-3.25

12.0-12.9	3.25-3.0
13.0-13.9	3.0-2.75
14.0-14.9	2.75-2.5
15.0-15.9	2.5-2.3
16.0-16.9	2.3-2.1
17.0-17.9	2.1-2.0
18.0-18.9	20.-1.9
19.0-19.9	1.9-1.8
20.0-20.9	1.8-1.7

ที่มา : ราชันฟาร์ม ฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวชีวภาพ จ.ตราด. 2010.
(http://www.farmrachan.com/shrimpnews/มาตรฐานจีเอพี-GAP-ตอนที่9.html)

เวลาการให้อาหาร จะกำหนดเวลาออกเป็น 4 มื้อต่อ 1 วัน ได้แก่ 07.00 น.11.00 น. 15.00 น. และ 19.00 น. ตามลำดับ

3.3.7 การศึกษาการเจริญเติบโต

ศึกษาการเจริญเติบโตดัดแปลงจากวิมล และคณะ (2535) และ De Silva and Anderson (1995) สุ่มตัวอย่างกุ้งขาวแวนนาไมจากทุกชุดการทดลอง จำนวน 62 ตัว/บ่อ เพื่อชั่งน้ำหนักทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 1เดือน หลังจากวัดค่าน้ำหนักของกุ้งเสร็จแล้ว นำกุ้งที่ใช้ใส่คืนระบบการทดลอง นำข้อมูลน้ำหนักของกุ้งที่วัดได้มาศึกษาการเจริญเติบโต โดยคำนวณค่าน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ซึ่งคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight) (กรัมต่อตัว หรือ gm/Body) คำนวณจากสูตร

$$\text{น้ำหนักเฉลี่ย} = \frac{\text{น้ำหนักกุ้งขาวรวม}}{\text{จำนวนกุ้งขาวที่เหลือทั้งหมด}}$$

น้ำหนักเพิ่ม (Weight gain, Wg) (กรัมต่อตัว หรือ gm/Body) คำนวณจากสูตร

Weight gain (Wg) = น้ำหนักกุ้งขาวสิ้นสุดการเลี้ยง – น้ำหนักกุ้งขาวเริ่มต้น

น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (Average diary growth weight, ADG) (กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ gm/Body/day)

$$\text{น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน} = \frac{\text{น้ำหนักกุ้งขาวเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง - น้ำหนักกุ้งขาวเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate, SRG) (%วัน) คำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ} = \frac{[(\ln \text{น้ำหนักกุ้งขาวเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง} - \ln \text{น้ำหนักกุ้งขาวเริ่มต้น})] \times 100}{\text{ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)}}$$

อัตราการรอดตาย(%) Survival rate (%)) คำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราการรอดตาย(\%)} = \frac{\text{จำนวนกุ้งขาวที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนกุ้งขาวที่เริ่มต้นทดลอง}}$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR) คำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} = \frac{\text{น้ำหนักอาหาร (แห้ง) ที่กุ้งขาวกิน}}{\text{น้ำหนักกุ้งขาวที่เพิ่ม}}$$

3.3.8 ตรวจวัดคุณภาพน้ำ ในระหว่างการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ โดยวัดความเค็ม อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่างของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นด่างของน้ำ ไฮโดรเจนซัลไฟต์และแอมโมเนีย โดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป

3.3.9 ศึกษาระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจงของกุ้งขาวแวนนาไม

การศึกษาระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจงของกุ้งขาวแวนนาไม โดยสุ่มกุ้งถังละ 3 ตัว โดยดูดเลือดจากบริเวณขาเดินคู่ที่ 3 ของกุ้ง ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ด้วยเข็มฉีดยาขนาด 25G ซึ่งภายในบรรจุสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (anticoagulant) (อัตราส่วนเลือดต่อสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดเท่ากับ 1:2) (นำเลือดที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณของเม็ดเลือดรวม กิจกรรมของกระบวนการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดกุ้ง (phagocytic activity) ตามวิธีของ Itami, *et al*. (1994) โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

1) เจาะเลือดจากแอ่งเลือด โดยใช้สารป้องกันการแข็งตัวของเลือด ในอัตราส่วน (เลือดกุ้ง:anticoagulant) 1:2 โดยดูดเลือดกุ้ง 0.5 มิลลิลิตรในหลอดฉีดยาที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดปริมาณ 1 มิลลิลิตร

2) หมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 1,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อแยกเซลล์เม็ดเลือดกุ้ง โดยนำส่วนใสด้านบนทิ้ง ทำการล้างตะกอนเม็ดเลือด โดยเติม shrimp saline 2-3 มิลลิลิตร โดยใช้ปิเปต ดูดขึ้นลง เบา ๆ เพื่อให้สารละลายเข้ากัน

3) หมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 1,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที โดยมีการควบคุมอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส โดยทำเช่นนี้ 2 ครั้ง

4) ละลายตะกอนเม็ดเลือดใน shrimp saline 1 มิลลิลิตร และ ใช้ pipette ดูดขึ้นลงเบา ๆ เพื่อให้สารละลายเข้ากัน

5) นำสารละลายที่ได้ผสมกับ trypan blue ในอัตราส่วน 1 : 1 โดยใช้ trypan blue 50 ไมโครลิตรและสารละลายเม็ดเลือด 50 ไมโครลิตรผสมให้เข้ากัน นำมา 50 ไมโครลิตรนับจำนวนเม็ดเลือดกุ้งใน hemocytometer แล้วนำมาคำนวณให้ได้เซลล์ต่อมิลลิลิตร

6) นำสารละลายเซลล์เม็ดเลือดปริมาตร 200 ไมโครลิตร เลี้ยงบน cover glass โดย spread ทิ้งไว้ 20 นาที

7) ล้างด้วย shrimp saline 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที

8) หยดสารละลาย heat-killed yeast 2 มิลลิลิตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

9) ล้างด้วย shrimp saline 5 ครั้ง

10) หยดน้ำยา fixative 1 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 นาที

11) ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง

12) ทิ้งให้แห้ง 20-60 นาที

13) ย้อมด้วยสี Giemsa stain5 นาที

14) ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง

15) ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งข้ามคืน

16) ทำไสลด์ถาวรโดยใช้สารpermount

นำไปวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนับจำนวนเซลล์ โดยสุ่มนับจำนวนเซลล์เม็ดเลือดทั้งหมด 200 เซลล์ในแต่ละ cover glass นับเซลล์เม็ดเลือดที่กินเซลล์ยีสต์ และไม่กินเซลล์ยีสต์เข้าไป คำนวณค่าได้จากเปอร์เซ็นต์ของเซลล์เม็ดเลือดกุ้งที่เกิดกระบวนการกลืนกินสิ่งแปลกปลอม (% phagocytosis) เท่ากับจำนวนเซลล์เม็ดเลือดที่กินเซลล์ยีสต์เข้าไปคูณ100แล้วหารด้วย จำนวนเซลล์เม็ดเลือดทั้งหมด (% phagocytosis)

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 สกัดน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย

ขมิ้นอ้อย อุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นทั้งเครื่องเทศ ยาและเป็นส่วนผสมของอาหารในสัตว์น้ำ จึงได้สกัดสารประกอบฟีนอลิกให้อยู่ในน้ำมันมะพร้าว จะได้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย ในการทดลองใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าว:น้ำหนักสดของขมิ้นอ้อย (โดยน้ำหนัก) ดังนี้ 5:0, 5:0.5, 5:0.75 และ 5:1.0 นำส่วนผสมน้ำกะทิสดและสารละลายจากขมิ้นอ้อย บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 12-24 ชั่วโมง จะสังเกตเห็นน้ำมันที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยค่อยๆแยกตัวออกมาจากชั้นน้ำและชั้นครีม จากนั้นแยกส่วนของน้ำมันที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยออกจากครีมและน้ำ และกรองน้ำมันด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศ และเก็บในขวดแก้วชา วิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันที่ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (%)

ตัวอย่าง	ปริมาณน้ำมัน (%)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	18.55±2.50
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (5:0.5)	17.81±1.16
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (5:0.75)	19.51±2.65
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (5:1.0)	17.70±1.17

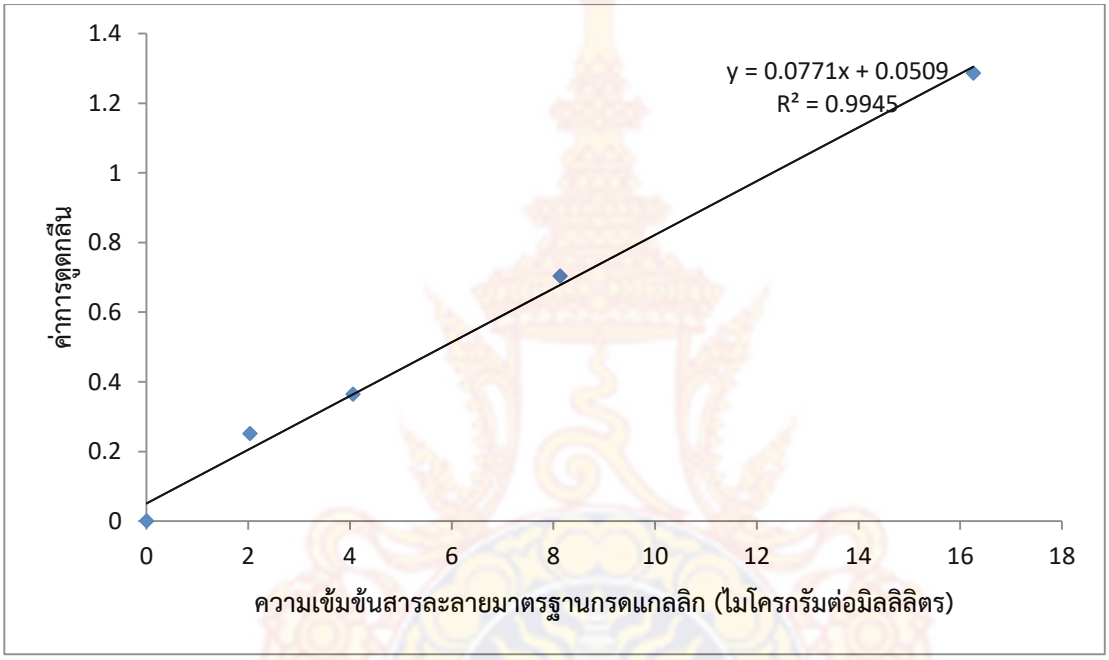
4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกหมด

สารประกอบฟีนอลิกจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มหลักในพืชสมุนไพร ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกมีหมู่ฟีนอลบนวงแหวนแบนซีน มีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกจึงมีความสามารถช่วยยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นจากการทดลองพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงที่ต่างชนิดกัน 21 ตัวอย่าง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่แตกต่างกัน เนื่องจากปัจจัยเรื่องชนิดของพืชที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถต้านออกซิเดชันของพืชแต่ละชนิด

จากการทดลองสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สามารถคำนวณได้จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน gallic acid (y = 0.0771x+0.0509) โดย y = ค่าการดูดกลืนแสง และ x = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน gallic acid (µg/L)

ตารางที่ 4.2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแกลลิก (ug/ml)	ค่าการดูดกลืนแสง (นาโนเมตร)
2.032	0.251
4.06	0.364
8.128	0.703
16.256	1.286



ภาพที่ 4.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน gallic acid วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร

จากการทดลองพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย ดังตารางที่ 4.3 การศึกษาเกี่ยวกับประมาณสารฟีนอลิกรวมเป็นการวัดความสามารถในการรีดิวซ์ของสารตัวอย่าง หลักการคือ สารประกอบฟีนอลิกสามารถเกิดปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu reagent ภายใต้สภาวะด่าง (โดยการเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ซึ่งมีความค่า pH ประมาณ 10) สารประกอบฟีนอลิกจะเกิดการแตกตัวได้เป็นฟีนอลเลทไอออน (phenolate anion) สามารถรีดิวซ์ Folin-Ciocalteu reagent เมื่อสารทั้งสองทำปฏิกิริยากันทำให้เกิดสารประกอบสีน้ำเงินขึ้น จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในพืชผักสมุนไพรต่าง จากการนำน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย มาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร และนำค่าที่มาคำนวณเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร gallic acid พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยมีสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงขึ้นตามปริมาณของขมิ้นอ้อยที่ใช้ในการสกัด พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยที่ใช้เหง้าของขมิ้นอ้อยสด 0.5 – 1.0 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมไม่แตกต่างกัน

แต่ตัวอย่างทั้งสามมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)เมื่อเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ และน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (5:0.25) สารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นอ้อยมีสารประกอบฟีนอลิกช่วยยับยั้งและชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และกำจัดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นอันตรายต่อกุ้งขาวแวนนาไมในแหล่งน้ำ ขมิ้นชันและขมิ้นอ้อยเป็นสมุนไพรที่นิยมนำมาใช้เพื่อป้องกันการเกิดโรคและสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่สัตว์น้ำในเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยมักเอาส่วนเหง้ามาใช้ประโยชน์ ทั้งขมิ้นชันและขมิ้นอ้อยสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของโรค (Pathogenic Disease) เช่น แบคทีเรีย รา ไวรัส และพยาธิ สามารถลดความเครียด (Crowding stress) กิจการและคณะ(2548) ได้ใช้ขมิ้นชันในรูปผง (Powder) ใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำในประเทศไทย พบว่าสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรค เช่น *Vibrio harveyi* และ *Vibrio parahaemolyticus* ได้โดยผสมให้กุ้งกุลาดำกินในระดับที่เหมาะสมคือ ไม่เกิน 25 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1.0 กิโลกรัมเป็นระยะเวลา 7—14 วันติดต่อกัน แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นการระบาดของเชื้อโรคอาจมีการระบาดในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ช่วงวิกฤติของโรค เช่น กุ้งกุลาดำอายุ 22 วัน , 45 วัน เป็นต้นกุ้งจะเกิดโรคได้ง่ายและตายจำนวนมาก

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยและน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

ตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (ug/1goil)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	222.77±31.23[a]
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (5:0.5)	995.09±95.98[c]
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (5:0.75)	1080.60±120.02[c]
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (5:1.0)	1287.90±143.61[c]

หมายเหตุ *มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% Mean±S.D. (N=3) อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์มีนัยสำคัญทางสถิติ Duncan test of ANOVA ($p < 0.05$)

4.3 ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย

4.3.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging

งานวิจัยนี้เลือกวิธี DPPH ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันตัวอย่าง เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อยหรือสารออกฤทธิ์สามารถทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอนุมูลอิสระ โดยมีหลักการดังนี้ คือ สารเคมีชนิดนี้เป็นอนุมูลอิสระ และสามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่นสูงสุด 515 นาโนเมตร ทำให้มองเห็นเป็นสีม่วง

$$DPPH^{\bullet} + (AH)_n \longrightarrow DPPH\text{-}H + (A^{\bullet})_n$$

อนุมูลอิสระใหม่ที่เกิดขึ้น ($A^{\bullet}$) จะทำปฏิกิริยาต่อไป (radical – radical interaction) โดยกระบวนการ radical disproportionation ได้เป็นโมเลกุลที่มีความคงตัว

$$DPPH^{\bullet} + A^{\bullet} \longrightarrow DPPH\text{-}A$$
$$A^{\bullet} + A^{\bullet} \longrightarrow A\text{-}A$$

เมื่ออนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ ถูกรีดิวซ์โดยได้รับโปรตอนก็จะเปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีเหลือง ส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลง ดังนั้น การลดลงของอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ จึงเป็นดัชนีที่สามารถวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารที่ใช้ทดสอบได้ จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย ซึ่งแสดงโดยค่า IC_{50} ซึ่งค่าที่ได้มีความหมายว่า IC_{50} ที่น้อยจะแสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง โดยผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่า IC_{50} ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีเลขนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ และพบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยมีค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างจากวิตามินอีซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 IC_{50} โดยวิธี DPPH ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยและน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

ตัวอย่าง	IC_{50} (mg/ml)
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	4.2951±.41100[b]
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (5:0.5)	0.1576±0.00572[a]
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (5:0.75)	0.1276±0.03114a
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (5:1.0)	0.1454±0.01355a
α - tocopherol	0.3135±.015203[a]

หมายเหตุ *มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% Mean±S.D. (N=3) อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์มีนัยสาคัญทางสถิติ Duncan test of ANOVA ($p < 0.05$)

4.3.2 ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Lipid peroxidation method (β-carotene bleaching model)

เนื้อเยื่อไขมันอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะกรดไขมัน linoleic acid และarachidonic acid เป็นตัวที่ทำให้เกิด lipid peroxidation สารต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยั้งการเกิด lipid peroxidation ขั้นเริ่มต้นการเกิด lipid peroxidation ได้ superoxide โดย superoxide anion ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นของ singlet oxygen และhydroxyl radical จากนั้น Hydroxyl radicals กำจัดอะตอมไฮโดรเจนจากเนื้อเยื่อไขมัน จึงมีการทดสอบใช้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยต่อต้านการเกิด lipid peroxidation วิธีนี้มีได้อาศัยการ bleaching β-carotene ในระหว่างการเกิดออกซิเดชันของ linoleic acid ในอิมัลชันวัดค่าการดูดกลืนแสงใน visible region ได้วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 0.001mg/ml พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัด

จากขมิ้นอ้อยที่ใช้ขมิ้นอ้อย 0.5-1.0 กรัม มีค่า %AA สูงไม่แตกต่างแต่มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยที่ใช้ขมิ้นอ้อย 0.25 กรัม ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี β-carotene bleaching model ของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย

ตัวอย่าง	%AA ที่ความเข้มข้น 0.001mg/ml
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	21.55±.53[a]
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (5:0.5)	89.92±1.47[b]
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (5:0.75)	92.28±0.86[c]
น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย (5:1.0)	92.20±1.32[c]

หมายเหตุ *มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% Mean±S.D. (N=3) อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์มีนัยสาคัญทางสถิติ Duncan test of ANOVA ($p < 0.05$)

4.4 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว

ในน้ำมันมะพร้าวพบกรดลอริกเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 46 และกรดไขมันอิ่มตัวประมาณร้อยละ 87 และกรดไขมันอิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวสองตัวอย่างมีกรดไขมันที่มีขนาดความยาวปานกลางมีจำนวนคาร์บอน 8-12 อะตอม ประมาณ 57 เปอร์เซ็นต์ มีสัดส่วนของกรดลอริกมากที่สุดประมาณ 46 เปอร์เซ็นต์ กรดลอริกจะมีการเปลี่ยน Monolaurin ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันในกุ้งขาวแวนนาไมโดยเฉพาะกุ้งขาวแวนนาไมช่วงระยะตัวอ่อน จนถึงระยะตัวเต็มวัย (ณรงค์ ,มปป) นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวยังประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ดังตารางที่ 4.6 น้ำมันมะพร้าวมีองค์ประกอบกรดไขมันอิ่มตัวสายโซ่ปานกลางสูง เมื่อกุ้งขาวแวนนาไมกินเข้าไปแล้วไม่เกิดการสะสมในร่างกาย (วัชรี,2549) และสามารถสร้างภูมิคุ้มกัน นอกจากจะมีการใช้ยาหรือสารเคมีในการเลี้ยงทำให้มีการรบกวนขบวนประสิทธิภาพการย่อย (Digestibility) ทำให้เกิดผลข้างเคียง (Size effect) เช่นทำให้กุ้งขาวแวนนาไมเครียด เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ฝนตกบ่อย กุ้งกินอาหารน้อย ทำให้อัตราการรอดต่ำ เป็นต้น (มยุรี ,มปป)

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว

Fatty acid composition	ปริมาณ (%w/w)
Caprylic acid (C8:0)	3.42
Capric acid (C10:0)	4.35
Lauric acid (C12:0)	42.23
Myristic acid (C14:0)	19.00
Palmitic acid (C16:0)	9.17
Palmitoleic acid (C16:1)	0.00
Steric acid (C18:0)	3.38
Oleic acid (C18:1)	6.26
Linoleic acid (C18:2)	2.24
Linolenic acid (C18:3)	0.00
Arachidic acid (C20:0)	0.10
Gondoic acid (C20:1)	0.00
Benhenic acid (C22:0)	0.00
Erueic acid (C22:1)	0.00
Lignoceric acid (C24:0)	0.03
Nervonic acid (C24:1)	0.00
Saturated fatty acid	81.68
Monounsaturated fatty acid	6.26
Polyunsaturated fatty acid	2.24
Unsaturated fatty acid	8.5
Medium chain fatty acid (C8:0-C14:0)	69
Saturated/Unsaturated (SFA/UFA)	9.60

4.5 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารกุ้งขาวแวนนาไม

ได้วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมันรวม คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เถ้า และพลังงาน จากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารสำหรับเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพดป่น รำละเอียด และปลายข้าว ดังตารางที่ 4.7 กากถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง ข้าวโพดป่น รำละเอียด และปลายข้าวมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง

ตารางที่ 4.7 วิเคราะห์ส่วนประกอบของวัตถุดิบทางเคมีที่ใช้ในการทดสอบการสร้างสูตรอาหารกุ้งขาวแวนนาไม

องค์ประกอบทางโภชนาการ	ปริมาณวัตถุดิบ (กรัมต่อ100กรัม)				
	ปลาป่น	กากถั่วเหลือง	ข้าวโพดป่น	รำละเอียด	ปลายข้าว
โปรตีน (%)	28.76	41.12	8.47	12.84	7.12
ไขมันรวม (%)	1.17	0.19	3.39	14.41	0.07
คาร์โบไฮเดรต (%)	11.00	39.86	73.43	52.16	79.04
ความชื้น (%)	9.64	12.56	13.09	11.80	13.28
เถ้า (%)	49.43	6.27	1.62	8.79	0.49
พลังงาน (kcal/100g)	169.57	325.63	358.11	389.69	345.27

หมายเหตุ: ค่าไขมันรวม (%), ความชื้น (%), เถ้า (%) เท่ากับ 942.05, 930.15 และ 920.39 วิธีทดสอบอ้างอิงจาก AOAC (2012)

ค่าโปรตีน (%) เท่ากับ 981.10 วิธีทดสอบอ้างอิงจาก In house method based on AOAC (2010)

ค่าคาร์โบไฮเดรต (%) พลังงาน วิธีทดสอบอ้างอิงจาก Compendium of methods for Food analysis (2003)

ตารางที่ 4.8 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร 5 สูตร

องค์ประกอบทางโภชนาการ	สูตรอาหาร (กรัมต่อ100กรัม)				
	1	2	3	4	5
โปรตีน (%)	51.69	54.46	53.80	53.11	54.20
ไขมันรวม (%)	1.98	3.44	3.56	3.03	3.37
คาร์โบไฮเดรต (%)	3.72	0.00	0.00	0.00	0.00
ความชื้น (%)	9.27	12.05	11.33	14.16	12.37
เถ้า (%)	33.35	33.05	32.93	32.72	33.16
พลังงาน (kcal/100g)	239.42	248.80	247.24	239.71	247.13

หมายเหตุ: ชนิดที่ 1 ใช้น้ำมันถั่วเหลือง เป็นสูตรควบคุม

ชนิดที่ 2 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

ชนิดที่ 3 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักขมิ้นอ้อย 5:0.5 โดยน้ำหนัก

ชนิดที่ 4 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักขมิ้นอ้อย 5:0.75 โดยน้ำหนัก

ชนิดที่ 5 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักขมิ้นอ้อย 5:1 โดยน้ำหนัก

หมายเหตุ: ค่าไขมันรวม (%), ความชื้น (%), เถ้า (%) เท่ากับ 920.39, 930.15 และ 942.05 วิธีทดสอบอ้างอิงจาก AOAC (2016)

ค่าโปรตีน (%) เท่ากับ 981.10 วิธีทดสอบอ้างอิงจาก In house method TE-CH-012 based on AOAC (2016)

ค่าคาร์โบไฮเดรต (%) พลังงาน วิธีทดสอบอ้างอิงจากวิธี AOAC (2016)

4.6 อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม

อาหารที่ใช้ทดลองได้วัตถุดิบจากสหกรณ์ปศุสัตว์ จังหวัดพัทลุง แล้วนำมาผ่านขบวนการตามขั้นตอน ได้แก่ การร่อนให้มีขนาดเล็ก แล้วบ่นด้วยเครื่องบด จากนั้นนำไปอัดเม็ดเป็นอาหารสำเร็จรูปแล้วอบที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซียส อบเสร็จแล้วนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นโดยใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุงแน่นที่อุณหภูมิ 4-7 องศาเซียส สำหรับน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย ใช้วิธีสกัดในห้องปฏิบัติการแล้ววิเคราะห์ค่าต่างๆ ขมิ้นอ้อยได้วัตถุดิบจากจังหวัดปราจีนบุรี การให้อาหารให้ตามอัตราการให้ต่อน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไม (โดยดัดแปลงให้เหมาะสมตามความเค็มของระดับระดับน้ำที่ 5-8 ppt เมื่อให้อาหารตามเวลา (ความถี่) แล้วใส่ยอรูปร่างพลาสติกกลมขนาดเล็ก ขนาด 10 x 10 cm^3 ใช้ 2 ยอต่อบ่อ ใส่อาหารในยอ 1-2% การตรวจการกินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไมจากยอหลังจากให้อาหาร 30 นาที – 60 นาที ต่อครั้ง หลังให้อาหารดูปริมาณหาอาหารที่ให้กุ้งกินแต่ละมื้อ หากอาหารเหลือ หรือหมด สามารถทำการปรับปริมาณหาที่ให้ตามความต้องการอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม ปกติกุ้งขาวแวนนาไมจะว่ายน้ำรอบๆยอแล้วค่อยๆเข้ากินอาหารอย่างช้าๆ ไม่ลงไปกินเป็นฝูง (Schooling) จะค่อยๆปรับตัวในการกินอาหารลงไปเรื่อยๆ มีการเฝ้าการกินอาหารสม่ำเสมอ ส่วนใหญ่พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมจะชอบกินอาหารเวลากลางคืนมากกว่ากลางวัน อาหารที่ผลิตเหมาะสมทุกประการ

4.6.1 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไม

จากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ (28 วัน) ด้วยอาหาร 5 สูตร โดยน้ำหนักเฉลี่ยที่เริ่มต้น (สัปดาห์ที่ 0) ชนิดสูตรอาหารที่ 3 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักขมิ้นอ้อย 5:0.5 โดยน้ำหนัก มีค่า 1.37±0.58 กรัมต่อตัว จนถึงชนิดสูตรอาหารที่ 2 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มีค่า 2.07±0.80 กรัมต่อตัว โดยน้ำหนักที่เริ่มต้นของกุ้งขาวแวนนาไมอยู่ระหว่าง (1.37±0.58 ถึง 2.07±0.80 กรัมต่อตัว) เมื่อทำการเลี้ยงกุ้งขาวจนถึง สัปดาห์ที่ 4 พบว่าสูตรอาหารที่ 1 ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง (ควบคุม) โดยน้ำหนัก มีค่า 2.28±0.63 กรัมต่อตัว รองลงมาคือ ชนิดอาหารสูตรที่ 4 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักขมิ้นอ้อย 5:0.75 โดยน้ำหนัก มีค่า 2.18±0.16 กรัมต่อตัว ดังแสดงในตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไม ทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วย สูตรอาหารที่ 1 ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง (ควบคุม) ให้ผลดีที่สุด มีน้ำหนักเฉลี่ยค่า 2.28±0.63 กรัมต่อตัวและกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วย ชนิดอาหารสูตรที่ 5 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักขมิ้นอ้อย 5:1 โดยน้ำหนัก ให้ผลน้อยที่สุด มีน้ำหนักเฉลี่ยค่า 1.90±0.23 กรัมต่อตัว (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไม (กรัมต่อตัว)

Treatments	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัมต่อตัว)		
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 4
T1	1.51±0.26	2.01±0.34	2.28±0.63
T2	2.07 ±0.80	2.35±0.38	2.17±0.22
T3	1.37±0.58	1.75±0.33	1.92±0.33
T4	1.82±0.26	2.16±0.30	2.18±0.16
T5	1.78±1.08	1.99±0.67	1.90±0.23

4.6.2 น้ำหนักเพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไม

จากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ (28 วัน) ด้วยอาหาร 5 สูตร ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า น้ำหนักเพิ่มของกุ้งขาวแวนนาไม ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยชนิดสูตรอาหารที่ 1ใช้น้ำมันถั่วเหลือง (ควบคุม) มีน้ำหนักเพิ่มให้ผลดีที่สุด มีน้ำหนักเพิ่ม 0.776±0.503 กรัมต่อตัวและกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยชนิดสูตรอาหารที่ 3 ให้ผลน้อยที่สุด มีน้ำหนักเพิ่ม 0.270±0.042 กรัมต่อตัว (ตารางที่4.10)

ตารางที่ 4.10 น้ำหนักเพิ่ม (กรัมต่อตัว) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 5 สูตร

Treatments	น้ำหนักเพิ่ม (กรัมต่อตัว)
T1	0.776±0.503
T2	0.645±0.431
T3	0.270±0.042
T4	0.600±0.113
T5	0.626±0.262

4.6.3 น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวันของกุ้งขาวแวนนาไม

จากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ (28 วัน) ด้วยอาหาร 5 สูตร ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวันของกุ้งขาวแวนนาไมทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่ 1 ใช้น้ำมันถั่วเหลือง (ควบคุม) มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน ให้ผลดีที่สุด มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน 0.028±0.018 กรัมต่อตัวต่อวันและกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยชนิดสูตรอาหารที่ 3 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวและน้ำหนักขมิ้นอ้อย 5:0.5 โดยน้ำหนัก ให้ผลน้อยที่สุด มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน 0.010±0.001 กรัมต่อตัวต่อวัน (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.11 น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวันของกุ้งขาวแวนนาไม (Average diary growth) (กรัมต่อตัวต่อวัน)

Treatments	**น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อตัวต่อวัน (กรัมต่อตัวต่อวัน)**
T1	0.028±0.018
T2	0.022±0.015
T3	0.010±0.001
T4	0.021±0.004
T5	0.022±0.009

4.6.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ของกุ้งขาวแวนนาไม

จากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ (28 วัน) ด้วยอาหาร 5 สูตร ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะกุ้งขาวแวนนาไมทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่ 5 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ให้ผลดีที่สุด มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 1.546±0.639 เปอร์เซ็นต์ต่อวันและกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยชนิดสูตรอาหารที่ 3 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ0.528±0.008 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน (ตารางที่4.12)

ตารางที่ 4.12 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%ต่อวัน) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหาร 5 สูตร

Treatments	**อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%ต่อวัน)**
T1	1.418±0.720
T2	1.254±0.986
T3	0.528±0.008
T4	1.090±0.192
T5	1.546±0.639

4.6.5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไม

จากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ (28 วัน) ด้วยอาหาร 5 สูตร ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไมทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่ 3 ให้ผลสูงที่สุด มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 0.793±0.264 และกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยชนิดสูตรอาหารที่ 2 มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.871±0.1.531 (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไม

Treatments	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
T1	0.938±0.387[a]
T2	1.871±1.531[a]
T3	0.793±0.264 [a]
T4	0.927±0.215 [a]
T5	1.048±0.281[b]

4.6.6 อัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม

จากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ (28 วัน) ด้วยอาหาร 5 สูตร ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า อัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารทั้ง 5 สูตร สัปดาห์ที่2 มีอัตราการรอดตายให้ผลสูง ประมาณ 78-80 % และ สัปดาห์ที่ 4 กุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารทั้ง 5 สูตร มีอัตราการรอดตายต่ำ ประมาณ 13-20% (ตารางที่ 4.14) เนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไมมีการกินกันเอง (canibalism) ซึ่งเป็นธรรมชาติของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในคอนกรีตกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร

ตารางที่ 4.14 อัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม

Treatments	อัตราการรอดตาย	
	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 4
T1	78.494±2.464	13.978±3.358
T2	80.645±4.268	20.968±4.267
T3	80.645±4.268	20.968±4.267
T4	78.494±2.464	13.978±3.358
T5	78.494±2.464	13.978±3.358

4.6.7 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมใช้น้ำทะเลที่มีความเค็ม 5-8 ppt จากโรงเพาะฟัก อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ตรวจดูแล้วมีความสะอาดเนื่องจากมีการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน 20 ppm ใช้เครื่องให้อากาศและกรองน้ำหมุนเวียนไหลกลับ (Recycle) โดยดูดเข้าตัวกรอง แล้วปล่อยลงบ่อคอนกรีตกลม กรองน้ำด้วยใยแก้วพลาสติกอีกครั้งแล้ววางแผ่นตาข่ายไว้เพื่อเป็นที่เกาะของจุลินทรีย์ เริ่มต้นจากระยะแรกๆ ปล่อยน้ำเข้าสู่บ่อคอนกรีตกลม ขนาด 0.88 ลูกบาศก์เมตร เริ่มจากระดับน้ำ 30 เซนติเมตร จากความสูงของบ่อ 50 เซนติเมตร กุ้งขาวแวนนาไมที่ปล่อยครั้งแรก 62 ตัวต่อตารางเมตร วันแรกที่ปล่อยว่ายน้ำแข็งแรงดีตัวใส (เริ่มเลี้ยงโดยใช้อาหารทดลอง) ก่อนหน้าที่จะปล่อยจะมีการงดให้อาหารกุ้ง 1-2 วัน เพื่อให้กุ้งขับถ่าย

อาหารเก่าออกให้หมด และกระตุ้นให้มีการอยากกินอาหาร ขนาดของกุ้งที่ปล่อย แสดงไว้ดังตารางที่ 4.9 คุณภาพน้ำจากการสังเกตด้วยสายตา วันที่ 1-10 จะใส แล้ววันต่อไปจะเข้มเล็กน้อยจากการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ผลิตลงไป แต่ไม่ได้มีการตรวจวัด plankton หรือสิ่งมีชีวิตอื่นแต่อย่าใด ค่าคุณภาพน้ำแสดงไว้ในตารางที่ 4.15 โดยในที่นี้สามารถแบ่งคุณสมบัติของน้ำออกได้ ดังนี้

1.1 ด้านเคมี ได้แก่ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรด – ด่าง แอมโมเนีย, ไนไตร์ท ไนเตรท ความเป็นด่าง, ความเค็ม

1.2 ด้านกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ

ระดับน้ำที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม อยู่ระหว่าง 30-40 เซนติเมตร ในบ่อที่น้ำลดมีการเติมน้ำทะเลบ้างเล็กน้อย และมีการถ่ายน้ำที่พบว่ามีเป็นตะกอนขี้ของกุ้งขาวแวนนาไม ถ่ายบ่อละไม่เกิน 20 เซนติเมตร

จากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ (28 วัน) ด้วยอาหาร 5 สูตร ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าประมาณ 7-8 สัมพันธ์กับค่าความเป็นด่าง (Aikalinity) มีค่าเฉลี่ย 135 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen) มีค่าเฉลี่ย 5-6 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนไตรท์ (Nitrite) และไนเตรท (Nitrate) มีค่าเฉลี่ย 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าแอมโมเนีย (Ammonia) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเค็ม (Salinity) มีค่าเฉลี่ยประมาณ 5-8 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าอุณหภูมิ (Temperature) มีค่าเฉลี่ยประมาณ 24-27 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (ตารางที่ 4.15) สำหรับเวลาที่มีฝนตกหนักกุ้งกินอาหารน้อย

ตารางที่ 4.15 การตรวจวัดคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

คุณสมบัติ	คุณภาพน้ำ	หน่วยวัด
pH	7-8	-
DO	5-6	มิลลิกรัมต่อลิตร
แอมโมเนีย	0.25	มิลลิกรัมต่อลิตร
ไนไตรท์	0	
ไนแตรท	0	
ความเป็นด่าง	135	มิลลิกรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	24-27	องศาเซลเซียส
ความเค็ม	5-8	ส่วนในพันส่วน

สำหรับคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย พบว่าคุณภาพน้ำดี เนื่องจากการทำงานของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (Specific pathogenic Resistance) น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นอ้อยจะทำหน้าที่ทำความสะอาดลำไส้กุ้งขาวแวนนาไม (Clearance Intestine) จะปกป้องไม่ทำลายแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ (ประจำถิ่น) ในระบบทางเดินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม (Bacteria Flora) หรือ (Normal Flora) ทำให้แบคทีเรียที่เป็นโทษขับถ่ายออกไป เช่น *Vibrio harveyi* (Luminous bacteria) แบคทีเรียเรืองแสง (Luciferase enzyme) ส่วนแบคทีเรียสายพันธุ์อื่นๆจะมีการปรับสายพันธุ์ (Mutant) (Resistance) ที่พบระบาดมาก

ในปัจจุบันได้แก่ *Vibrio parahaemolyticus* strain ใหม่ๆ อยู่เรื่อยๆจากการกระตุ้นการใช้ยาและสารเคมีที่มีความรุนแรง จากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

4.6.8 ศึกษาระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจงของกุ้งขาวแวนนาไม

จากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ (28 วัน) ด้วยอาหาร 5 สูตร ผลการวิเคราะห์การตรวจนับปริมาณเม็ดเลือดรวม (Total hemocyte count) มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าประมาณ $1.09x10^3$ ถึง $1.40x10^3$ ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในระดับปกติของปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งขาวแวนนาไม (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 การตรวจนับเม็ดเลือดรวม (Total hemocyte count) ของกุ้งขาวแวนนาไม

ทรีทเมนต์	เม็ดเลือดรวม	จำนวนเม็ดเลือด (cell/mm^3)
T1	473	$1.18x10^3$
T2	585	$1.4x10^3$
T3	-	-
T4	530	$1.33x10^3$
T5	-	-

หมายเหตุ: T3 และT5 ไม่ได้ทำการตรวจวัด เนื่องจากกุ้งตาย

ข้อสังเกตจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

1. สุขภาพกุ้งขาวแวนนาไม โดยผ่านการรับรองมาตรฐานทุกประการ (ก่อนจะนำมาปล่อยในบ่อคอนกรีตกลม) กุ้งขาวที่ทำการปล่อยน้ำหนักเริ่มแรก 1.0-2.0 กรัม ได้จากโรงเพาะฟักเอกชน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง เป็นสายพันธุ์จากแม็กซิโก จากการตรวจสอบเริ่มแรกประเมินสุขภาพ ดังนี้

- ประเมินสุขภาพทั่วไป ได้แก่ จำนวนกรี, กล้ามเนื้อลำไส้ (MGRI), รยางค์, ลำตัว, เหงือก, สีและพูของตับอ่อนปกติสีน้ำตาล, Aggregated Transformed Microvilli (ATM) และเม็ดไขมันไม่ได้ตรวจวัด
- ปรสิต (Perasite) ได้แก่ *Enterocytozoon hepatopenaei* ไม่พบเชื้อ
- แบคทีเรีย ได้แก่ *Vibrio perahaemolyticus* (Vp-Flae) พบเล็กน้อย และ V. perahaemolyticus ที่มียีนผิดปกติ (Tumsat) และ *V. perahaemolyticus* ที่มียีนสร้างสารพิษ (Toxin) ก่อโรค EMS ไม่พบเชื้อ
- ไวรัส ทำเกิดโรคตัวแดงดวงขาว (WSSV) แคระแกร็น (IHHNV) ทอร่าซินโครม (TSV) หัวเหลือง กล้ามเนื้อตาย
- ระหว่างทำการเลี้ยงในช่วง 1 เดือน หาค่า (Total Vibrio sp. Count) แบคทีเรีย พบว่ามีมีแบคทีเรียโคโลนีเขียว เท่ากับ $6x10^2$, แบคทีเรียโคโลนีเหลือง เท่ากับ $6x10^2$, แบคทีเรียโคโลนีแสง ไม่พบ

2. ภาวการณ์เกิดโรค ผ่านการรับรองมาตรฐานทุกประการ การประเมินคุณภาพน้ำ มีดังนี้

- น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม มีคุณภาพเหมาะสมตามที่รายงานไว้
- ปริมาณ Ca เท่ากับ 60, Mg เท่ากับ 50

ไม่พบปัญหาแต่อย่างใด ให้เครื่องให้อากาศ ตรวจระยะเวลาการเลี้ยง 1 เดือน กุ้งมีการลอกคราบตามปกติ แล้วจะมีกุ้งขาวแวนนาไม มารุมกัดกิน เป็นอาหาร พบเหตุการณ์แบบนี้ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 28 วันจนกระทั่ง กุ้งหมดบ่อ เป็นปรากฏการณ์ กุ้งมีการกินกันเอง Canibalism ตามธรรมชาติของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในคอนกรีตกรม เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร ที่ไม่มีการควบคุม Condition factor แต่อย่างใด เหตุผลเพื่อทดสอบประสิทธิภาพคุณภาพของอาหารกุ้งขาวแวนนาไมที่ผลิตขึ้นเองโดยไม่ใช้สารเคมี ยา และปัจจัยอื่นๆ เช่นปุ๋ยหรือแพลงตอนก์ที่ช่วยในการเตรียมสีน้ำ รวมทั้งแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อกุ้งขาวแวนนาไม ภายใต้การเลี้ยงในโรงเรืองแบบ Shad ที่ร่มควบคุมปัจจัยต่างๆ

3. เกิดลักษณะการกินกันเองของกุ้งขาวแวนนาไมระหว่างที่ตัวใดตัวหนึ่งมีการลอบคราบ (Canibalism) มักพบบริเวณพื้นก้นบ่อ ขอบบ่อและในยอที่ใส่อาหาร

4. ผลต่อเนื่องจากการกินกันเองของกุ้งขาวแวนนาไม กระทบไปถึงการหาค่าภูมิคุ้มกัน เนื่องจากกุ้งลดลง การตรวจทำภูมิคุ้มทำได้ยาก เพราะกุ้งมีขนาดเล็ก ไม่สามารถเจาะเลือดได้เท่าที่ควร

5. เวลาที่ปล่อยและเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เป็นช่วงระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 สภาพภูมิอากาศมีฝนตก เป็นอุปสรรคในการกินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

6. การเตรียมบ่อโดยใช้บ่อคอนกรีตกลม มีการรองพื้นทรายแล้วทับด้วยพลาสติกสีดำ 2 ชั้น ขาดแร่ธาตุในการดำรงชีวิตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

สำหรับระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจงของกุ้งขาวแวนนาไม โดยกิจกรรมกระบวนการกลืนกินแปลงปลอมของเม็ดเลือดกุ้งขาวแวนนาไม ตามวิธีการของ Itami และคณะ (1994) ไม่ได้ทำการศึกษา เนื่องจากเหลือกุ้งขาวแวนนาไมในปริมาณที่น้อย และมีขนาดเล็กไม่สามารถดำเนินการได้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. จากการสกัดน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวต่อ
น้ำหนักสดของขมิ้นอ้อย (โดยน้ำหนัก) ดังนี้ 5: 0.5 ,5:0.75, และ 5:1.0 ได้น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยประมาณ 17-19%

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่าสารประกอบฟีนอลิกรวมในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยที่อัตราส่วนต่างๆมีค่าเพิ่มตามปริมาณของเหง้าขมิ้นอ้อยสด

3. ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย

3.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH โดยผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า IC_{50} ในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยมีค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นเมื่อใช้ปริมาณของเหง้าขมิ้นอ้อยสดมากขึ้น

3.2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Lipid peroxidation method (B carotene bleaching
method) พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อยที่ใช้เหง้าขมิ้นอ้อย 0.5 และ 1.0 กรัมมีค่า %AA สูง

4. องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว จากการวิเคราะห์พบว่ามี saturated fatty acid 81.68% ประกอบด้วย Lauric acid (C12:0) 42.23%, Myristic acid (C14:0) 19% , Palmitic acid (C16:0) 9.17% , Oleic acid(c18:0) 6.26% Monounsaturated Fatty acid 6.26% เป็นต้น

5. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทั้ง 5 สูตร สูตรอาหารชนิดที่ 2 (T2) มีโปรตีนสูงสุด เท่ากับ 54.46% รองลงมาได้แก่สูตรที่ 5 (T5), สูตรที่ 3 (T3), สูตรที่ 4 (T4) และสูตรที่ 1 (T1) ตามลำดับ
จากวิเคราะห์ไขมันรวม พบว่าสูตรที่ 3 มีไขมันรวมสูงที่สุดเท่ากับ 3.56% รองลงมาได้แก่สูตรที่ 2 (T2), สูตรที่ 5 (T5), สูตรที่ 4 (T4) และสูตรที่ 1 (T1) ตามลำดับ จากการวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตพบว่า สูตรที่ 1 (T1) มีคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดเท่ากับ 3.72% รองลงมาได้แก่สูตรที่ 2 (T2), สูตรที่ 3 (T3), สูตรที่ 4 (T4) และสูตรที่ 5 (T5) เท่ากับ 0.00%

7. จากการศึกษาด้านการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม

7.1 น้ำหนักเฉลี่ย สัปดาห์ที่ 4 สูตรที่ 1 (T1) กุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักสูงสุดเท่ากับ 2.28±0.0.63 กรัมต่อตัว สูตรที่ 3 กุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักต่ำสุดเท่ากับ 1.90±0.23 กรัมต่อตัว

7.2 น้ำหนักเพิ่ม สัปดาห์ที่ 4 สูตรที่ 1 (T1) กุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเพิ่มสูงสุดเท่ากับ 0.776±0.503 กรัมต่อตัว สูตรที่ 3 ให้น้ำหนักเพิ่มต่ำสุดเท่ากับ 0.270±0.042 กรัมต่อตัว

7.3 น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน สัปดาห์ที่ 4 สูตรที่ 1 (T1) กุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวันสูงสุดเท่ากับ 0.028±0.018 กรัมต่อตัวต่อวัน สูตรที่ 3 ให้ค่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อตัวต่อวันต่ำสุดเท่ากับ 0.010±0.001 กรัมต่อตัวต่อวัน

7.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ สัปดาห์ที่ 4 สูตรที่ 5 (T5) กุ้งขาวแวนนาไมมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดเท่ากับ 1.546±0.639 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน สูตรที่ 3 (T5) กุ้งขาวแวนนาไมมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำที่สุดเท่ากับ 0.528±0.008 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน

7.5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ สัปดาห์ที่ 4 สูตรที่ 2 (T2) กุ้งขาวแวนนาไมมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ สูงสุดเท่ากับ 1.899±0.270 สูตรที่ 3 (T3) กุ้งขาวแวนนาไมมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุดเท่ากับ 0.793±0.264

7.6 อัตราการรอดตาย สัปดาห์ที่ 4 สูตรที่ 2 (T2) และ สูตร 3 (T3) ให้ค่าอัตราการรอดตายสูงสุดเท่ากับ 20.968±4.267% สูตรที่ 1 (T1), สูตร 4 (T4) และสูตรที่ 5 (T5) มีค่าอัตราการรอดตายต่ำสุดเท่ากับ 13.978±3.358%

7.7 คุณภาพน้ำ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มาก กุ้งขาวแวนนาไมสามารถอยู่ได้ปกติ

7.8 การนับเม็ดเลือดรวม มีค่าอยู่ระหว่าง $1.18 \times 10^3 - 1.40 \times 10^3$ (cell/mm^3) มีค่าอยู่ระดับปกติของกุ้งขาวแวนนาไมทั่วไป

7.9 การจัดการการเลี้ยงโดยทั่วไปตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบปัญหามากได้แก่เมื่อกุ้งขาวแวนนาไมลอกคราบทำให้กุ้งขาวแวนนาไมกินกันเอง ตั้งแต่เริ่มเลี้ยงจนถึงสัปดาห์ที่ 4 ทำให้อัตราการรอดตายลดลง

บรรณานุกรม

กรมประมง. 2546. ระเบียบและการปฏิบัติการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามตามมาตรฐาน จี เอ พี พ.ศ. 2546. สำนักงานวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ พรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547. อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย. สนับสนุนการจัดพิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เนื่องในวโรกาศพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 5 ธันวาคม พ.ศ. 2547. บริษัทเมจิค พับบลิเคชั่น จำกัด.

ธนิษฐา ทรรพนันทน์. 2543. ปฏิบัติการชีววิทยาประมง (Laboratory ib Fishery Biology). คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 77 น.

นิคม ละอองศิริวงศ์. 2546. การวิเคราะห์น้ำ, น. 63 – 148. ใน นิคม ละอองศิริวงศ์ และยงยุทธ ปรีดา ลัมพะบุตร, บรรณาธิการ. วิธีวิเคราะห์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (Method of Water Analysis for Coastal Aquaculture). สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง.

ประจวบ หลำอุบล. 2525. บทปฏิบัติการวิชากุ้ง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พุทธ ส่องแสงจินดา. 2544. การจัดการสารประกอบไนโตรเจนและออกซิเจนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งระบบปิด. กลุ่มวิจัยวิศวกรรมการเพาะเลี้ยงและสิ่งแวดล้อม. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทย กรดประมง, สงขลา.

เพ็ญศรีเพ็ญประไพ. 2554. เปรียบเทียบความคงตัวของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขิง. รายงานการวิจัยงบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2554. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

ภิญโญ เกียรติภิญโญ. 2545. วิธีปฏิบัติสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แอล. แวนาไม (Practical Technology for *Litopenaeus vannamei* Culture). สำนักพิมพ์เมืองเกษตรแม็กกาซีน, สมุทรปราการ.

ราชันฟาร์ม ฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวชีวภาพ จ.ตราด. 2010. (http://www.farmrachan.com/shrimpnews/มาตรฐานจีเอพี-GAP-ตอนที่9.html)

วัฒนา วัฒนกุล อุไรวรรณ วัฒนกุล และเจษฎา อิสเหาะ. 2552. การทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในอาหารที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารต่างกันต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม. รายงานการวิจัยงบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2552. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.หน้าที่ 11-17

วิมล และคณะ. 2535. สูตรการประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตสัตว์น้ำ (http://www.aquatoyou.com /index.php/2013-05-13-09-04-34/793-2013-05-13-12-31-42).

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2543. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.ภาควิชาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุธี เกื้อเกตุ. 2543. การสะสมและกระจายของไอออนจากน้ำทะเลในแหล่งเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เขตน้ำจืด: กรณีศึกษาที่บ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

AOAC (Association of official analytical chemists). 2010. Method of analysis animal science food standard. Washington D.C. America.

AOAC (Association of official analytical chemists). 2012. Method of analysis animal science food standard. Washington D.C. America

AOAC (Association of official analytical chemists). 2016. Method of analysis animal science food standard. Washington D.C. America

APHA, AWWA and AWCA. 1989. Standard Methods for the Examination Water and Wastwater.17th ed. American Public Health Association, Washington. D.C.

Arrignon, J.C.V., Huner, J.V., Laurent, P.J.,Griessinger,J.M., Lacroix,D., Gondouin, P. and Autrand, M. 1994. Warm-Water Crustaceans. The McMillan Press Ltd, London and Basingstoke.

Bawalan, DD., and Chapman, K.R., 2006. Virgin coconut oil production manual for micro and village-scale processing. Bangkok FAO: Regional Office for Asia and the Pacific.112 p.

Bhatnagar, A.S., Prasanth Kumar, P.K., Hemavathy, J., and Gopala Krishna, A.G., 2009. Fatty acid Composition, Oxidative stability, and Radical Scavenging Activity of Vegetable Oil Blends with Coconut oil.J Am Oil Chem Soc. 86:991-999.

Boyd, C.E. 1982. Water Quality Management for Fish Pond Culture. Elsevier Sci. Publ.Co., Amsterdam, Netherlands.

Boyd, C.E. 1989. Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming Series 2. Fisheries and Allied Aquaculture Department, Auburn University, Auburn, Alabama.

Boyd, C.E.and Fast, A.W. 1992. Pond monitoring and management, pp. 497 – 513. *In* A.W. Fast and L.J. Lester, eds. Marine Shrimp Culture Principles and Practices. Elsevier Science B.V., Amsterdam.

Boyd, C.E. and Tucker, C.S. 1998. Pond Aquacuture Water Quality Management**.** Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.

Dayrit, FM., 2008. Analysis of monoglycerides, Diglycerides, sterols, and fatty acids in coconut (*Cocos nucifera* L.) oil by 31P NMR spectroscopy.Journal of Agricultural and Food Chemistry. 14: 5766-5769.

Dore, I. and Frimodt, C.. 1987. An Illustrated Guide to Shrimp of the World. Osprey Books.

Itami, T. and Supamattaya, K. 2007.Fish and Shrimp Health Management – Aquatic Animal Health Management Center.Prince of Songkla University, 150 pp.

Jantirat, S. and Penprapai, P. (2013). Radical Scavenging Activity and Total Phenolic Content of Coconut Oil with Extracted Ginger Blended Sunflower Oil.*Proceeding of Pure and Applied Chemistry International Conference 2013 (PACCON 2013)* –

Chemical Science for Green Community, Bangsaen Beach, Thailand, 23 - 25 January 2013, pp. 279 - 281.

Marina, A.M., Che Man, Y.B., and and Amin, I., 2009. Virgin coconut oil: emerging functional food oil. Trends in Food Science & Technology. 20: 481-487.

Perez Farfante, I. and Kenslep, B. 1997. Penaeid and Sergestoid Shrimp and Prewns of the World. Key and Diagnoses for the Families and General. Memories du Museum Nation D'Historie Naturelle, Paris, France.

Rosenberry, B. 1993. World Shimp Farming 1993. Aquaculture Digest, December 1993.

Sawyer, N.G. and McCaarty, P.L. 1967. Chemistry or Sanitary Engineers. McGraw-Hill Book Company, New York.

Tran, L., Nunan,L., Redman, R.M., Mohney, L.L., Pantoja,C. R., Fitzsimmons, K. and Lightner, D.V. 2013. Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. Dis aquat org. 105: 45-55.

Youko, S., Kikue, K. and Akio K., 2000. Isolation of novel glucosides related to gingerdiol from ginger and their antioxidative activities. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48: 373-377.

ภาคผนวก

ภาพผนวกที่ 1 กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้จากการเลี้ยง

ภาพผนวกที่ 2 น้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากขมิ้นอ้อย

ภาพผนวกที่ 3 บ่อซีเมนต์ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ภาพผนวกที่ 4 อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม