การศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพในระดับที่แตกต่างกัน ร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบด้วยวิธีการเคลือบเม็ดอาหารต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายในกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*)

Effects of Using Different Concentrations of Bio-fermented Water mixed with Seed-under-leaf Extract as Coating Dietary Supplement on Growth and Survival Rate of *Penaeus vannamei*

ชุดาภรณ์ สว่างภูมิ

สาขาวิชาเทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์
สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้
ปีการศึกษา 2564

ใบรับรองโครงงาน

เทคโนโลยีบัณฑิต (ทล.บ.)
สาขาวิชาเทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

เรื่อง การศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบด้วยวิธีการเคลือบเม็ดอาหารต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายในกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*)
Effects of Using Different Concentrations of Bio-fermented Water mixed with Seed-under-leaf Extract as Coating Dietary Supplement on Growth and Survival Rate of *Penaeus vannamei*

โดย นางสาวชุดาภรณ์ สว่างภูมิ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.... ประธานกรรมการ
(นายกรีฑา ดิษโสภา)

.... กรรมการ
(นางพัชริดา ขำขจร)

.... ประธานหลักสูตร
(นางกฤษณี วงศ์วุฒิวัฒน์) ทำหน้าที่ กรรมการและเลขานุการ

วันที่ 29 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564
วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์
สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้
ปีการศึกษา 2564

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจากอาจารย์อนุสรณ์ ช่วยทอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงการจากอาจารย์มายมูเน๊าะ มิดคาดี ที่กรุณาให้คำปรึกษา และให้กำลังใจ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจ และความทุ่มเทของอาจารย์ที่ปรึกษา และที่ปรึกษาร่วมโครงการ ตั้งแต่กระบวนการวางแผนการทดลองตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง และสำเร็จลุล่วง ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ทุนการศึกษาของกองทุนเพื่อความเสมอภาคการศึกษา (กสศ.) ทุนพระกนิษฐาสัมมาชีพ รุ่นที่ 2 ปี 2564 ที่ได้สนับสนุนค่าเล่าเรียน และค่าใช้จ่ายต่างๆ ตลอดการศึกษาในหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณวิทยาลัยประมงติณสูลานนท์ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ (อาคารเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย) และวัสดุอุปกรณ์ในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้ และขอกราบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต ที่ถ่ายทอดองค์ความรู้เพื่อใช้ในการทำโครงการในครั้งนี้ และให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ในการทดลองตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง

อนึ่ง ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านอยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดี ทั้งให้แก่เหล่าคณาจารย์ที่ได้รับประสิทธิ์ประสาทวิชา จนทำให้ผลงานเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านทุกท่าน ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ในการอบรมเลี้ยงดู ที่ได้ให้โอกาส และสนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษาตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา รวมทั้งสมาชิกในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจให้ความช่วยเหลือในการแก้ปัญหา อุปสรรคต่างๆ สุดท้ายขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามที่ได้ให้การช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้า จนทำให้โครงการวิจัยนี้ ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี และข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยน้อมรับผิดแต่เพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำชี้แนะจากทุกท่านที่เข้ามาศึกษาโครงการวิจัยฉบับนี้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป ขอขอบพระคุณ ณ ที่นี้

ชุดาภรณ์ สว่างภูมิ
สาขาวิชาเทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์ สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้
ตุลาคม 2564

เรื่อง	การศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบด้วยวิธีการเคลือบเม็ดอาหารต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอตายในกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) Effects of Using Different Concentrations of Bio-fermented Water mixed with Seed-under - leaf Extract as Coating Dietary Supplement on Growth and Survival Rate of *Penaeus Vannamei*
โดย	ชุดาภรณ์ สว่างภูมิ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อนุสรณ์ ช่วยทอง
ที่ปรึกษาร่วมโครงการ	มายมูเน๊าะ มิดคาดี

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการนำจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ และพืชสมุนไพรมาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อให้ระบบการกิน และการย่อยอาหารมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีผลการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของสัตว์น้ำ ในการทดลองครั้งนี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบด้วยวิธีการเคลือบเม็ดอาหาร ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) โดยทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสต์ลาวาร์ (PL12) ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เคลือบด้วยน้ำหมักชีวภาพ และสารสกัดลูกใต้ใบ โดยแต่ละสูตรจะมีความแตกต่างกันของระดับน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ในการเคลือบเม็ดอาหาร ดังนี้ 0, 5, 10 และ 15 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่า การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยอาหารสำเร็จรูปผสมน้ำหมักชีวภาพ และเคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต คือ น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) มีค่าสูงสุด เท่ากับ 3.19±0.02 กรัม 3.58±0.03 เซนติเมตร และ 0.1066±0.0011 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และอัตราการรอดตาย ในชุดการทดลองที่ 3 อาหารสำเร็จรูปผสมน้ำหมักชีวภาพ 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัมมีค่าสูงสุด เท่ากับ 75.54±0.69 เปอร์เซ็นต์ โดยทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 1.68±0.001 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์ การนำอาหารสำเร็จรูปผสมน้ำหมักชีวภาพ 5 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

เคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในชุดการทดลองที่ 2 มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ดังนั้น ในชุดการทดลองที่ 2 จึงมีศักยภาพที่จะนำมาปรับใช้ในการเสริมบนเม็ดอาหารกุ้ง หรืออาหารสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ต่อไป

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
บทนำ	
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	
เอกสารวิชาการ	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
วิธีการดำเนินการ	
วัสดุอุปกรณ์	30
การวางแผนการทดลอง	32
วิธีการทดลอง	32
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	
ผลการทดลอง	37
วิจารณ์ผลการทดลอง	42
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการทดลอง	44
ข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	**46**
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ข้อมูลและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ	50

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่		หน้า
1	คุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	8
2	คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรด 100 กรัม	17
3	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากน้ำตาล	18
4	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของลูกใต้ใบ	24
5	การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	36
6	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น และความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยอาหารเคลือบน้ำหมักชีวภาพ และสารสกัดลูกใต้ใบในระดับที่แตกต่างกัน	37
7	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารเคลือบน้ำหมักชีวภาพ และสารสกัดลูกใต้ใบในระดับที่แตกต่างกัน	38
8	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารเคลือบน้ำหมักชีวภาพ และสารสกัดลูกใต้ใบในระดับที่แตกต่างกัน	39
9	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยอาหารเคลือบน้ำหมักชีวภาพและสารสกัดลูกใต้ใบในระดับที่แตกต่างกัน	40
10	แสดงคุณภาพน้ำ	41

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงภาพกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*)	4
2	แสดงระยะของตัวอ่อน	7
3	แสดงลักษณะของจุลินทรีย์อีเอ็ม	13
4	แสดงภาพสับปะรด	15
5	แสดงภาพของกากน้ำตาล	18
6	แสดงภาพ *Phyllanthus amarus*	22
7	แสดงภาพ *Phyllanthus amarus*	23
8	แสดงภาพ *Phyllanthus amarus*	23
9	แสดงภาพ *Phyllanthus virgatus*	23

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการมุ่งเน้นในการเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ผลผลิตของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อให้เพียงพอต่อผู้บริโภค ในการเพาะเลี้ยงกุ้งนั้นได้มีการพัฒนาไปอย่างมากทั้งระบบการเลี้ยง และอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้ง ระบบการเลี้ยงกุ้งเป็นที่นิยมเลี้ยงกันมาก โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งบริเวณชายฝั่ง เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำหันมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมกันมากขึ้น โดยมีรูปแบบการเลี้ยงทั้งในระบบปิด และระบบเปิด แต่จากข้อมูลเบื้องต้นในปี 2561 พบว่าผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมมีปริมาณลดลง (กรมประมง, 2561) เนื่องจากได้ประสบปัญหาการเกิดโรคในระหว่างการเลี้ยง โรคที่ก่อให้เกิดความเสียหายนั้น ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงกินอาหารน้อยลงส่งผลให้ด้านการเจริญเติบโตช้า เนื่องจากเกิดการอักเสบของลำไส้กุ้งที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ในระบบทางเดินอาหารทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึม การดูดซึมสารอาหารได้น้อย (ชัยวุฒิ, 2560) ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดโรค ได้แก่ อาหารตกค้างบริเวณพื้นก้นบ่อ ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์สูง การป้องกันเชื้อแบคทีเรียก่อโรคโดยการใช้ยาปฏิชีวนะ แต่การใช้ยาปฏิชีวนะ ทำให้เกิดสารเคมีตกค้างภายในบ่อ และมีสารเคมีตกค้างในตัวกุ้ง ทำให้ภายในตัวกุ้งเสียสมดุล ของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร และยังส่งผลต่อเนื่องถึงผู้บริโภค ในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัย การนำจุลินทรีย์ที่ได้จากการหมักด้วยวัสดุพืช หรือผลไม้ มาเคลือบเม็ดอาหารให้กุ้งขาวแวนนาไม เพื่อเพิ่มขยายจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม และการนำสารสกัด จากพืชสมุนไพรมาเสริมเม็ดอาหารสามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหาร และลดปริมาณการใช้ยาปฏิชีวนะ และสารเคมี ปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยค้นคว้าหาวิธีการนำจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ และพืชสมุนไพร มาใช้ในวงการด้านอาหารสัตว์น้ำ โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เพื่อให้ระบบการกิน และการย่อยอาหาร ของกุ้งขาวแวนนาไมดีขึ้น ซึ่งน้ำหมักชีวภาพที่ใช้เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ (EM) ที่มีส่วนช่วยในระบบการย่อย ในระบบทางเดินอาหารทำให้กุ้งมีการดูดซึมสารอาหารเข้าสู่ร่างกายได้มากขึ้นได้มากขึ้น ช่วยปรับสมดุล ในลำไส้ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพสามารถนำวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น เปลือกของสับปะรด ซึ่งภายในเปลือกของสับปะรดมีเอนไซม์โบรมิเลน (Bromelain) ซึ่งตามกลไก การทำงานจัดเป็นโปรติเอสซัลไฟดริล (The sulfhydryl protease) หรือโปรติเอสไอทอล (Thiol proteases) หรือโปรติเอสซิสเตอีน (Cysteine proteases) เป็นกลุ่มเอนไซม์ที่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์ของโปรตีน และจะถูกยับยั้งโดยสาร sulfhydryl reagent หรือ sulfhydryl group และการใส่กากน้ำตาล ที่มีสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะ *Lactobacillus plantarum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค (จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดประโยชน์) ที่มักปนเปื้อนมากับผัก หรือผลไม้

และมีบทบาทในกระบวนการหมักเปลือกสับปะรดให้เป็นกรดอินทรีย์ มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (ปาลิดา และอินทิรา, 2555) ซึ่งส่งผลทำให้กุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vanamei*) มีอัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำมาใช้ร่วมกับสารสกัดต้นลูกใต้ใบ (*Phyllanthus amarus*) เป็นวัชพืชอยู่ในตระกูล Euphorbiaceae ที่มีผลเป็นลูกกลมขนาดเล็กเรียงใต้ใบไปตลอดก้าน สามารถพบได้ง่ายในท้องถิ่นทั่วทุกภาคของประเทศไทย จากการตรวจสอบสารกลุ่มพฤกษเคมีในต้นลูกใต้ใบประกอบด้วย Alkaloids, Tannins, Lignans, Flavonoids, Saponins และ Glycosides สารเหล่านี้มีสรรพคุณในการลดความเครียด ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันป้องกัน และรักษาโรคได้ (สับปะรด ประโยชน์ดีๆ สรรพคุณเด่นๆ และข้อมูลงานวิจัย, 2564) และมีแร่ธาตุที่เป็นคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ธาตุโซเดียม ธาตุโพแทสเซียม ธาตุเหล็ก ธาตุแคลเซียม เป็นต้น ซึ่งมีส่วนช่วยในด้านการเจริญเติบโตได้ การนำน้ำหมักชีวภาพมาใช้ร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบมาเสริมเม็ดอาหารให้กุ้งกิน จะส่งผลให้ระบบการย่อยในระบบทางเดินอาหารมีการทำงานที่ดีขึ้น และเมื่อเสริมด้วยสารสกัดจากลูกใต้ใบที่มีส่วนช่วยในการยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และมีแร่ธาตุที่เป็นคุณค่าทางโภชนาการ ระบบการทำงานในระบบการย่อยอาหารดีขึ้น มีการดูดซึมสารอาหารได้มากขึ้นจะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโต และอัตรากรรอดตายที่ดียิ่งขึ้น

การนำน้ำหมักชีวภาพมาใช้ร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) ดังนั้น ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงประโยชน์ที่มีต่อสัตว์น้ำ โดยเฉพาะกุ้งขาวแวนนาไม สามารถลดต้นทุนทางด้านอาหารให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม อีกทั้งเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติ และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของกุ้งขาวแวนนาไม และทำให้อุตสาหกรรมอาหารเกิดการขยายตัวมากยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลให้การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมมีความยั่งยืนต่อไปในอนาคต และการนำเศษเหลือทิ้งจากเปลือกสับปะรดจากการแปรรูปทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการพัฒนาระบบการเลี้ยงกุ้งแบบอินทรีย์ต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*)

การตรวจเอกสาร

การศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบด้วยวิธีการเคลือบเม็ดอาหารต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) มีเอกสารวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

เอกสารวิชาการ

1. กุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*)

กุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญของประเทศ เนื่องจากเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สามารถสร้างรายรายได้สูง และใช้ระยะเวลาเลี้ยงน้อยเกษตรกรส่วนใหญ่จึงนิยมเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม กุ้งขาวแวนนาไมเป็นสัตว์น้ำที่สามารถปรับตัวเข้ากับระบบการเลี้ยงแบบพัฒนาที่มีความหนาแน่นสูง เลี้ยงได้ในความเค็มในช่วงกว้างตั้งแต่ 3 ถึง 35 พีพีที เจริญเติบโตเร็ว และให้ผลผลิตสูง ซึ่งตอบสนองความต้องการของเกษตรกร

1.1 อนุกรมวิธานของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*)

Phylum Arthropoda
Class Crustacea
Subclass Malacostraca
Superorder Eucarid Ecarida
Order Decapoda
Suborder Natantia
Section Penaeidea
Family Penaeidae
Genus Penaeu
Species vannamei

ที่มา : กมลศิริ (2564)

ภาพที่ 1 แสดงภาพกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*)
ที่มา : กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ (2564)

1.2 ลักษณะทั่วไป

ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาวแวนนาไม ลำตัวมี 8 ปล้อง และมีสีขาว หน้าอกใหญ่ การเคลื่อนไหวเร็ว ส่วนหัวมี 1 ปล้อง มีกรีอยู่ในระดับยาวประมาณ 0.8 เท่าของความยาวเปลือก หัวสันกรีสูง ปลายกรีแคบ ส่วนของกรีมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม มีสีแดงอมน้ำตาล กรีด้านบนมี 8 ฟัน กรีด้านล่างมี 2 ฟัน ร่องบนกรีมองเห็นได้ชัด เปลือกหัวสีขาวอมชมพูถึงแดง ขาเดินมีสีขาวเป็นลักษณะที่โดดเด่น หนวดแดง 2 เส้นยาว ตาแดงเข้ม ส่วนตัวมี 6 ปล้อง เปลือกตัวสีขาวอมชมพูถึงแดง เปลือกบาง ขาว่ายน้ำ 5 คู่ มีสีขาวข้างในที่ปลายมีสีแดง ส่วนหางมี 1 ปล้อง ปลายหางมีสีแดงเข้ม แพนหางมี 4 ใบ และ 1 กรีหาง ขนาดตัวที่โตสมบูรณ์เต็มที่ของกุ้งสายพันธุ์นี้จะมีขนาดที่เล็กกว่ากุ้งกุลาดำ หากินทุกระดับความลึกของน้ำ และลอกคราบทุกๆ สัปดาห์

1.3 ถิ่นที่อยู่อาศัย และแพร่กระจาย

กุ้งขาวแวนนาไม เป็นสายพันธุ์กุ้งทะเลที่มีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา เม็กซิโก กัวเตมาลา นิคารากัว คอสตาริกา ปานามา โคลัมเบีย อิควาดอร์ เปรู กุ้งสายพันธุ์นี้เป็นสัตว์ที่มีความแข็งแรง และทนทานจึงมีการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติได้กว้างไกลในแถบแนวชายฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก ตั้งแต่เม็กซิโกถึงเปรู เนื่องจากภูมิภาคในแถบนี้ที่ระดับความลึกจากเส้นแนวชายฝั่งลงไปประมาณ 72 เมตร หรือ 235 ฟุต มีพื้นท้องทะเลเป็นเหมือนโคลน เหมาะสมแก่การเจริญเติบโต และเป็นแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ ประเทศอิควาดอร์เป็นประเทศผู้ผลิตรายใหญ่ที่มีฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้ง ลูกกุ้ง พ่อพันธุ์ แม่พันธุ์

1.4 วงจรชีวิตและการสืบพันธุ์

ในธรรมชาติของกุ้งสายพันธุ์จะมีอายุประมาณเกือบ 36 เดือน โดยจะวางไข่ที่ระดับน้ำลึกประมาณ 30 ถึง 60 เมตร ใกล้พื้นทราย ปกติแล้วแม่กุ้งขนาด 60 ถึง 120 กรัม จะวางไข่ประมาณ 150,000 ถึง 250,000 ฟอง ส่วนแม่กุ้งขนาด 30 ถึง 45 กรัม จะวางไข่ประมาณ

ไม่เกิน 100,000 ฟอง โดยจะวางไข่ในตอนกลางคืนบนพื้น แม่กุ้งจะว่ายน้ำอย่างรวดเร็วอยู่ประมาณ 45 ถึง 60 วินาที แล้วจึงเริ่มออกไข่ ในขณะที่วางไข่จะลดความเร็วในการว่ายน้ำลงอย่างช้าๆ เนื่องจากลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียของกุ้งขาวแวนนาไมนี้จะมีลักษณะเป็นแบบเปิด (Opened thelycum) ในการผสมพันธุ์ปกติแล้วกุ้งขาวแวนนาไมจะผสมพันธุ์ในเวลากลางคืนหลังจากมีการลอกคราบของตัวเมียก็จะมีการเกี้ยวพาราสี และผสมพันธุ์กันที่ความลึก 10 ถึง 15 เมตร และ 30 ถึง 50 เมตร ในธรรมชาติแม่กุ้งที่มีไข่แก่พร้อมที่จะวางไข่ จะสังเกตได้จากจะเห็นรังไข่เป็นลำทึบมีสีเขียวเกือบดำอยู่บนแถบหลังของลำตัวตั้งแต่บริเวณหลังไปจรดหาง และตรงบริเวณด้านข้างของลำตัวตรงปล้องที่ 1 ถึง 2 จะเห็นรังไข่แผ่ออกไปเป็นหยักๆ โค้งลงมาทางด้านข้างของลำตัวทั้งสองข้าง โดยมีพฤติกรรมในการผสมพันธุ์แบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่หนึ่งตัวเมียจะว่ายน้ำขนานไปกับตัวผู้ ตัวเมียจะว่ายน้ำสูงกว่าประมาณ 30 ถึง 40 เซนติเมตร แล้วว่ายน้ำวกกลับมาสลับกับการหยุดพักที่พื้นเป็นระยะๆ มักจะมีตัวผู้ว่ายไล่ตามหลายตัว แต่จะมีเพียงตัวเดียวที่สามารถว่ายน้ำเข้ามาขนานซ้อนอยู่ด้านล่างของตัวเมียพอดีแล้วตัวเมียจะค่อยๆ ใช้ขาเดินโอบรัดที่ส่วนหัว (Carapace) ของตัวผู้ ใช้เวลาประมาณ 15 ถึง 20 นาที ถ้าตัวผู้สามารถจัดตำแหน่งได้เหมาะสม ซึ่งหากตัวผู้สามารถจัดตำแหน่งได้ไม่เหมาะสมจะมีการหยุดพักนานอาจใช้เวลามากกว่าหนึ่งชั่วโมง ระยะที่สองตัวผู้จะพลิกตัวค่อยๆ หงายขึ้นมาติดตัวเมียพอทั้งคู่ประกบกันได้ ตัวผู้จะแนบส่วนต่อของอกกับท้องเข้ากับส่วนนอกด้านล่างของตัวเมีย ซึ่งจะทำให้ตัวผู้ตัวอื่นๆ หมดโอกาสในการเข้าทำการผสมพันธุ์กับตัวเมียในจังหวะนี้ แต่ถ้าในระยะนี้ตัวผู้ยังเข้าผสมพันธุ์ยังไม่สำเร็จ ตัวผู้จะกลับมาอยู่ในท่าคว่ำแล้วจะพยายามว่ายน้ำขนานกับตัวเมียเพื่อสร้างโอกาสใหม่อีกครั้ง และระยะที่สามตัวผู้จะทำตัวเกือบตั้งฉากกับตัวเมีย หลังจากจังหวะที่ประกบตัวได้แล้ว ตัวผู้จะใช้ขาเดินคู่ที่ 5 เขี่ยอวัยวะสืบพันธุ์ (เพศผู้) Petasma ซึ่งเห็นง่ายอยู่ด้านข้างเป็นคู่มีลักษณะคล้ายตะขอที่ขาว่ายน้ำคู่ที่ 1 ซึ่งเป็นอวัยวะที่ช่วยในการปล่อยน้ำเชื้อแล้วจับ Petasma ยัดเข้าไปที่ Thelycum ของตัวเมีย ซึ่งลักษณะเป็นแผ่นรูปคล้ายผีเสื้อกางปีก มีรูเปิดอยู่ตรงกลางยาวลงไปเป็นร่องเหมือนรังกระดุมเสื้อเชิ้ตอยู่ตรงกลางระหว่างขาว่ายน้ำคู่ที่ 1 กับขาเดินคู่ที่ 5 ซึ่งเป็นอวัยวะที่มีไว้สำหรับเก็บน้ำเชื้อของกุ้งตัวผู้ ภายหลังการเกาะติดแน่นมากเหมือนทากาว แล้วตัวผู้จะโค้งรอบตัวเมียแล้วกระตุกหัว และหางเป็นจังหวะอย่างต่อเนื่อง เพื่อบีบให้น้ำเชื้อออกมา ตัวเมียจะเก็บน้ำเชื้อเข้าไปแล้วปล่อยไข่ ซึ่งในกุ้งขาวแวนนาไมไข่ของตัวเมียจะอยู่ข้างใน ส่วนน้ำเชื้อที่เข้าไปจะอยู่ด้านนอกที่ปากรูของ Thelycum ต้องเปิดก่อนถึงจะเก็บน้ำเชื้อที่ได้รับมาทำให้ปริมาณของเชื้อตัวผู้ที่เข้าปฏิสนธิกับไข่เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วเจริญต่อไปเป็นตัวอ่อนมีจำนวนน้อย

1.5 ขั้นตอนการพัฒนาของตัวอ่อน

ตัวอ่อนของกุ้งขาวแวนนาไม (*Pemaeus vannamei*) มีการพัฒนาโดยไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิจะมีลักษณะกลมมีเมือกห่อหุ้ม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.22 มิลลิเมตร ไข่จะจมลงสู่พื้น เพราะหนักกว่าน้ำทะเลเล็กน้อย ปกติไข่กุ้งจะฟักเป็นตัวในบริเวณที่วางไข่ จากนั้นลูกกุ้งวัยอ่อน

จะเคลื่อนย้ายเข้าสู่บริเวณชายฝั่งในย่านน้ำกร่อย ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอาหารธรรมชาติสมบูรณ์ลูกกุ้งจะเลี้ยงตัวเองอยู่บริเวณนี้จนโต ถึงขั้นพ่อแม่พันธุ์ จึงค่อยๆ อพยพไปยังทะเลลึก เพื่อทำการสืบพันธุ์วางไข่ต่อไป

การพัฒนาตัวอ่อนระยะของกุ้งขาวแวนนาไม เมื่อไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิแล้วภายใน 12 ถึง 14 ชั่งโมง ก็จะฟักเป็นตัวอ่อน ในระยะนอเพียส (Nauplius) ลูกกุ้งที่ฟักออกมาเป็นตัวจะมีการพัฒนา และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจนกระทั่งเหมือนตัวเต็มวัย ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

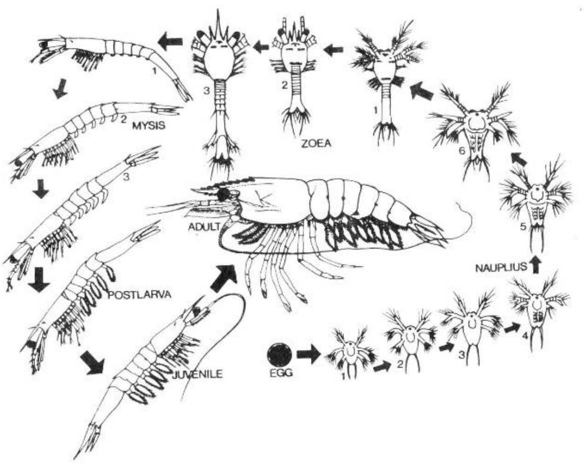
- ตัวอ่อนระยะที่ 1 นอเพียส (Nauplius) รูปร่างคล้ายแมงมุม ยังไม่ต้องการอาหาร เนื่องจากมีถุงอาหาร (Yolk sac) ติดอยู่กับลำตัว ตัวอ่อนระยะนี้จะผ่านการลอกคราบ 5 ถึง 6 ครั้ง ภายในเวลา 36 ถึง 48 ชั่วโมง ก่อนจะเข้าสู่ระยะที่ 2

- ตัวอ่อนระยะที่ 2 โปรโตซูเอีย (Protozoea) ตัวอ่อนระยะนี้จะมีลำตัวยาวขึ้น ส่วนหัว และลำตัวแยกจากกันอย่างเห็นได้ชัดเจน ระยะนี้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง 3 ขั้นตอน ใช้ระยะเวลาประมาณ 4 ถึง 7 วัน

- ตัวอ่อนระยะที่ 3 ไมซีส (Mysis) ระยะลูกกุ้งจะมีลักษณะคล้ายลูกกุ้งวัยรุ่น แต่การว่ายน้ำยังว่ายน้ำแบบหัวทิ่มลง และดีดขึ้นลงพัฒนาการของลูกกุ้งระยะนี้มี 3 ขั้นตอน ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 5 ถึง 7 วัน

- วัยอ่อนระยะที่ 4 โพสต์ลาวาร์ (Post larva) ลูกกุ้งระยะนี้มีลักษณะใกล้เคียงกับลูกกุ้งวัยรุ่นมากขึ้น มีอวัยวะต่างๆ เกือบครบทุกส่วน และพัฒนาการไปเรื่อยๆ จนเข้าสู่ระยะกุ้งวัยรุ่น (ในการเพาะเลี้ยงในบ่อดิน หากอนุบาลลูกกุ้งให้โตไปจนถึงช่วงโพสต์ลาวาร์ PL5 เป็นต้นไปก็สามารถที่จะใช้เป็นพันธุ์สำหรับปล่อยเลี้ยงได้ ที่ประเทศเม็กซิโกมีการนำไปอนุบาลจนถึงขนาด PL45) ลูกกุ้งในระยะโพสต์ลาวาร์นี้จะมีขาเดิน 3 คู่ คู่แรกมองเห็นเป็นก้ามชัดเจน หางแคบเข้า เป็นระยะที่มีระยางค์ครบ มีขากรรไกร (Mandible) ที่ชัดเจน ขาว่ายน้ำเจริญให้เห็นชัดเจนขึ้น กรีสั้นกว่าดวงตา ระยะระหว่างตากางออกมองเห็นได้ชัดเจน ลักษณะลำตัวสั้นป้อมจะมีลักษณะใส มีเส้นสีน้ำตาลพาดยาวจากบริเวณหนวดถึงหาง โดยปล้องท้องปล้องที่ 6 จะยาวกว่าปล้องหัวเล็กน้อย

- กุ้งวัยรุ่น (Juvenille) ลูกกุ้งจะมีขนาดตัวโตขึ้น โดยมีการเจริญของเหงือกที่สมบูรณ์ กุ้งในระยะนี้จะมีการพัฒนาของกรีอย่างเต็มที่ มองเห็นกรีด้านบนมี 8 ถึง 9 ฟัน ค่ากลางที่พบประมาณ 8 ฟัน และกรีด้านล่างมี 1 ถึง 2 ฟัน ค่ากลางที่พบประมาณ 2 ฟัน ความยาวกรีจะสั้นกว่า Exopodite ของหนวด ปลายกรีเรียวตรง การเคลื่อนไหวจะคล้ายกับกุ้งที่โตเต็มที่แล้ว คือ ใช้ขาเดินและขาว่ายน้ำ (กมลศิริ, 2564)



ภาพที่ 2 แสดงระยะของตัวอ่อน
ที่มา: Pacific white Shrimp (2559)

1.6 ลักษณะอุปนิสัย

กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่มีการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมได้ดี โดยเฉพาะความเค็มในช่วง 0 ถึง 50 พีพีที จะมีการเจริญเติบโตดี ลอกคราบบ่อย จึงต้องการแร่ธาตุสูง โดยเฉพาะแมกนีเซียมและแคลเซียม กุ้งขาวแวนนาไมสามารถเคลื่อนตัวได้เร็ว มีการว่ายน้ำอยู่ตลอดเวลาต้องการออกซิเจนค่อนข้างสูง และจะทำร้ายกุ้งตัวอื่น สามารถกินอาหารได้หลายชนิดที่มีอยู่ในธรรมชาติในทุกระดับความลึก (ธัชนนท์, 2550)

1.7 สภาพแวดล้อมในการเลี้ยง

กุ้งขาวแปซิฟิกเป็นกุ้งที่เลี้ยงได้ทั้งระบบธรรมชาติ และระบบกึ่งหนาแน่น ลักษณะพิเศษของกุ้งสายพันธุ์นี้ คือ สามารถสร้างความคุ้นเคย หรือปรับลักษณะนิสัยภายใต้ระบบการเพาะเลี้ยงได้ เช่น สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ทั้งในน้ำที่มีระดับความเค็มที่ 5 ถึง 35 พีพีที และระดับความเค็มต่ำ 0 ถึง 5 พีพีที แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในระดับความเค็มที่ 10 ถึง 22 พีพีที ส่วนอุณหภูมิที่สามารถเจริญเติบได้ดี คือ 26 ถึง 29 องศาเซลเซียส แต่สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ที่อุณหภูมิ 25 ถึง 35 องศาเซลเซียส ระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำควรมีค่า 4 ถึง 9 มิลลิกรัมต่อลิตร และสำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ควรอยู่ระหว่าง 7.2 ถึง 8.6 ซึ่งสามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ทั้งในบริเวณพื้นที่ชายฝั่ง หรือบริเวณพื้นที่ที่มีความเค็มต่ำ กุ้งชนิดนี้ชอบน้ำกระด้างที่มีความกระด้างรวม 120 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าความเป็นด่างในช่วง 80 ถึง 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีนิสัยที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยง (กมลศิริ, 2564)

1.8 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้ง

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

คุณภาพน้ำ	ระดับที่เหมาะสม
ความเค็ม (Salinity)	20 ถึง 25 พีพีที
อุณหภูมิ (Temperature)	28 ถึง 30 องศาเซลเซียส
แอมโมเนีย (NH_3)	ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร
ไนไตรท์ (NO_2)	ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)	> 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
ความเป็นกรด ด่าง (pH)	7-8.5
ความเป็นด่าง (Alkalinity)	80 ถึง 170 มิลลิกรัมต่อลิตร

ที่มา: คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้ง (2563) และคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเล (2557)

นอกจากนี้ยังมีปริมาณธาตุอาหาร (Nutrient) ที่ยังสำคัญต่อกุ้งขาวแวนนาไม คือ แอมโมเนีย (Ammonia) ส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และกระบวนการย่อยสลาย (Decomposition) สารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในน้ำ แอมโมเนียที่พบในน้ำมี 2 รูป คือ Un-ionized ammonia (NH_3) และ Ammonium ion (NH_4^+) ความเป็นพิษของแอมโมเนียที่มีต่อสัตว์น้ำส่วนใหญ่เกิดจากสัตว์น้ำไม่สามารถขับแอมโมเนียที่สะสมภายในร่างกายออกสู่ภายนอกได้ แอมโมเนียสามารถทำลายเหงือกของสัตว์น้ำได้ มีผลทำให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนออกซิเจนเข้าสู่ภายในร่างกายสัตว์น้ำลดลง โดยปกติแล้ว Ammonium ion (NH_4^+) ไม่เป็นพิษต่อกุ้ง เพราะไม่สามารถซึมผ่านผนังเซลล์ได้ การเกิดแอมโมเนียทั้ง 2 รูปแบบ ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดด่าง (พีเอช) ของน้ำ โดยพีเอชสูงจะพบ Un-ionized ammonia (NH_3) ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ แต่ถ้าพีเองต่ำจะพบ Ammonium ion (NH_4^+) ซึ่งมีความเป็นพิษน้อยกว่า Un-ionized ammonia (NH_3) ความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำไม่ควรเกิน 0.02 พีพีเอ็ม ถ้าแอมโมเนียในน้ำมีปริมาณสูงขึ้นจะมีผลให้การขับถ่ายแอมโมเนียของกุ้งทำได้น้อยลง ทำให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือด และเนื้อเยื่อส่งผลให้พีเอชของเลือดเพิ่มขึ้น และมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ แอมโมเนียจะทำให้การใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อสูงขึ้น แอมโมเนียจะไปทำลายเหงือกและความสามารถในการขนส่งออกซิเจน และทำให้กุ้งอ่อนแอติดโรคได้ง่าย ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ทำให้สัตว์น้ำตาย โดยปกติอยู่ในช่วง 0.4 ถึง 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของ NH_3 ในการทดลองแบบพิษเฉียบพลันระหว่าง 24 ถึง 72 ชั่วโมง แต่สำหรับกุ้งแอมโมเนียที่ความเข้มข้น 1.29 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูป NH_3 จะทำให้กุ้งตายได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

ไนไตรท์ (Nitrite) เป็นสารตัวกลางที่ได้จากขบวนการ Nitrification ของแอมโมเนีย โดยมีแบคทีเรียชนิด *Nitrosomonas* sp. และ *Nitrobactor* sp. เป็นสารที่มีพิษต่อสัตว์น้ำความเป็นพิษของไนไตรท์ในกุ้ง *Penaeus monodon* ระยะ Zoae ที่ 24 ชั่วโมง Lethal Concentration (LC-50) เท่ากับ 13.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลไนไตรท์มีได้แต่ไม่ควรเกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อสัตว์น้ำ เกิดจากการที่ไนไตรท์ไปออกซิไดซ์เหล็ก ซึ่งเป็นองค์ประกอบของฮีโมโกลบินทำให้กลายเป็นเมธิโมโกลบิน ซึ่งไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนได้ ทำให้เกิดการตายเนื่องจากขาดออกซิเจน และอาจเกิดกับฮีโมไซยานินของพวกกุ้ง ระดับความเป็นพิษของไนไตรท์จะเพิ่มขึ้น เมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) และค่าพีเอชของน้ำลดลง นอกจากนี้ความเป็นพิษของไนไตรท์จะถูกยับยั้งโดยคลอไรด์ในน้ำ ดังนั้น ในน้ำทะเลที่มีคลอไรด์สูงความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อสัตว์น้ำจึงค่อนข้างต่ำ เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งที่ใช้น้ำทะเล จะมีปัญหาความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อกุ้งน้อย แต่สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งในระบบความเค็มต่ำ ซึ่งน้ำในบ่อมีปริมาณของคลอไรท์ในน้ำน้อยปัญหาความเป็นพิษของไนไตรท์ในบ่อกุ้งจะเกิดได้ง่ายกว่าการเติมเกลือลงในน้ำ

ไนเตรท (Nitrate) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในวัฏจักรไนไตรเจน ในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำอาจเพิ่มเป็น 2.26 ถึง 4.52 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา และอาจเพิ่มสูงถึง 500 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ในบ่อเลี้ยงแบบปิดหมุนเวียนเป็นที่ยอมรับว่าระดับของไนเตรท์ สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ควรเกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide, H_2S) เมื่อในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำจะทำให้เกิดกระบวนการเผาผลาญแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic condition) ซึ่งเกิดจาก Heterotrophic bacteria สามารถใช้ออกซิเจนจากซัลเฟตในน้ำ (SO_4^{2-}) ในกระบวนการเมตาบอลิซึม ทำให้เกิดก๊าซไข่เน่า (H_2S) ซึ่งเป็นสารพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ความเข้มข้นของ H_2S เป็นปฏิภาคผกผันกับค่าพีเอชในน้ำ ภายในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลไม่ควรมีก๊าซไข่เน่า ซึ่งความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับการขาดออกซิเจนเนื่องจากไปขัดขวางออกซิเจนภายในเซลล์ทำให้ปริมาณแลกเตท (Lactate) ในเลือดสูงขึ้นความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์จะรุนแรงกว่าการขาดออกซิเจน ระดับความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุดที่ไม่เป็นอันตรายต่อกุ้งทะเล คือ 0.033 พีพีเอ็ม การเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลส่วนใหญ่มาจากการให้อาหารมากเกินไป หรือแพลงก์ตอนพืชตายเป็นจำนวนมากแล้วเกิดการเน่าสลาย บริเวณพื้นบ่อมีสีดำ และมีกลิ่นคล้ายไข่เน่า เป็นลักษณะการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ การแก้ปัญหาทำได้โดยเพิ่มเครื่องให้อากาศ ดูดเลน หรือตะกอนสีดำที่เน่าเสียพื้นบ่อออกไป (เก็บในบ่อเก็บเลน) และมีการถ่ายน้ำมากขึ้น เพื่อระบายของเสียพื้นบ่อที่อาจจะฟุ้งกระจายในขณะที่ดูดเลน โดยเฉพาะในระดับพื้นบ่อ เพิ่มพีเอชของน้ำ โดยการใช้วัสดุปูนละลายน้ำสาดให้ทั่วบ่อ ความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์ก็จะลดลง แต่การป้องกันที่ดีที่สุด คือ รักษาพื้นบ่อให้สะอาด และระดับออกซิเจนสูงตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงไม่เกิดปัญหาเรื่องก๊าซไข่เน่า (คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเล, 2557)

1.9 สภาพแวดล้อมในการเลี้ยง

กุ้งขาวแปซิฟิกเป็นกุ้งที่เลี้ยงได้ทั้งระบบธรรมชาติ และระบบกึ่งหนาแน่น ลักษณะพิเศษของกุ้งสายพันธุ์นี้ คือ สามารถสร้างความคุ้นเคย หรือปรับลักษณะนิสัยภายใต้ระบบการเพาะเลี้ยงได้

1.10 การเจริญเติบโต และการลอกคราบ

อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ความถี่ในการลอกคราบ และขนาดที่เพิ่มขึ้น ในช่วงก่อนลอกคราบนั้นกุ้งจะสร้างคราบใหม่ที่ยังนิ่มอยู่ไว้ในภายในชั้น Cuticle และ Intercalary Sclerite เมื่อถึงเวลาลอกคราบกุ้งจะสลัดหัวหลุดออกจากคราบเก่าโดยใช้หาง ในช่วงแรกคราบใหม่ยังนิ่มอยู่ หลังจากนั้นก็จะแข็งขึ้นเรื่อยๆ พร้อมกับขนาดของกุ้งที่โตขึ้นการลอกคราบขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์ อุณหภูมิของน้ำ และความอุดมสมบูรณ์

1.11 อุปนิสัยการกินอาหาร

โดยปกติแล้วกุ้งตระกูล Penaeidae หากินตอนกลางคืน กินซากพืชซากสัตว์เป็นอาหาร แต่ตามธรรมชาติแล้วกุ้งเป็นสัตว์กินเนื้อ ซึ่งกินสัตว์ในกลุ่มครัสตาเชียนขนาดเล็ก เช่น แอมพิพอด และโพลีขีดเป็นอาหาร กุ้งกินอาหารได้ดีตั้งแต่เวลา 08.00 ถึง 20.00 นาฬิกา แต่ในระบบการเลี้ยงแบบพัฒนาแล้ว อาหารธรรมชาติที่มีในบ่อจะไม่เพียงพอต่อปริมาณกุ้งที่หนาแน่น ดังนั้น จึงต้องมีการให้อาหารเพิ่ม ซึ่งอาหารที่ให้กุ้งขาวแวนนาไมนั้นต้องมีปริมาณโปรตีนประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ จะน้อยกว่ากุ้งชนิดอื่นๆ (ธัชนนท์, 2550)

1.12 การให้อาหาร

ในช่วงวันที่ 1 ถึง 40 ให้อาหารที่มีโปรตีนสูง 40 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้อาหารของกุ้งกุลาดำได้ อาจจะใช้อาหารที่มีโปรตีนต่ำ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบก็ได้ ในช่วงวันที่ 41 จนถึงวันที่จับขาย ให้อาหารที่มีโปรตีนต่ำลงมาประมาณ 30 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้อาหารของกุ้งก้ามกรามได้ จำนวนมื้อควรจำกัดอยู่ที่ 3 มื้อ คือ อาจจะเป็นเวลา 08.00, 16.00 และ 22.00 นาฬิกา ทั้งนี้แล้วแต่ความสะดวก มื้อเที่ยงควรงด และควรใช้ตารางอาหารเป็นหลักประกอบกับการเช็คยอ เมื่อต้องการตรวจสภาพการให้อาหารสามารถวัดได้จากค่าแอมโมเนีย ควรวัดค่านี้อย่างน้อย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ หากค่าแอมโมเนียเพิ่มแสดงว่ามีอาหารเหลือ เนื่องจากให้อาหารมากเกินไป ดังนั้น ให้ลดปริมาณอาหารในอาทิตย์ต่อไปลงมื้อละ 0.5 ถึง 1 กิโลกรัม และหากค่าแอมโมเนียลดลง ให้รักษาระดับการให้อาหารในปริมาณไว้ก่อน หลังจากนั้นจึงค่อยๆ ปรับการให้อาหารลดลง หรือเพิ่มขึ้น ใช้สวิงช้อนดูที่พื้นบ่อแบบเดียวกับการตรวจสอบอาหารกุ้ง และตัดสินใจปรับลดตามความเหมาะสม (กมลศิริ, 2564)

1.13 การปรับการให้อาร

การปรับอาหาร เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามขนาดของกุ้ง การปรับอาหารโดยใช้ยอมีโอกาสผิดพลาดได้ เพราะกุ้งชนิดนี้บางครั้งไม่ค่อยเข้าไปกินอาหารในยอให้สังเกตจากลำไส้ ถ้ามีสีดำหรือสีเข้มจัด ซึ่งไม่ใช่สีของอาหาร แสดงว่าอาหารที่ให้ในบ่อไม่เหลือ ถ้าถึงเวลาให้อาหารมื้อถัดไปแต่ในลำไส้ยังมีสีที่เป็นอาหารเม็ด แสดงว่าให้อาหารมากเกินไป

1.14 การคัดเลือกลูกกุ้ง

สำหรับการเพาะเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที ลักษณะของลูกกุ้งที่เหมาะสมต้องเป็นลูกกุ้งที่ได้รับการปรับสภาพ เพื่อเลี้ยงที่ระดับความเค็มที่ 10 พีพีที จากโรงเพาะฟักที่เป็นบ่อปูน ลูกกุ้งที่มีขนาดระหว่าง PL15 ถึง PL16 จะมีลักษณะของพุ่มเหงือกพัฒนาครบสมบูรณ์ มีหนวดสีแดงทั่วทั้งเส้น สีแดงของหนวดต้องไม่แดงเป็นปล้องๆ ปลายกรีตรงไม่งอนขึ้น ตาโต ลำตัวอ้วน และสั้น หน้าอกใหญ่ การเคลื่อนไหวเร็ว และมีชีวิตรอดหลังจากที่ผ่านการทดสอบการลองน้ำจากบ่อทดสอบที่เตรียมไว้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 48 ชั่วโมง

ส่วนลักษณะของลูกกุ้งที่ไม่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยง คือ ลูกกุ้งที่มีลำตัวยาวผอม ปลายกรีงอนขึ้น ตาเล็ก หนวดมีสีแดงเป็นปล้อง พบว่า เมื่อลูกกุ้งลงบ่อดินได้ประมาณ 1 เดือน หากนำมาทดสอบกับน้ำที่มีความเค็มต่ำกว่า 5 พีพีที ลูกกุ้งจะทยอยตาย

1.15 อัตราการปล่อยลูกกุ้ง

- ความเค็มต่ำ 2 ถึง 3 พีพีที ปล่อยไร่ละ 60,000 ถึง 70,000 ตัว
- ความเค็ม 3 ถึง 5 พีพีที มีน้ำเปลี่ยนถ่ายพอเพียง และเครื่องให้อากาศดี ปล่อยไร่ละ 100,000 ตัว
- ความเค็มมากกว่า 5 พีพีที มีน้ำเปลี่ยนถ่ายพอเพียง และเครื่องให้อากาศดี ปล่อยไร่ละ 120,000 ตัว
- ความเค็มต่ำ 2 ถึง 3 พีพีที ปล่อยในคอกที่มีความเค็ม 8 ถึง 10 พีพีที อนุบาลในคอก 2 ถึง 3 วัน
- ความเค็มมากกว่า 3 พีพีที ควรปล่อยตรง อัตรารอดจะดีกว่าอนุบาลในคอก (กมลศิริ, 2564)

1.16 การจัดการระหว่างการเลี้ยง

- พีเอชเหมาะสมตอนเช้าไม่ต่ำกว่า 7.5 ตอนบ่ายไม่เกิน 8.5
- อัลคาไลนิตี้ ไม่ควรต่ำกว่า 70 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความกระด้างไม่ต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ถ่ายน้ำเป็นระยะๆ ไม่ให้น้ำเข้มจัด
- มีเครื่องให้อากาศอย่างพอเพียง (ชลอ, 2564)

2. น้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพ คือ การนำเอาพืชผักผลไม้ หรือสัตว์ชนิดต่างๆ มาหมักกับน้ำตาล ทำให้เกิดจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จำนวนมาก ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะไปช่วยสลายธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในพืชมีคุณค่าในแง่ของธาตุอาหารพืช เมื่อถูกย่อยสลายโดยกระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรีย หรือจุลินทรีย์สารต่างๆ จะถูกปลดปล่อยออกมา เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง จุลธาตุ ฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต เอนไซม์วิตามิน ซึ่งพืช และสัตว์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (พิณซอ, 2564)

2.1 จุลินทรีย์ (EM)

EM ย่อมาจาก Effective Microorganisms หมายถึง กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่ง ศ.ดร.เทรูโอะ ฮิหงะ นักวิทยาศาสตร์ผู้เชี่ยวชาญสาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยริวกิว เมืองโอกินาวา ประเทศญี่ปุ่น ได้ศึกษาแนวคิดเรื่อง “ดินมีชีวิต” ของท่านโมกิจิ โอกะดะ (พ.ศ.2425 ถึง 2498) บิดาเกษตรธรรมชาติของโลก จากนั้น ดร.ฮิหงะ เริ่มค้นคว้าทดลองตั้งแต่ปี พ.ศ.2510 และค้นพบ EM เมื่อ พ.ศ. 2526 ท่านอุทิศทุ่มเททำการวิจัย ผลปรากฏว่ากลุ่มจุลินทรีย์นี้ใช้ได้ผลจริง หลังจากนั้น ศาสนาจารย์วาคุกุมิได้นำมาเผยแพร่ในประเทศไทย โดยท่านเป็นประธานมูลนิธิบำเพ็ญสาธารณประโยชน์ด้วยกิจกรรมทางศาสนา หรือคิวเซ (คิวเซ แปลว่า ช่วยเหลือโลก) ปัจจุบันตั้งอยู่ที่ อ.แก่งคอย จ.สระบุรี

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของ EM

เป็นของเหลวสีน้ำตาล กลิ่นหอมอมเปรี้ยวอมหวาน (เกิดจากการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ต่าง ๆ ใน E.M.) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ไม่สามารถใช้ร่วมกับสารเคมี หรือยาปฏิชีวนะ และยาฆ่าเชื้อต่าง ๆ ได้ ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น คน สัตว์ พืช และแมลง ที่เป็นประโยชน์ ช่วยปรับสภาพความสมดุลของสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ ที่ทุกคนสามารถนำไปเพาะขยาย เพื่อช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง

2.1.2 การดูแลเก็บรักษา

สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน อย่างน้อย 6 เดือน ในอุณหภูมิห้องปกติ ไม่เกิน 46 ถึง 50 องศาเซลเซียส ต้องปิดฝาให้สนิท อย่าให้อากาศเข้า และอย่าเก็บไว้ในตู้เย็น ทุกครั้งที่แบ่งไปใช้ ต้องรีบปิดฝาให้สนิท การนำ E.M. ไปขยายต่อควรใช้ภาชนะที่สะอาด และใช้ให้หมดภายในเวลาที่เหมาะสม

ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของจุลินทรีย์อีเอ็ม

จากการค้นคว้าพบความจริงเกี่ยวกับจุลินทรีย์ว่ามี 3 กลุ่ม คือ

- กลุ่มสร้างสรรค์ เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีคุณภาพ มีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์
- กลุ่มทำลาย เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ ทำให้เกิดโรค มีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์
- กลุ่มเป็นกลาง มีประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ จุลินทรีย์กลุ่มนี้หากกลุ่มใดมีจำนวนมากกว่าจุลินทรีย์กลุ่มกลางจะสนับสนุน หรือร่วมด้วย

จุลินทรีย์มี 2 ประเภท

- ประเภทต้องการอากาศ (Aerobic Bacteria)
- ประเภทไม่ต้องการอากาศ (Anaerobic Bacteria)

จุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่มนี้ต่างพึ่งพาอาศัยซึ่งกัน และสามารถอยู่ร่วมกันได้จากการค้นคว้าได้มีการนำจุลินทรีย์ที่ได้รับการคัด และเลือกสรรอย่างดีจากธรรมชาติที่มีประโยชน์ต่อพืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อมมารวมกัน 5 กลุ่ม (Families) 10 จีนัส (Genues) 80 ชนิด (Spicies) ได้แก่

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกเชื้อราที่มีเส้นใย (Filamentous fungi) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งการย่อยสลาย สามารถทำงานได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน มีคุณสมบัติต้านทานความร้อนได้ดี ปกติใช้เป็นหัวเชื้อผลิตเหล้า ผลิตปุ๋ยหมัก ฯลฯ

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกสังเคราะห์แสง (Photosynthetic microorganisms) ทำหน้าที่สังเคราะห์สารอินทรีย์ให้แก่ดิน เช่น ไนโตรเจน (N_2) กรดอะมิโน (Amino Acids) น้ำตาล (Sugar) วิตามิน (Vitamin) ฮอร์โมน (Hormones) และอื่นๆ เพื่อสร้างความสมบูรณ์ให้แก่ดิน

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการหมัก (Zynogumic or Fermented microorganism) ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้ดินต้านทานโรคได้ดี (Diseases resistant) ฯลฯ เข้าสู่วงจรการย่อยสลายได้ดี ช่วยลดการพังทลายของหน้าดิน ป้องกันโรค และแมลงศัตรูพืชบางชนิดของพืชและสัตว์ สามารถบำบัดมลพิษที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเป็นพิษต่างๆ ได้

กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixing microorganism) มีทั้งพวกที่เป็นสาหร่าย (Algae) และพวกแบคทีเรีย (Bacteria) ทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศ เพื่อให้ดินผลิตสารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโต เช่น โปรตีน (Protein) กรดอินทรีย์ (Organic acid) กรดไขมัน (Fatty acid) แป้ง (Starch or Carbohydrates) ฮอร์โมน (Hormones) วิตามิน (Vitamin) ฯลฯ

กลุ่มที่ 5 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกสร้างกรดแลคติก (Lactic acids) มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อรา และแบคทีเรียที่เป็นโทษ ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศหายใจ ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพดินเน่าเปื่อย หรือดินก่อโรคให้เป็นดินต้านทานโรค ช่วยลดจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชที่มีจำนวนนับแสน หรือให้หมดไป นอกจากนี้ยังช่วยย่อยสลายเปลือกเมล็ดพันธุ์พืช ช่วยให้เมล็ดงอกได้ดี และแข็งแรงกว่าปกติอีกด้วย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ), 2559)

2.1.2 คุณสมบัติทางเคมี และองค์ประกอบชนิดอื่นๆ ของ EM

พบว่า สารประกอบ Super EM มีฤทธิ์เป็นกรด pH อยู่ในระหว่าง 2.25 ถึง 3.63 เมื่อทำให้แห้ง มีส่วนที่ละลายน้ำได้อยู่ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ (w/v) และส่วนที่ละลายได้ใน Organic alovent อยู่ประมาณ 0.3 เปอร์เซ็นต์ (w/v) สารประกอบ Super EM มี Lactic acid อยู่ในปริมาณระหว่าง 0.87 ถึง 1.16 เปอร์เซ็นต์ (w/v) และ Total volatile fatty acid (VFA) อยู่ในระหว่าง 0.106 ถึง 0.132 เปอร์เซ็นต์ (w/v) โดยแยกออกเป็น Acetic acid, Propionic acid และ Butyric acid นอกจากนี้จากการตรวจสอบชนิด และปริมาณน้ำตาลใน Super EM ด้วย HPLC ตรวจไม่พบน้ำตาลชนิด Glucose, Fructose, Sucrose, Arabinose, Maltose, Xylose, Sylitol และ Erythritol (สุรัตน์วดี และคณะ, 2539)

2.2 สับปะรด

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ananas comosus* (L.)

ชื่อสามัญ Pineapple

2.2.1 ถิ่นกำเนิดสับปะรด

สับปะรดมีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ทางตอนกลาง และตอนใต้ของบราซิล และตอนเหนือของปารากวัย และอาร์เจนตินา โดยชาวพื้นเมืองมักจะปลูกสับปะรดกันตามบริเวณชายฝั่งตะวันออก ตอนเหนือของทวีปอเมริกาใต้ริมฝั่งมหาสมุทรแอตแลนติก และแปซิฟิกของอเมริกากลาง และหมู่เกาะต่างๆ ในแถบเวสท์อินดี้ส์ก่อนที่ชาวยุโรปจะเดินเรือไปยังซีกโลกตะวันตก

สำหรับในประเทศไทยมีรายงานว่า พบสับปะรดครั้งแรกราว พ.ศ. 2223 ถึง 2243 ซึ่งตรงกับสมัยของสมเด็จพระนารายณ์มหาราช จึงมีการสันนิษฐานว่าชาวโปรตุเกส ซึ่งเข้ามาติดต่อกับประเทศไทย เป็นผู้นำสับปะรดเข้ามา และสับปะรดยุคนั้นน่าจะเป็นพันธุ์อินทรชิต หรือสับปะรดกลุ่มสแปนนิช (Spanish)

2.2.2 ลักษณะทั่วไปสับปะรด

สับปะรดเป็นไม้ล้มลุก สูง 50 ถึง 125 เซนติเมตร ลำต้นใต้ดิน ปล้องสั้น ไม่แตกกิ่งก้าน มีแต่กาบใบห่อหุ้มลำต้น ใบ เป็นใบเดี่ยว ออกเรียงเวียนถี่ ไม่มีก้านใบ ใบเรียวยาว โคนใบเป็นกาบหุ้มลำต้น ใบเดี่ยวเกิดจากรากเรียงเวียนเป็นกระจุก รูปแถบ กว้าง 1.5 ถึง 6 เซนติเมตร ยาว 50 ถึง 150 เซนติเมตร ขอบใบโค้งขึ้น มีหนามแหลมคล้ายกับใบว่านหางจระเข้ เนื้อใบหนา แข็ง มีเส้นใย ท้องใบมีเกล็ดสีขาว ดอกช่อเชิงลดออกที่ปลายยอด ใบประดับสีแดง เหลืองหรือเขียว กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันปลายแยกเป็นแฉก รูปไข่แกมสามเหลี่ยม กลีบดอกรูปแถบแกมขอบขนาน ปลายแหลม โคนกลีบสีขาวปลายกลีบสีม่วง หรือแกมชมพู ยาว 16 ถึง 26 มิลลิเมตร เป็นผลรวมรูปรี โคนกว้าง ปลายสอบ มีใบสั้นเป็นกระจุกที่ปลายผล เรียกว่าตะเกียง ผลจะเป็นชนิดผลรวมอัดกันแน่นอยู่บนแกนกลาง เนื้อของผลรวมเมื่อสุกมีรสหวาน หวานอมเปรี้ยว มีน้ำมาก ผลส่วนมากมักมีสีเขียว เมื่อยังไม่สุกสีน้ำตาลแดง และเมื่อสุกสีจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมเขียว บางสายพันธุ์เหลืองอมส้ม

ภาพที่ 4 แสดงภาพสับปะรด
ที่มา : สับปะรด สรรพคุณและประโยชน์ของสับปะรด 32 ข้อ (2564)

2.2.3 องค์ประกอบทางเคมี

ในสับปะรดมีสารออกฤทธิ์สำคัญๆ คือ สารในกลุ่ม Phytoestrogens, Isoflavones, Lignans และ Phenolics โดยสามารถแยกตามส่วนต่างๆ ดังนี้

- เหง้า มี Protein
- ลำต้น มี Bromelain, Peroxidase, Amylase และ Proteinase
- ใบ มี Hemicellulose, Bromelain และ Campestanol
- ผล มี Acetaldehyde, Ethyl acetate และ Acetone
- น้ำมันหอมระเหย มี Isobutanol

นอกจากนี้ยังพบ Citric acid, Malic acid, Ascobic acid, 1-Alutamic acid และ Flavonoids รวมอยู่ด้วย ส่วนคุณค่าทางโภชนาการของสับปะรด ประกอบไปด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (Bromelain) สามารถสกัดได้จากทุกส่วนทั้งส่วนของผล และลำต้นจัดเป็นสารในกลุ่ม Cysteine proteinase เป็นเอนไซม์ในกลุ่มเดียวกับ เอนไซม์ปาเปน (Papen) ในมะละกอ และแอกตินิดิน (Actinidin) ในผลกีวี เอนไซม์โบรมีเลนประกอบไปด้วย Proteolytic enzymes หลายชนิด และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น Peroxidase, Acid phosphatase, Cellulases, Glycoproteins และ Protease inhibitors เป็นต้น โบรมิเลน (Bromelain) หรือมีอีกชื่อหนึ่งว่า Bromelainum, Bromelin และ Plant protease concentrate ซึ่งตามกลไกการทำงานจัดเป็นโปรติเอสซัลไฟดริล (The sulfhydryl protease) โปรติเอสไอทอล (Thiol proteases) และโปรติเอสซิสเตอีน (Cysteine proteases) เป็นกลุ่มเอนไซม์ที่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์ของโปรตีน และจะถูกยับยั้งโดยสาร Sulfhydryl reagent หรือ Sulfhydryl group เอนไซม์โบรมิเลน สามารถพบได้ในพืช เช่น สับปะรด พบเอนไซม์โบรมิเลนกระจายตามส่วนต่างๆ ของสับปะรด เอนไซม์โบรมิเลน ที่พบในส่วนผล เรียกว่า Fruit Bromelain ในส่วนของลำต้นเรียกว่า Stem Bromelain โดยในลำต้นจะมีปฏิกิริยาสูงกว่าส่วนผล 2 เท่า เมื่อใช้สับสเตรท (Substrate) เป็นโปรตีนน้ำนม พบว่า เอนไซม์โบรมิเลน กระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ ของลำต้น ได้แก่ เปลือก แกน จุก เนื้อ และลำต้น โดยเอนไซม์โบรมิเลนในลำต้น ที่มีอายุ 3 ปี จะมีปริมาณเอนไซม์มากกว่าในลำต้นที่มีอายุ 1.5 ปี นอกจากอายุของลำต้นแล้วยังขึ้นอยู่กับตำแหน่งของลำต้น ซึ่งเอนไซม์จะมีมากในส่วนที่เป็นแกนกลางมากกว่าส่วนนอกของเปลือกของลำต้นน้ำหนักโมเลกุลของเอนไซม์โบรมิเลนที่ส่วนของผลจะมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 31 กิโลดาลตัน (KDa) ส่วนในลำต้นเอนไซม์โบรมิเลนมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 28 กิโลดาลตัน โมเลกุลของเอนไซม์โบรมิเลน ประกอบด้วย กรดอะมิโน 285 หน่วย และเฮกเซนซามีน 4 โมเลกุลด้าน Cterminal จะเป็นไกลซีน และ N-terminal เป็นวาลีน โมเลกุลจะมีพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide bridge) 5 ตำแหน่ง แต่จะมีกลุ่มซัลไฟด์ดริล ที่จำเป็นสำหรับเร่งปฏิกิริยาเพียง 1 กลุ่มต่อโมเลกุล โบรมิเลนจัดเป็นเอนไซม์พวกไกลโคโปรตีน โดยมีสารคาร์โบไฮเดรตเป็น Prothetic group โบรมิเลนบริสุทธิ์จะมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 2 และพบว่า เอนไซม์โบรมิเลนสามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายสารประเภทโปรตีนได้ เอนไซม์โบรมิเลน จะเข้าย่อยได้พันธะเชื่อมระหว่างอาจีนีน-อะลานีน และอะลานีน-กลูตามิกของกลูคากอน (Glucagon) แต่ไม่ย่อยพันธะเชื่อมระหว่างอาจีนีน-อาจีนีน และไลซีน-ไทโรซีน เอนไซม์โบรมิเลนมีความสามารถย่อยสารตั้งต้นได้หลายชนิด โดยเฉพาะเคซีน (Casein) และเฮโมโกลบินมีภาวะที่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ คือ ที่พีเอช 7.2 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อใช้สารตั้งต้นเป็นอัลบูมิน (Albumin) ภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา คือ พีเอช 5.5 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และเมื่อใช้สารตั้งต้นเป็นเจลาตินภาวะที่เหมาะสม คือ พีเอช 5.0 ซึ่งความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ จะมีการเสียสภาพด้วยอุณหภูมิที่มีความร้อนสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส และเมื่อพีเอชต่ำกว่า 2.5 เอนไซม์จะมีความคงตัว (กันต์ และคณะ, 2557)

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรด 100 กรัม

พลังงาน	50 กิโลแคลลอรี
น้ำ	86 กรัม
โปรตีน	0.54 กรัม
ไขมันรวม	0.12 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	13.12 กรัม
ไฟเบอร์	1.4 กรัม
น้ำตาล	9.85 กรัม
ธาตุเหล็ก	0.29 มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	12 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	8 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	109 มิลลิกรัม
โซเดียม	1 มิลลิกรัม
สังกะสี	0.12 มิลลิกรัม
วิตามินเอ	58 IU
วิตามินบี 1	0.079 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.032 มิลลิกรัม
วิตามินบี 3	0.5 มิลลิกรัม
วิตามินบี 4	0.231 มิลลิกรัม
วิตามินบี 6	0.112 มิลลิกรัม
วิตามินซี	47.8 มิลลิกรัม
โฟเลต	18 µg
โคลีน	5.5 มิลลิกรัม
แมงกานีส	0.927 มิลลิกรัม

ที่มา : สับปะรด ประโยชน์ดีๆ สรรพคุณเด่นๆ และข้อมูลงานวิจัย (2564)

2.3 กากน้ำตาล

กากน้ำตาล (Molasses) เป็นของเหลวที่มีลักษณะหนืดข้นมีสีดำอมน้ำตาล ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย โดยมีอ้อยเป็นวัตถุดิบ กากน้ำตาลจะแยกออกจากกระบวนการผลิต

น้ำตาลทรายในขั้นตอนสุดท้ายด้วยการแยกออกจากเกล็ดน้ำตาลโดยวิธีการปั่น (Centrifuge) ซึ่งไม่สามารถตกผลึกเป็นเกล็ดน้ำตาลได้ด้วยวิธีทั่วไป และไม่นำกลับมาใช้ผลิตน้ำตาลทรายอีก

ภาพที่ 5 แสดงภาพของกากน้ำตาล

2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากน้ำตาล

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากน้ำตาล

น้ำ	17 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์
น้ำตาล	-
ซูโครส	30 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์
กลูโครส (เดรกโทส)	4 ถึง 9 เปอร์เซ็นต์
ฟรัสโทส (เลวูโลส)	5 ถึง 12 เปอร์เซ็นต์
สารรีดิวซิงค์ซับสเตรททั้งหมด (อินเวิร์ท)	10 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์
คาร์โบไฮเดรตอื่นๆ (ยาง แป้ง เพนโทซาน)	2 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์
เถ้า	7 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์
1. เบส	-
K2O	30 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์
CaO	7 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์
MgO	2 ถึง 14 เปอร์เซ็นต์
Na2O	0.3- ถึง 9 เปอร์เซ็นต์
R2O3 (Fe)	0.4 ถึง 2.7 เปอร์เซ็นต์
2. กรด	-
SO3	7 ถึง 27 เปอร์เซ็นต์
Cl	12 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากน้ำตาล (ต่อ)

P2O5	0.5 ถึง 2.5 เปอร์เซ็นต์
SiO2 and insol	1 ถึง 7 เปอร์เซ็นต์
สารประกอบไนโตรเจน	-
โปรตีนหยาบ (ไนโตรเจน x 6.25)	2.5 ถึง 4.5 เปอร์เซ็นต์
โปรตีนแท้	0.5 ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์
กรดอะมิโน (กรดแอสปาติก, กรดกลูตามิค และกรดไพโรลิดีนคาร์บอกซิลิค)	0.3 ถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์
กรดที่ไม่มีสารประกอบไนโตรเจน	-
(กรดอะโคนิติก (1-5%), กรดซิตริก, กรดมาลิก, กรดออกซาลิก และกรดไกลโคลิค)	1.5 ถึง 6.0 เปอร์เซ็นต์
(กรดมีซาโคนิค, กรดซัคซินิค, กรดฟลูมาลิค และกรดทาร์ตาลิค)	0.5 ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์
ไขมัน, สเตอโรน และฟอสฟาไทด์	0.1 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์
วิตามิน (ไมโครกรัม/กรัม)	-
ไบโอติน (H, B7)	1 ถึง 3
โคลลิน (B4)	880
กรดโฟลิค (B complex)	0.3 ถึง 0.4
ไนอะซิน (B complex)	17 ถึง 30
กรดแพนโททีนิค (B complex)	20 ถึง 60
ไรโบฟลาวิน (B2)	2 ถึง 3
ไพริดอกซิน (B6)	1.7
ไทอะมิน (B1)	0.6 ถึง 1.0

ที่มา : กากน้ำตาล ประโยชน์ และวิธีทำกากน้ำตาล (2560)

2.3.2 ประโยชน์กากน้ำตาล

1) กากน้ำตาล ใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิต Ethanol เพื่อใช้เป็นส่วนผสมของน้ำมันเบนซิน 91 หรือ 95 หรือที่เรียกว่า แก๊สโซฮอล์ ทั้งนี้กากน้ำตาลปริมาณ 1 ตัน จะผลิต Ethanol ได้ประมาณ 250 ลิตร

2) กากน้ำตาลถูกใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายประเภท ได้แก่

- อุตสาหกรรมผลิตแอลกอฮอล์ และสุรา
- อุตสาหกรรมผลิตกรดมะนาว กรดน้ำส้ม และกรดแลคติก
- อุตสาหกรรมผลิตผงชูรส ซอส และซีอิ๊ว
- อุตสาหกรรมผลิตยีสต์ และขนมปัง
- อุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์

3) กากน้ำตาลใช้เป็นส่วนผสมของหญ้าหมัก หรือใช้ผสมในอาหารข้น เพื่อเพิ่มแหล่งคาร์โบไฮเดรต และเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยกระตุ้นการหมักให้เกิดความรวดเร็วมากขึ้น เพราะช่วยเพิ่มปริมาณแบคทีเรียผลิตกรด นอกจากนั้น ยังช่วยปรับปรุงรสของอาหารหยาบ และส่งเสริมการเติบโตของแบคทีเรียในกระเพาะ

4) กากน้ำตาลใช้เป็นส่วนผสมของปุ๋ยหมัก หรือสารปรับปรุงดิน เพราะในกากน้ำตาลมีธาตุอาหารที่ครบถ้วน

5) กากน้ำตาลใช้เป็นส่วนผสมของน้ำมักชีวภาพเป็นแหล่งอาหารสำคัญ เพื่อให้จุลินทรีย์ผลิตกรดเติบโต และช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางธาตุอาหาร และกลิ่นของน้ำหมัก

6) กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้ที่สร้างรายได้ให้แก่อุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล ด้วยการส่งจำหน่ายยังต่างประเทศ เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ทั้งในอุตสาหกรรม และการเกษตร โดยส่งออกเป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากประเทศบราซิล เพราะประเทศบราซิลเป็นประเทศผลิตน้ำตาลเป็นอันดับแรกของโลก (กากน้ำตาล ประโยชน์ และวิธีทำกากน้ำตาล, 2560)

2.4 บทบาทของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคต่อน้ำหมักชีวภาพจุลินทรีย์ที่มีในน้ำหมักชีวภาพมีหลายประเภท แต่จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา โดยมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ และเกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพเคมีต่างๆ ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ โดยบทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการทำน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดจะเน้นที่แบคทีเรีย แบคทีเรียที่พบในน้ำหมักมีหลายสายพันธุ์ มีบทบาทในการย่อยสลายวัสดุในการผลิต วัสดุที่ใช้ในการผลิตน้ำหมักชีภาพเป็นวัสดุอินทรีย์มาจากสิ่งมีชีวิตทั้งพืช และสัตว์ แบคทีเรียที่ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ทำให้สารประกอบโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ๆ ให้เล็กลง ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในรูปแบบที่พืชและสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยเน้นไปที่แบคทีเรียผลิตกรดแลคติคลักษณะของแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นแกรมบวกอยู่ในสกุล Lactobacillacecae ไม่มีสปอร์ รูปร่างของเซลล์มีลักษณะเป็นท่อนสั้น แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคจะมีส่วนเกี่ยวข้องในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ สามารถสังเคราะห์กรดแลคติคเป็นผลิตภัณฑ์หลักระหว่างกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์ที่ผลิตได้เป็นกรดแลคติคมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้ (ปาลิดา และอินทิรา, 2555)

3. สมุนไพร

สมุนไพรเป็นยาที่ได้มาจากพืช สัตว์ และแร่ธาตุจากธรรมชาติที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพโครงสร้างภายใน สามารถนำมาใช้เป็นยารักษาโรค และบำรุงร่างกายได้ ประเภทของสมุนไพรที่ได้จากส่วนของพืชโดยตรง (พืชวัตถุ) โดยส่วนต่างๆ ที่นำมานั้นมีสารที่สามารถใช้เป็นยาได้ ได้แก่ ใบ ดอก ผล เปลือกผล เมล็ด เปลือก เมล็ด ราก หรือหัว ต้น แก่น กระพี้ เนื้อไม้ และเปลือกไม้ (คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี, 2564) ซึ่งมีสรรพคุณในการลดความเครียด เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ป้องกันและรักษาโรคสัตว์น้ำ สามารถนำสกัดสมุนไพรมาใช้ในรูปแบบของการผสมอาหาร แช่ หรือฉีดให้แก่สัตว์น้ำแต่ควรใช้ในสัดส่วนที่พอเหมาะหากใช้มากเกินไปอาจส่งผลเสียต่อสัตว์น้ำได้

3.1 ลูกใต้ใบ หรือหญ้าใต้ใบ

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Phyllanthus amarus* Schumach. & Thonn.

ชื่อสามัญ Egg woman, Tamalaki, Stonebreaker.

3.1.1 ถิ่นกำเนิดลูกใต้ใบ

ลูกใต้ใบมีถิ่นกำเนิดในแถบเขตร้อนต่างๆ ของโลกทั้งในทวีปอเมริกาใต้แอฟริกาเอเชีย และมีการกระจายพันธุ์ไปอยู่ในหลายๆ ประเทศเขตร้อนของภูมิภาค เช่น เปรู บราซิลทางตอนใต้ของสหรัฐอเมริกา อินเดีย ไทย พม่า ลาว ฯลฯ ส่วนในประเทศไทยนั้น ต้นลูกใต้ใบสามารถพบได้ทั่วทุกจังหวัด ตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน โดยมักพบในที่โล่งแจ้ง หรือตามบริเวณเงาไม้ใหญ่ในที่โล่งทั่วไปหรือขึ้นแซมกับพืชที่เกษตรกรปลูกจนต้องถูกกำจัดเหมือนวัชพืชอื่นๆ

3.1.2 ลักษณะทั่วไปลูกใต้ใบ

ลูกใต้ใบเป็นพืชตระกูลเดียวกับมะขามป้อม เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae จีนัส Phyllanthus เหตุที่มีชื่อเรียกว่า ลูกใต้ใบ หญ้าลูกใต้ใบ หรือหญ้าใต้ใบ เนื่องจากมีผลขนาดเล็กออกตามซอกก้านใบย่อย และห้อยลงให้เห็นว่าลูกอยู่ใต้ใบ ในประเทศไทยมีพืชล้มลุกที่มีลักษณะดังกล่าวคล้ายคลึงกัน และถูกเรียกว่าลูกใต้ใบอยู่อย่างน้อย 5 ชนิด หรือสปีชีส์ (Species) ได้แก่ *Phyllanthus amarus* Schumach. & Thonn., *P. debilis*, *P. niruri*, *P. urinary* Linn (หญ้าใต้ใบ), *P. virgatus* และ *G. Forst*. มีรายงานการศึกษาวิจัย พบว่า ลูกใต้ใบชนิด *P.amarus* Schumach. & Thonn. นั้นเป็นชนิดที่ให้สารที่มีสรรพคุณทางยามากที่สุด

3.1.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ดังนี้

ต้นลูกใต้ใบ จัดเป็นพืชล้มลุก มีอายุเพียงปีเดียว มีความสูงประมาณ 10 ถึง 50 เซนติเมตร แตกกิ่งก้านสาขามาก ลำต้นไม่มีขน และทุกส่วนของต้นมีรสขม

ใบลูกใต้ใบ ใบเป็นใบเดี่ยวประกอบแบบขนนกเรียงสลับกันชั้นเดียว ปลายคี่ มีใบย่อยประมาณ 23 ถึง 25 ใบ ลักษณะของใบย่อยเป็นรูปขอบขนานแกมรูปไข่กลับ โคนใบมนแคบ ส่วนปลายใบมนกว้าง ขอบใบเรียบไม่มีขน ใบด้านล่างสีอ่อนกว่าด้านบน ใบมีขนาดกว้างประมาณ

3 ถึง 4 มิลลิเมตร และยาวประมาณ 5 ถึง 10 มิลลิเมตร มีก้านใบสั้นมาก มีหูใบสีขาวนวล ลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมปลายแหลมเกาะติดอยู่ 2 อัน

ดอกลูกใต้ใบ ดอกเป็นแบบแยกเพศ มีขนาดเล็กสีขาว เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.08 เซนติเมตร ดอกเพศเมียมักจะอยู่บริเวณโคนก้านใบ ส่วนดอกเพศผู้มักจะอยู่บริเวณส่วนปลายของก้าน ใบมักออกเป็นกระจุกๆ ละ 2 ถึง 3 ดอก โดยดอกตัวเมียจะมีขนาดใหญ่กว่าดอกตัวผู้ประมาณ 2 เท่า และดอกเดี่ยวๆ เกสรตัวผู้มี 3 ก้าน โคนก้านเกสรเชื่อมกันเล็กน้อย มีอับเรณูแตกอยู่ตามแนวราบ ส่วนกลีบรอง และกลีบดอกเป็นรูปไข่ ขอบกลีบมีสีอ่อน

ผลลูกใต้ใบ ลักษณะของผลเป็นรูปทรงกลมแป้น ผิวเรียบมีสีเขียวอ่อน ผลมีขนาดประมาณ 0.15 เซนติเมตร โดยผลมักจะเกาะติดอยู่บริเวณใต้โคนของใบย่อย และอยู่ในบริเวณกลางก้านใบ ผลเมื่อแก่จะแตกเป็นพู 6 พู ในแต่ละพูจะมีเมล็ด 1 เมล็ด สีน้ำตาล มีลักษณะเป็นรูปเสี้ยว 1 ส่วน 6 ของรูปทรงกลม มีสันตามยาวทางด้านหลัง และมีขนาดเล็กมากประมาณ 0.1 เซนติเมตร

ชนิดของลูกใต้ใบที่พบในประเทศไทยมีอยู่ 4 ชนิด ได้แก่

ภาพที่ 6 แสดงภาพ *Phyllanthus amarus*

ภาพที่ 7 แสดงภาพ *Phyllanthus amarus*

ภาพที่ 8 แสดงภาพ *Phyllanthus amarus*

ภาพที่ 9 แสดงภาพ *Phyllanthus virgatus*

ที่มา : องค์การสวนพฤกษศาสตร์ (2556)

3.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของลูกใต้ใบ

ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของลูกใต้ใบ

สารเคมีในลูกใต้ใบ	เปอร์เซ็นต์
สารแทนนิน (Tannins)	-
สารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)	-
สารลิกแนนส์ (Lignans)	-
สารไกลโคไซด์ (Glycosides)	-
สารซาโปนิน (Saponin)	-
แร่ธาตุ	0.86
ธาตุโซเดียม	12.84
ธาตุโพแทสเซียม	10.68
ธาตุเหล็ก	6.57
ธาตุแคลเซียม	0.34
ธาตุแมกนีเซียม	3.92
ธาตุอะลูมิเนียม	3.92
ธาตุฟอสฟอรัส	0.34

ที่มา : ลูกใต้ใบ ประโยชน์ดีๆ สรรพคุณเด่นๆ และข้อมูลงานวิจัย (2564)

การทดสอบสารเคมีในลูกใต้ใบ เป็นสารกลุ่มสารพฤกษเคมี ซึ่งสารพฤกษเคมีหมายถึง สารเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบเฉพาะในพืช สารกลุ่มนี้อาจเป็นสารที่ทำให้พืชผักชนิดนั้นๆ มีสี กลิ่น หรือรสชาติที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว สารพฤกษเคมีเหล่านี้หลายชนิดมีฤทธิ์ต่อต้านหรือป้องกันโรคบางชนิด และโรคสำคัญที่ช่วยป้องกันโรคมะเร็งได้ กลไกการทำงานของสารพฤกษเคมีเมื่อเข้าสู่ร่างกายเป็นไปโดยการช่วยให้เอนไซม์บางกลุ่มทำางานได้ดีขึ้น เอนไซม์บางชนิดทำหน้าที่ทำลายสารก่อมะเร็งที่เข้าสู่ร่างกาย มีผลทำให้สารก่อมะเร็งหมดฤทธิ์ ซึ่งปัจจุบันพบสารพฤกษเคมีแล้วมากกว่า 15,000 ชนิด และพบว่า สารพฤกษเคมีสร้างประโยชน์ด้วยกลไกการออกฤทธิ์ในรูปแบบต่างๆ ทั้งต้านออกซิเดชั่น ทำลายฤทธิ์ของอนุมูลอิสระ ลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับดีเอ็นเอเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้สารพฤกษเคมีลดการเกิดโรคมะเร็งได้ เพิ่มภูมิต้านทานโรคควบคุมการออกฤทธิ์ของฮอร์โมน เป็นต้น (มงคล และคณะ, 2556)

3.1.5 การออกฤทธิ์ของลูกใต้ใบ

ฤทธิ์ต้านไวรัสหัวเหลือง (Yellow Head Virus, YHV) ในกุ้งกุลาดำ นักวิจัยของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้ร่วมมือกับสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา ทำการวิจัยฤทธิ์ของสารสกัดสมุนไพรลูกใต้ใบชนิด *P. urinaria* ที่ผสมในอาหารในการป้องกันการติดเชื้อ YHV ในกุ้งกุลาดำ โดยเอากุ้งมาฉีดเชื้อ YHV พบว่า กุ้งที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดสมุนไพรมีอัตราการรอดตายสูง และสามารถฟื้นเป็นปกติได้ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่พบอัตราการรอดตายเลย (มงคล และคณะ, 2556)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมิง และคณะ (2562) ศึกษาผลของจุลินทรีย์อีเอ็มต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) ที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม อัตรา 0 (ชุดควบคุม), 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ทุกสัปดาห์เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสต์ลาวาร์ 15 (PL15) ในถังไฟเบอร์กลาส ใส่น้ำ 150 ลิตร ปล่อยกุ้ง 135 ตัวเลี้ยงเป็นเวลา 45 วัน พบว่า มีน้ำหนักสุดท้าย และความยาวสุดท้ายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งจุลินทรีย์อีเอ็มไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม แต่ช่วยลดแอมโมเนียรวม และไนไตรท์ให้น้อยกว่าชุดควบคุม

แก้วตา และคณะ (2563) ใช้น้ำหมักกล้วยผสมในอาหารกุ้งสำเร็จรูปในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตรต่ออาหารกุ้ง 1 กิโลกรัม (T1, T2, T3 และ T4) (หมักน้ำหมักกล้วยที่ 15 วัน ก่อนจะนำมาผสมอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้ง) เลี้ยงกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวาร์ 10 (PL10) เลี้ยง 40 วัน ผลการศึกษา พบว่า ค่าน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ในกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในวันที่ 40 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสัมพันธ์กับ Lactic acid bacteria ในกุ้งขาวแวนนาไมในวันที่ 40 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในแต่ละชุดการทดลอง เมื่อมีการใช้น้ำหมักกล้วยผสมในอาหารกุ้งที่ระดับเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณของ LAB ในตัวกุ้งก็มีค่าแนวโน้มสูงขึ้นด้วย จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยอาหารสำเร็จรูปผสมน้ำหมักกล้วย 10 ถึง 30 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีความเป็นไปได้ที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์กลุ่ม LAB ในตัวกุ้งขาวแวนนาไม และช่วยลดปริมาณ *Vibrio* spp. ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในกุ้งขาวแวนนาไมได้

ณฐพร และธนากร (2562) ศึกษาระดับน้ำหมักจากมะขามป้อม (*Phyllamthus emblicalinn*) ที่เหมาะสมในสูตรอาหาร ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) โดยใช้ความเข้มข้นต่างกันเป็นส่วนผสมในสูตรอาหาร 4 ระดับ คือ 0 (ชุดควบคุม), 2.0,

2.5 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใช้ลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่มีความยาว 1.5 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 0.07 กรัม ใช้ระยะเวลาเลี้ยง 56 วัน จากการทดลอง พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยสูตรน้ำหมักมะขามป้อมทั้ง 4 ระดับ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่สูตรอาหารผสมน้ำหมักมะขามป้อมที่ระดับ 3.0 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการรอดตายดีที่สุด จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักมะขามป้อม 0, 2.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

จิตติมา และจิตรา (2555) ศึกษาผลของ Effective Microorganisms (EM) ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของไรน้ำนางฟ้าไทย (*Branchinella thailandensis*) ศึกษาคุณสมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทย โดยใช้ EM บำบัดน้ำในระดับความเข้มข้นต่างกันวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design ; CRD) แบ่งการทดลองเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ คือ กลุ่มทดลองที่ 1 ไม่ใส่ EM กลุ่มทดลองที่ 2, 3 และ 4 ใส่ EM 0.6, 1.2 และ 1.8 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ตามลำดับทุกสัปดาห์ เลี้ยงไรน้ำนางฟ้า 30 ตัว ใช้เวลา 4 สัปดาห์ จากวัน ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ผลการทดลอง พบว่า ไรน้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงโดยใส่ EM 1.2 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร น้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด 0.120±0.007 กรัม มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.0037±0.0002 กรัมต่อตัวต่อวัน

รัตนสุดา (2554) ศึกษาการใช้อีเอ็มเป็นโปรไบโอติกส์ในการเลี้ยงปลาโมง ทำการทดลองโดยใช้อีเอ็ม (Effective Microorganism; EM) ผสมในอาหารที่ระดับที่แตกต่างกัน 5 ชุดการทดลอง คือ ชุดควบคุมใช้อาหารอัดเม็ดไม่ใช้อีเอ็ม ชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ใช้อีเอ็มผสมอาหารก่อนอัดเม็ดในอัตรา 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ของอาหาร ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ 4 และ 5 ใช้อาหารอัดเม็ดคลุกอีเอ็มในอัตรา 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ของอาหาร ตามลำดับ ทำการเลี้ยงปลาโมงที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 1.54 กรัมต่อตัว ในกระชังขนาด 0.5 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 20 ตัวต่อกระชัง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำการเก็บข้อมูลทุก 2 สัปดาห์ ผลการทดลอง พบว่า น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาโมงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ชาญวิทย์ (2563) ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ ซึ่งมีจุลินทรีย์หลัก คือ *Bacillus subtilis* เพื่อเร่งการเจริญเติบโต และเสริมภูมิคุ้มกันปลานิลในบ่อดิน จังหวัดเชียงใหม่ โดยสุ่มปล่อยปลานิล (น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 18.41 กรัมต่อตัว) จำนวน 40 ตัวต่อกระชัง ลงในกระชังขนาด 3×3×1 เมตร ความหนาแน่น 4.4 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร จำนวน 12 กระชัง โดยให้อาหารผสมโปรไบโอติกส์ 0 (ชุดควบคุม), 2, 5 และ 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (จำนวน 3 กระชัง) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว เลี้ยงนาน 60 วัน ผลการทดลอง

พบว่า น้ำหนักสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติกส์ มีแนวโน้มสูงกว่าปลาที่ไม่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติกส์ (P>0.05)

สายชล และคณะ (2557) ศึกษาผลการใช้น้ำพืชสมุนไพรเสริมอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย คุณภาพน้ำ และปริมาณเชื้อวิบริโอ ในตับกุ้งใช้กุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสต์ลาวาร์ (PL12) น้ำหนัก 0.004 กรัม จำนวน 18 ตัวต่อถัง การทดลอง ประกอบด้วย ชุดการทดลอง 1 อาหารเม็ดสำเร็จรูปไม่เสริมน้ำพืชสมุนไพร หรือชุดควบคุม ชุดการทดลอง 2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมน้ำต้นครอบจักรวาล ชุดการทดลอง 3 อาหารเม็ดสำเร็จรูป เสริมน้ำสาหร่ายคีโตมอร์ฟา ชุดการทดลอง 4 อาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมน้ำหญ้าแห้วหมู ชุดการทดลอง 5 อาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมน้ำต้นน้ำนมราชสีห์ ชุดการทดลอง 6 อาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมน้ำต้นหญ้าใต้ใบ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 70 วัน ผลการทดลอง พบว่า การเสริมน้ำพืชสมุนไพรในอาหาร ทุกชุดการทดลอง มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

สถาพร และคณะ (2564) ทดสอบฤทธิ์การทำลายเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดตัวแดงดวงขาว (SEMBV) ของสารสกัดจากสมุนไพรไทย 8 ชนิด คือ พยาญอ (*Clinacanthus nutans*) ฝรั่ง (*Psidium guajiava*) ก้างปลาเครือ (*Phyllanthus reticulatus*) มะยม (*Phyllanthus debedus*) ธรณีสาร (*Phyllanthus pulcher*) ลูกใต้ใบ 2 ชนิด ได้แก่ *Phyllanthus amarus, Phyllanthus debilis* และหญ้าใต้ใบ (*Phyllanthus urinaria*) โดยผสมสารสกัดสมุนไพรในอัตรา 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรกับไวรัส SEMBV ที่เจือจาง 1:1,000,000 เท่า จากนั้นนำไปฉีดเข้ากล้ามเนื้อกุ้งกุลาดำแล้วเลี้ยงต่อไปเป็นเวลา 14 วัน พบว่า สมุนไพรทุกชนิด ที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ให้ผลในการยับยั้งเชื้อไวรัส SEMBV สมุนไพรที่ออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อไวรัส SEMBV ได้ดีที่สุด คือ หญ้าใต้ใบ (*Phyllanthus urinaria*) โดยทำให้กุ้งที่ใช้ทดสอบมีอัตราการรอดตาย ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อัตราการรอดตายของกุ้งที่ฉีดด้วยสมุนไพรชนิดอื่นอยู่ที่ระหว่าง 58 ถึง 85 เปอร์เซ็นต์

อนรรฆ (2541) การทดสอบฤทธิ์ของสมุนไพรต่อการต้านเชื้อไวรัส และแบคทีเรีย ในกุ้งขาวแวนนาไม *(Penaeus vannamei)* ด้วยการศึกษาศักยภาพของสารสกัดสมุนไพรไทย 3 ชนิด คือ ฝรั่ง (*Phidium guajava*) ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculate*) และขมิ้นชัน (*Curcuma domestica*) ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรคในกุ้ง โดยสกัดสมุนไพรด้วยเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ทำให้แห้ง และละลายน้ำ จากนั้นนำสารสกัดสมุนไพรทั้งหมด และส่วนใสของสารสกัด สมุนไพรมาทดสอบการต้านเชื้อด้วยวิธี Paper disc diffusion พบว่า สารสกัดจากใบฝรั่งสามารถยับยั้ง การเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้มากชนิดที่สุด และก่อให้เกิดบริเวณยับยั้งที่เห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะ *Vibrio harveyi* และ *Staphylococcus haemolyticus* รองลงมา คือ สารสกัดจากใบของฟ้าทะลายโจร โดยสารสกัดจากเหง้าของขมิ้นชัน เป็นเพียงชนิดเดียวที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *Erwinia carotovora*

และ *Enterobacter cloacae* โดยที่ทดสอบด้วยส่วนใสของสารสกัดสมุนไพรสามารถออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้ดีกว่าการทดสอบด้วยสารสกัดสมุนไพรทั้งหมด พบว่า สารสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Klebsiella pneumoniae, Aerococcus viridian* และ *Salmonella thyphimurium* การทดสอบฤทธิ์ในการทำลายเชื้อไวรัส TSV ที่ทำให้เกิดโรค Taura syndrome virus ในกุ้งขาวของสารสกัดจากสมุนไพร 3 ชนิด คือ ลูกใต้ใบ (*Phyllanthus amarus*) มะระขี้นก (*Garcinia speciosa* Wall.) และพญายอ (*Climacanthus nutans*) โดยผสมสารสกัดสมุนไพรให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 500 พีพีเอ็ม นำไปผสมกับไวรัส TSV ในอัตราส่วน 1:20 เท่า จากนั้นนำไปฉีดเข้ากล้ามเนื้อกุ้งขาวแวนนาไม แล้วเลี้ยงต่อไปเป็นเวลา 14 วัน พบว่า สารสกัดจากใบของพญายอออกฤทธิ์ยับยั้งไวรัส TSV ได้ดีกว่าสารสกัดจากใบของลูกใต้ใบ โดยมีอัตราการรอดตาย 73.33 เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์

อุทร และวรวุฒิ (2562) ศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากลูกใต้ใบ (*Phyllanthus urinaria* Linn.) ต่อการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหาร และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ต้นลูกใต้ใบชนิด *Phyllanthus urinaria* Linn. เป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีสรรพคุณทางเภสัชอย่างหลากหลาย ได้ถูกนำมาผสมกับอาหารกุ้ง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพที่มีต่อการเจริญเติบโตการใช้ประโยชน์จากอาหาร และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) โดยเริ่มการทดลองด้วยการให้กุ้งกินอาหารที่มีสารสกัดหยาบจากลูกใต้ใบในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0, 1, 10, 100, 1,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม เป็นระยะเวลา 56 วัน จากนั้นพิจารณาผลของปัจจัยชี้วัดที่สนใจ ซึ่งหลังจากสิ้นสุดการทดลอง พบว่า กุ้งที่กินอาหารที่ผสมสารสกัดหยาบจากลูกใต้ใบที่ความเข้มข้น 10,000 พีพีเอ็ม แสดงค่าของปัจจัยชี้วัดทางด้านการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารมากกว่ากุ้งที่กินอาหารทดลองอื่นๆ เล็กน้อย แต่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เฉพาะกับชุดควบคุมเท่านั้น ในส่วนของอัตราการรอดตายของกุ้งที่กินอาหารในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

นงลักษณ์ (2558) ศึกษาผลของสารสกัดหยาบลูกใต้ใบ (*Phyllanthus amarus*) ต่ออัตราการเจริญเติบโต ระบบภูมิคุ้มกันโรค และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อตับ และไตในปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เปรียบเทียบระหว่างปลานิลที่ได้รับอาหารเม็ดเคลือบสารสกัดหยาบลูกใต้ใบ ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 1, 5 และ 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร โดยเลี้ยงในกระชังน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 60 ถึง 66 กรัม เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ให้อาหาร วันละ 2 มื้อ เช้า และเย็น พบว่า ปลานิลในทุกชุดการทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และพบว่า ปลาในทุกชุดการทดลองมีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดควบคุม

อดิเทพชัยย์การณ์ (2555) ศึกษาศักยภาพของสมุนไพรไทย และสารสกัดสมุนไพรในการใช้แทนยาปฏิชีวนะ เพื่อควบคุมการติดเชื้อ *Streptococcus agalactiae* และ *Aeromonas hydrophila* ในปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linn.) เพื่อทดสอบความสามารถของสมุนไพรในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคปลา 2 ชนิด คือ *Streptococcus agalactia* ได้นำสมุนไพรทั้งหมด 14 ชนิด ได้แก่ บอระเพ็ด บัวบก ฝรั่ง ฟ้าทะลายโจร กะเม็ง ขมิ้นชัน กระเทียม ลูกใต้ใบ มังคุด มะระขี้นก น้ำนมราชสีห์ พริกขี้หนู ส้มเขียวหวาน และทับทิม มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย 5 ชนิด คือ Hexene, Methanol 95 เปอร์เซ็นต์, Ethyl Acetate และน้ำกลั่น จากนั้นนำสารสกัดไปตรวจสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของ *S.agalactiae* จากผลการทดลอง พบว่า สารสกัดด้วย Methanol ของพริกขี้หนู (*Capsicum frutescens*) ให้ผลการยับยั้งการเจริญของ *S. agalactiae* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า MIC เท่ากับ 31.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อนำ *S. agalactiae* มาทดสอบความสามารถในการก่อโรคในปลานิลโดยการฉีดเชื้อเข้าทางช่องท้องของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) พบว่า ปริมาณเชื้อที่ทำให้ปลาตายเป็นจำนวนร้อยละ 50 (Median Lethal Dose, LD50) มีค่าเท่ากับ 2.4×10^5 CFU/ml เมื่อนำอาหารที่มีส่วนผสมของพริกขี้หนูบดละเอียดในอัตราส่วน 9:1 (w/w) อาหารที่มีส่วนผสมของสารสกัดด้วย Methanol ของพริกขี้หนูในอัตราส่วน 19:1

กันต์ และคณะ (2557) ทำการศึกษาผลของสารสกัดสมุนไพร 5 ชนิดในการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* จากการสกัดสารจากสมุนไพรทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ เปลือกส้มโอ เปลือกสับปะรด มะระขี้นก เปลือกทับทิม และใบฝรั่ง โดยการนำสมุนไพรมาสกัดด้วยตัวทำละลาย Methanol 95 เปอร์เซ็นต์ และทดสอบด้วยวิธี Disc diffusion โดยการนำสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายมาใส่แผ่น Paper disc แล้วนำไปวางในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการ Swab เชื้อ *V. parahaemolyticus* เมื่อวัดจากวง Clear zone พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้มีค่าเท่ากับ 17.1±3.00, 15.1±2.30, 11.1±1.10, 7.10±1.10 และ 6.50±0.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งสารสกัดที่ได้จากเปลือกส้มโอพบการเกิดวง Clear zone ได้ดีที่สุด มีขนาด 17.1±3.00 มิลลิเมตร แสดงว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้ดีที่สุด จากการทดลองสารสกัดที่ได้จากใบฝรั่งมีการเกิดวง Clear zone ที่น้อยที่สุดที่ขนาด 6.50±0.00 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าสารสกัดเปลือกส้มโอมีฤทธิ์ และประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* เหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาใช้ในการป้องกันโรคติดเชื้อแบคทีเรียในกุ้งขาวได้

วิธีการดำเนินการ

การศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบด้วยวิธีการเคลือบเม็ดอาหารต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) มีวัสดุอุปกรณ์ การวางแผนการทดลอง และวิธีการทดลอง ดังนี้

วัสดุและอุปกรณ์

1) อุปกรณ์การทดลอง	
- กุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสต์ลาวาร์ (PL12)	จำนวน 28,800 ตัว
- ถังไฟเบอร์กลม ขนาด 200 ลิตร	จำนวน 12 ถัง
- สวิง	จำนวน 3 อัน
- สายออกซิเจน	จำนวน 2 ม้วน
- หัวทราย	จำนวน 48 หัว
- เครื่องปั๊มลม	จำนวน 2 เครื่อง
- ปั๊มสูบน้ำ	จำนวน 1 เครื่อง
- กะละมัง	จำนวน 5 ใบ
- แก้วตักลูกกุ้ง	จำนวน 1 ใบ
2) อุปกรณ์ทำความสะอาด	
- น้ำยาทำความสะอาด	จำนวน 1 ขวด
- โพวิโดนไอโอดีน	จำนวน 1 ขวด
3) อุปกรณ์เตรียมน้ำทดลอง	
- เกลือแกง (เม็ดใหญ่)	จำนวน 10 กิโลกรัม
- โซเดียมไบคาร์บอเนต	จำนวน 2 กิโลกรัม
- คลอรีนชนิดผง	จำนวน 1 กิโลกรัม
4) อุปกรณ์ทำน้ำหมักชีวภาพ	
- เปลือกสับปะรด	จำนวน 3 กรัม
- จุลินทรีย์ EM	จำนวน 15 มิลลิลิตร
- กากน้ำตาล	จำนวน 10 มิลลิลิตร
- น้ำสะอาด	จำนวน 1 ลิตร

- ถังสำหรับทำน้ำหมักชีวภาพ	จำนวน 1 ถัง
5) อุปกรณ์สกัดสารลูกใต้ใบ	
- สมุนไพรลูกใต้ใบ	จำนวน 30 กรัม
- เครื่องบดอาหารแห้ง	จำนวน 1 เครื่อง
- เอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์	จำนวน 100 มิลลิลิตร
- ผ้าขาวบาง	จำนวน 1 ผืน
- กระดาษกรองเบอร์ 1	จำนวน 1 กล่อง
- เครื่อง Rotary vacuum	จำนวน 1 เครื่อง
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)	จำนวน 1 ขวด
- แผ่นอะลูมิเนียมปิดปากขวด	จำนวน 1 แผ่น
- ขวดสีชา	จำนวน 1 ขวด
6) อุปกรณ์ย้อมสีแกรม	
- แผ่นกระจกสไลด์	จำนวน 1 แผ่น
- Crystal violet	จำนวน 1 ขวด
- สารละลายไอโอดีน	จำนวน 1 ขวด
- เอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์	จำนวน 1 ขวด
- Safranin	จำนวน 1 ขวด
- กล้องจุลทรรศน์	จำนวน 1 เครื่อง
7) อุปกรณ์สำหรับเตรียมอาหารทดลอง	
- อาหารสำเร็จรูป เบอร์ 1 และ 2	จำนวน 20 กิโลกรัม
- ขวดสเปรย์	จำนวน 1 ขวด
- ถาดสำหรับเตรียมอาหาร	จำนวน 1 ถาด
- ถุงซิปล็อคสำหรับเก็บอาหาร	จำนวน 1 แพ็ค
8) อุปกรณ์เก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโต	
- เครื่องชั่งน้ำหนัก	จำนวน 1 เครื่อง
- ไม้บรรทัดวัดความยาว	จำนวน 1 อัน
9) อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพน้ำ	
- ชุดทดสอบความเป็นกรดด่าง	จำนวน 1 ชุด
- ชุดทดสอบความเป็นด่าง	จำนวน 1 ชุด
- เครื่องวัดความเค็ม Refractometer	จำนวน 1 เครื่อง
- เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว	จำนวน 1 แท่ง

- ชุดทดสอบปริมาณออซิเจนที่ละลายในน้ำ จำนวน 1 ชุด
- ชุดทดสอบแอมโมเนีย จำนวน 1 ชุด
- ชุดทดสอบไนไตรท์ จำนวน 1 ชุด

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบ ที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomoize Design: CRD) แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลอง มี 3 ซ้ำ ทำการทดลองในถังไฟเบอร์ขนาด 200 ลิตร เป็นระยะเวลา 30 วัน แบ่งชุดการทดลองได้ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารสำเร็จรูป (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารสำเร็จรูปผสมน้ำหมักชีวภาพ 5 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารสำเร็จรูปผสมน้ำหมักชีวภาพ 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารสำเร็จรูปผสมน้ำหมักชีวภาพ 15 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมสถานที่และอุปกรณ์ทดลอง

ทำความสะอาดบ่อปูนซีเมนต์ (บ่อพักน้ำ) ขนาด 3 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 3 บ่อ เตรียมถังไฟเบอร์ขนาด 200 ลิตร จำนวน 12 ถัง ด้วยน้ำยาทำความสะอาดผสมโพวิโดนไอโอดีน อัตราส่วน 1:1:20 ใช้ล้างทำความสะอาด จากนั้นตากถังไฟเบอร์ให้แห้ง 1 วัน

2. ติดตั้งอุปกรณ์การให้อากาศ

เตรียมสายออกซิเจน หัวทราย ต่อเข้ากับปั๊มลมในบ่อปูนซีเมนต์ (บ่อพักน้ำ) ขนาด 3 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 บ่อ ถังไฟเบอร์ ขนาด 200 ลิตร จำนวน 12 ถัง

3. การเตรียมน้ำ

สูบน้ำที่ผ่านการตกตะกอนแล้วเข้าบ่อปูนซีเมนต์ (บ่อพักน้ำ) ขนาด 3 ลูกบาศก์เมตร ฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน ให้อากาศตลอดเวลาทิ้งไว้ 4 ถึง 5 วัน เพื่อให้คลอรีนสลายตัว จากนั้นปรับคุณภาพน้ำด้วยการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) เพื่อปรับสภาพความเป็นด่าง และปรับความเค็มด้วยเกลือเม็ดให้ได้ความเค็ม 15 พีพีที น้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเข้าบ่อปูนซีเมนต์ (บ่อพักน้ำ) ขนาด 3 ลูกบาศก์เมตร พักน้ำทิ้งไว้ 1 วัน ใช้ปั๊มน้ำสูบน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเข้าถังไฟเบอร์ ขนาด 200 ลิตร จำนวน 12 ถัง สูบน้ำเข้าบ่อซีเมนต์ ขนาด 2 ลูกบาศก์เมตรจำนวน 1 บ่อ ไว้สำหรับพักลูกกุ้ง

4. การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสต์ลาวาร์ (PL12) มาปรับสภาพในบ่อซีเมนต์ ขนาด 2 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 1 บ่อ ที่เตรียมไว้ที่น้ำความเค็ม 15 พีพีที เพื่อให้กุ้งคุ้นชินกับสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นทำการชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และนับจำนวนก่อนปล่อยลงเลี้ยง จำนวน 2,400 ตัวต่อถัง (16 ตัวต่อลิตร) ก่อนเริ่มทำการทดลอง และทำการสุ่มจับฉลากเพื่อกำหนดชุดการทดลอง

5. การเตรียมน้ำหมักชีวภาพ

1) นำเปลือกสับปะรด จำนวน 3 กรัม มาสับละเอียดแล้วใส่ลงในขวดสำหรับทำน้ำหมักชีวภาพ
2) เติมจุลินทรีย์ EM จำนวน 15 มิลลิลิตร
3) เติมกากน้ำตาล จำนวน 10 มิลลิลิตร
4) เติมน้ำสะอาด จำนวน 1 ลิตร
5) ปิดฝาถัง และเขย่าให้ส่วนผสมเข้ากันดี แล้วทิ้งไว้ 15 วัน
6) ในแต่ละวันจำเป็นต้องมีการเขย่า และปล่อยแก๊สภายในถัง เพื่อลดแรงดันภายในถัง
7) เมื่อสังเกตเห็นว่ามีฟองสีขาวลอยอยู่เหนือผิวน้ำหมัก แสดงว่าเชื้อจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตแล้วจึงนำน้ำหมักไปย้อมสีแกรม เพื่อตรวจสอบจำนวนแบคทีเรียแกรมบวก และทำการหมักน้ำหมักชีวภาพใหม่ทุกๆ 15 วัน ให้ได้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ และมีประสิทธิภาพ เพื่อนำมาใช้ในการทดลอง ในระหว่างทำการหมักน้ำหมักชีวภาพ ควรเก็บไว้ในที่มืด ไม่ควรโดนแสงแดด เพราะจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตดีในที่มืด

5.8 ขั้นตอนการย้อมสีแกรม

- Smear เชื้อที่ต้องการย้อมลงบนสไลด์ที่สะอาด ทิ้งให้แห้ง จากนั้นตรึงตัวเซลล์ด้วยการผ่านเปลวไฟ (ระวังเซลล์จะแตกตายก่อนด้วย) การตรึงเซลล์จะช่วยให้เซลล์แห้งติดกับแผ่นกระจกสไลด์

- หยด Crystal violet บนเชื้อที่ Smear นานประมาณ 1 ถึง 2 นาที แล้วล้างออก

- หยดสารละลายไอโอดีนตามลงไปนานประมาณ 2 นาที แล้วเททิ้ง สารละลายไอโอดีนจะช่วยให้เซลล์ย้อมติดสีได้ดีขึ้น

- Decolorized เป็นการล้างสีด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 วินาที แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง

- หยดสี Safranin บนเชื้อนานประมาณ 15 ถึง 30 วินาที ล้างสีด้วยน้ำ แล้วจึงมองเซลล์ผ่านทางกล้องจุลทรรศน์

แกรมบวก (Gram Positive) แบคทีเรียที่ย้อมติดสีน้ำเงินม่วง และแกรมลบ (Gram Negative) แบคทีเรียที่ย้อมติดสีแดง

6. การสกัดสารลูกใต้ใบ

1) เก็บสมุนไพรต้นลูกใต้ใบมาล้างทำความสะอาด แล้วนำไปผึ่งแดดให้แห้ง เป็นเวลา 1 วัน จนกว่าจะแห้งสนิท จนน้ำหนักคงที่

2) บดสมุนไพรให้ละเอียดด้วยเครื่องบดอาหารแห้ง

3) นำสมุนไพรที่บดแล้วผสมตัวทำละลายในปริมาตรตามที่ได้วางแผนการทดลองไว้ในอัตราส่วนสมุนไพร 10 กรัมต่อสารละลายเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

ปิดปากขวดด้วยแผ่นอะลูมิเนียม เขย่าด้วยเครื่องเขย่าอัตโนมัติทิ้งไว้ 7 วัน

4) กรองเศษพืชออกด้วยผ้าขาวบาง และกระดาษกรอง ตามวิธีของนงลักษณ์ (2558)

6) นำไประเหยเอทานอลออกด้วยเครื่อง Rotary vacuum ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 50 rpm

7) เก็บสารสกัดที่ได้ไว้ในขวดสีชา และแช่ตู้แช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส ตามวิธีการของ Harikrishnan (2010 อ้างโดย จอมสุดา และเทพรัตน, 2564) จนกว่าจะนำไปใช้ผสมอาหารทดลอง (ไม่ควรให้สารสกัดโดนแสงเพราะสามารถทำให้ตัวยาเสื่อมสภาพได้)

7. การเตรียมอาหารทดลอง

1) เตรียมอาหารสำเร็จรูป ใช้อาหารกุ้งกุลาดำสำเร็จรูป เบอร์ 1 และ 2 ซึ่งมีโภชนาการที่ครบถ้วน มีขนาดที่เหมาะสม มีกลิ่นที่สามารถดึงดูดกุ้งให้เข้ามากินอาหารได้ โดยเตรียมอาหารสำเร็จรูปลงในถาด แล้วเกลี่ยอาหารสำเร็จรูปให้กระจายกันไม่ให้อาหารอยู่ติดกันเป็นกลุ่มก้อน เพื่อให้ทำสเปรย์น้ำหมักชีวภาพ และสารสกัดลูกใต้ใบได้ทั่วถึง

2) นำน้ำหมักชีวภาพที่มักแล้วมาผสมลงในอาหารสำเร็จรูป ใช้ในระดับที่แตกต่าง โดยนำมาสเปรย์บนอาหารสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ในระดับที่แตกต่างกัน ดังนี้ 0, 5, 10 และ 15 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แล้วนำไปผึ่งลมทิ้งไว้ประมาณ 6 ถึง 8 ชั่วโมง หรือจนกว่าอาหารจะแห้ง

3) หลังจากนั้นนำสารสกัดลูกใต้ใบที่ได้ มาสเปรย์บนอาหารสำเร็จรูปเบอร์ 1 และ 2 ที่เตรียมไว้ ในปริมาณความเข้มข้น 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แล้วนำไปผึ่งลมให้แห้งประมาณ 6 ถึง 8 ชั่วโมง หรือจนกว่าอาหารจะแห้ง

4) เครือบอาหารสำเร็จรูปด้วยสารเหนียว 10 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เพื่อป้องกันการละลายไปกับน้ำของสารสกัดที่ผสมบนอาหารสำเร็จรูป

5) เก็บอาหารที่เตรียมไว้ในถุงซิปล็อค ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะใช้งานจากนั้นจะทำการเตรียมอาหารใหม่ทุกๆ 7 วัน เพื่อให้อาหารมีประสิทธิภาพมากที่สุด ป้องกันการเกิดเชื้อราในอาหาร

8. การจัดการระหว่างเลี้ยง

1) การให้อาหาร

ให้อาหารทั้ง 4 ชุดการทดลอง ตามแผนการทดลองที่วางไว้ ในอัตราการให้อาหาร 1,000 กรัมต่อกุ้ง 100,000 ตัว (สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, 2556) โดยให้อาหาร 5 มื้อต่อวัน เวลาที่ให้ คือ 06.00, 10.00, 14.00, 18.00 และ 22.00 นาฬิกา (ปรับปริมาณอาหารตามการกินอาหารของกุ้ง) ทำการทดลอง เป็นระยะ 30 วัน บันทึกข้อมูลน้ำหนักอาหารที่ใช้ในแต่ละชุดการทดลองต่อวัน

2) การเปลี่ยนถ่ายน้ำ

ดูดตะกอนทุกวัน โดยจะดูดในช่วงก่อนอาหารมื้อแรก และเปลี่ยนถ่ายน้ำที่ใช้เลี้ยงทุก 2 วัน ครั้งละ 30 เปอร์เซ็นต์

3) การตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ระหว่างการทดลองมีการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำเบื้องต้นตลอดการทดลอง เป็นระยะเวลา 30 วัน ซึ่งจะตรวจวัดคุณภาพน้ำในช่วงเช้า เวลา 6.00 นาฬิกา ของทุกวัน ประกอบด้วย

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำ	การวิเคราะห์
ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	วิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบความเป็นกรด - ด่าง Test kit
ความเป็นด่าง (Alkalinity)	วิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบความเป็นด่าง Test kit
ปริมาณออซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)	วิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบปริมาณออซิเจนที่ละลายในน้ำ
ความเค็ม (Salanity)	วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดความเค็ม Refractometer
อุณหภูมิน้ำ (Temperature)	วิเคราะห์ด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว
แอมโมเนีย (NH_3)	วิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบแอมโมเนีย Test kit
ไนไตรท์ (NO_2)	วิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบไนไตรท์ Test kit

9. การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้องมูล

9.1 การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

โดยการชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และนับจำนวนกุ้ง เมื่อเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง สุ่มชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวในชุดการทดลองทุกๆ 15 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง รวบรวม และบันทึกข้อมูลน้ำหนัก ความยาว จำนวนกุ้งขาวแวนนาไม และปริมาณอาหารที่ใช้ เพื่อนำมาหาค่าการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

9.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม

การศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบด้วยวิธีการเคลือบเม็ดอาหารต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) ระยะโพสต์ลาวาร์ (PL12) เป็นการศึกษาเชิงทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 อาหารสำเร็จรูป (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่ 2 อาหารสำเร็จรูปผสมน้ำหมักชีวภาพ 5 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ชุดการทดลองที่ 3 อาหารสำเร็จรูปผสมน้ำหมักชีวภาพ 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และชุดการทดลองที่ 4 อาหารสำเร็จรูปผสมน้ำหมักชีวภาพ 15 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทำการศึกษาผลการทดลองเป็นระยะเวลา 30 วัน ผลการศึกษามีรายละเอียด ดังนี้

1.1 น้ำหนักและความยาว

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น และความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารเคลือบน้ำหมักชีวภาพ และสารสกัดลูกใต้ใบในระดับที่แตกต่างกัน

ชุดการทดลองที่	น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)
1. อาหารสำเร็จรูป (ชุดควบคุม)	3.19±0.02	3.58±0.03
2. ผสมน้ำหมักชีวภาพ 5 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	3.16±0.01	3.55±0.07
3. ผสมน้ำหมักชีวภาพ 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	3.16±0.01	3.40±0.26
4. ผสมน้ำหมักชีวภาพ 15 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	3.05±0.20	3.56±0.02
โดยชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 เคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม		
ผลการวิเคราะห์	0.414	0.423

จากตารางที่ 6 พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 3.19±0.02 กรัม รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับชุดการทดลองที่ 3 เท่ากับ 3.16±0.01 กรัม และชุดการทดลองที่ 4 มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 3.05±0.20 กรัม

ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 3.58±0.03 เซนติเมตร รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 4, 2 และ 3 เท่ากับ 3.56±0.02, 3.55±0.07 และ 3.40±0.26 เซนติเมตร ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.2 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน

ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารเคลือบน้ำหมักชีวภาพและสารสกัดลูกใต้ใบในระดับที่แตกต่างกัน

ชุดการทดลองที่	**อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (กรัมต่อวัน)**
1. อาหารสำเร็จรูป (ชุดควบคุม)	0.1066±0.0011
2. ผสมน้ำหมักชีวภาพ 5 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	0.1056±0.0005
3. ผสมน้ำหมักชีวภาพ 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	0.1053±0.0005
4. ผสมน้ำหมักชีวภาพ 15 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	0.1016±0.0066
โดยชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 เคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	
ผลการวิเคราะห์	0.358

จากตารางที่ 7 พบว่า อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของกุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) ค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันสูงที่สุด 0.1066±0.0011 กรัมต่อวัน รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.1056±0.0005, 0.1053±0.0005 และ 0.1016±0.0066 กรัมต่อวัน ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยอาหารเคลือบน้ำหมักชีวภาพและสารสกัดลูกใต้ใบในระดับที่แตกต่างกัน

ชุดการทดลองที่	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
1. อาหารสำเร็จรูป (ชุดควบคุม)	1.68±0.001[a]
2. ผสมน้ำหมักชีวภาพ 5 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	1.69±0.010[b]
3. ผสมน้ำหมักชีวภาพ 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	1.71±0.001[c]
4. ผสมน้ำหมักชีวภาพ 15 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	1.73±0.002[d]
โดยชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 เคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	
ผลการวิเคราะห์	0.000

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จากตารางที่ 8 พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) มีค่าต่ำที่สุด และดีที่สุด เท่ากับ 1.68±0.001 ชุดการทดลองที่ 4 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 1.73±0.002 รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 3 และ 2 เท่ากับ 1.71±0.001, 1.69±0.010 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

3. อัตราการรอดตาย

ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารเคลือบน้ำหมักชีวภาพและสารสกัดลูกใต้ใบในระดับที่แตกต่างกัน

ชุดการทดลองที่	อัตราการรอดตาย
1. อาหารสำเร็จรูป (ชุดควบคุม)	75.50±0.35
2. ผสมน้ำหมักชีวภาพ 5 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	75.42±0.43
3. ผสมน้ำหมักชีวภาพ 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	75.54±0.69
4. ผสมน้ำหมักชีวภาพ 15 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	75.30±0.53
โดยชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 เคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	
ผลการวิเคราะห์	0.947

จากตารางที่ 9 พบว่า อัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่ 3 ค่าสูงที่สุด เท่ากับ 75.54±0.69 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 4 เท่ากับ 75.50±0.35, 75.42±0.43 และ 75.30±0.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า อัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4. คุณภาพของน้ำ

ตารางที่ 10 แสดงคุณภาพน้ำ

ชุดการทดลอง	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด - ด่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าความเค็ม (พีพีที)	แอมโมเนีย (พีพีเอ็ม)	ไนไตรท์ (พีพีเอ็ม)
ชุดการทดลอง1	5.37±0.11	8.23±0.04	26.53±0.43	211.24±0.58	15.00±0.00	0.05±0.01	0.26±0.00
ชุดการทดลอง2	5.38±0.14	8.23±0.04	26.53±0.46	211.46±0.92	15.00±0.00	0.05±0.01	0.26±0.00
ชุดการทดลอง3	5.38±0.13	8.23±0.04	26.53±0.43	211.24±0.58	15.00±0.00	0.05±0.01	0.26±0.00
ชุดการทดลอง4	5.37±0.13	8.23±0.04	26.53±0.46	211.58±0.79	15.00±0.00	0.05±0.01	0.26±0.00

จากตาราง พบว่า ออกซิเจนที่ละลายในน้ำในชุดการทดลองที่ 2 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 5.38±0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 3, 4 และ 1 เท่ากับ 5.38±0.13, 5.37±0.13 และ 5.37±0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่าง ในทุกชุดการทดลองมีค่าเท่ากัน เท่ากับ 8.23±0.04 อุณหภูมิในชุดการทดลองที่ 2 และ 4 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 26.53±0.46 องศาเซลเซียส รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 1 และ 3 เท่ากับ 26.53±0.43 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นด่างในชุดการทดลองที่ 4 มีค่าสูงสุด เท่ากับ 211.58±0.79 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 211.46±0.92 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดการทดลองที่ 1 และ 3 เท่ากับ 211.24±0.58 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเค็มในทุกชุดการทดลอง เท่ากับ 15.00±0.00 พีพีที แอมโมเนียในทุกชุดการทดลอง เท่ากับ 0.05±0.01 พีพีเอ็ม ไนไตรท์ในทุกชุดการทดลอง เท่ากับ 0.26±0.00 พีพีเอ็ม

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาการใช้น้ำหมักชีวภาพในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบด้วยวิธีการเคลือบเม็ดอาหารต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) โดยใช้กุ้งระยะโพสต์ลาวาร์ (PL12) ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 30 วัน

พบว่า ด้านการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม คือ น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับสมิง และคณะ (2562) ที่ศึกษาผลของจุลินทรีย์อีเอ็มต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) ที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม พบว่า มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย และความยาวเฉลี่ยสุดท้ายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับรัตนสุดา (2554) ที่ศึกษาการใช้อีเอ็มเป็นโปรไบโอติกส์ในการเลี้ยงปลาโมงทำการทดลองโดยใช้อีเอ็ม (Effective microorganism; EM) ผสมในอาหารด้วยวิธี และระดับที่แตกต่างกัน พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และอัตราการรอดตายของปลาโมงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับนงลักษณ์ (2558) ที่ศึกษาผลของสารสกัดหยาบลูกใต้ใบ (*Phyllanthus amarus*) ต่ออัตราการเจริญเติบโต พบว่า ปลานิลในทุกชุดการทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และยังสอดคล้องกับสายชล และคณะ (2557) ที่ศึกษาผลการใช้น้ำพืชสมุนไพรเสริมอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมน้ำต้นลูกใต้ใบ ผลการทดลอง พบว่า การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ขัดแย้งกันกับอุทร และวรวุฒิ (2562) ที่ศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากลูกใต้ใบ (*Phyllanthus urinaria*) ต่อการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหาร และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า การเจริญเติบโตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

และจากการทดลองในครั้งนี้ อัตราการรอดตายในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องรัตนสุดา (2554) ที่ศึกษาการใช้อีเอ็มเป็นโปรไบโอติกส์ในการเลี้ยงปลาโมง ทำการทดลองโดยใช้อีเอ็ม (Effective Microorganism; EM) ผสมในอาหารที่ระดับที่แตกต่างกัน พบว่า อัตราการรอดตายของปลาโมงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และสอดคล้องกับนงลักษณ์ (2558) ที่ศึกษาผลของสารสกัดหยาบลูกใต้ใบ (*Phyllanthus amarus*) ต่ออัตราการเจริญเติบโต พบว่า ปลาในทุกชุดการทดลองมีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดควบคุม แต่ขัดแย้งกันกับณฐพร และธนากร (2562) ที่ศึกษาระดับน้ำหมักจากมะขามป้อม (*Phyllamthus emblicalinn*) ที่เหมาะสมในสูตรอาหาร ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) โดยใช้ความเข้มข้นต่างกันเป็นส่วนผสมในสูตรอาหาร 4 ระดับ คือ 0 (ชุดควบคุม),

2.0, 2.5 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า อัตราการรอดตาย มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักมะขามป้อม 0, 2.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของชุดควบคุมที่ไม่ผสมน้ำหมักชีวภาพ และไม่เคลือบสารสกัดลูกใต้ใบมีค่าต่ำที่สุด และมีความแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นที่ผสมน้ำหมักชีวภาพ และเคลือบสารสกัดลูกใต้ใบอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ขัดแย้งกันกับรัตนสุดา (2554) ที่ศึกษาการใช้อีเอ็มเป็นโปรไบโอติกส์ในการเลี้ยงปลาโมง ทำการทดลองโดยใช้อีเอ็ม (Effective microorganism; EM) ผสมในอาหารด้วยวิธี และระดับที่แตกต่างกัน พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาโมงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ขัดแย้งกันกับณฐพร และธนากร (2562) ที่ศึกษาระดับน้ำหมักจากมะขามป้อม (*Phyllamthus emblicalinn*) ที่เหมาะสมในสูตรอาหาร โดยใช้ความเข้มข้นต่างกันเป็นส่วนผสมในสูตรอาหาร 4 ระดับ คือ 0 (ชุดควบคุม), 2.0, 2.5 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ขัดแย้งกันกับสายชล และคณะ (2557) ที่ศึกษาผลการใช้น้ำพืชสมุนไพรเสริมอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม การทดลองประกอบด้วย ชุดการทดลอง 1 อาหารเม็ดสำเร็จรูปไม่เสริมน้ำพืชสมุนไพรหรือกลุ่มควบคุม ชุดการทดลอง 2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมน้ำต้นครอบจักรวาล ชุดการทดลอง 3 อาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมน้ำสาหร่ายคีโตมอร์ฟา ชุดการทดลอง 4 อาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมน้ำหญ้าแห้วหมู ชุดการทดลอง 5 อาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมน้ำต้นน้ำนมราชสีห์ ชุดการทดลอง 6 อาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมน้ำต้นหญ้าใต้ใบ พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาการใช้น้ำหมักชีวภาพในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบ ด้วยวิธีการเคลือบเม็ดอาหารต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) โดยใช้กุ้งระยะโพสต์ลาวาร์ (PL12) ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ด้วยการผสมน้ำหมักชีวภาพ และเคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต คือ น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) ที่ไม่ผสมน้ำหมักชีวภาพ และไม่เคลือบสารสกัดลูกใต้ใบมีค่าสูงสุด เท่ากับ 3.19±0.02 กรัม 3.58±0.03 เซนติเมตร และ 0.1066±0.0011 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และอัตราการรอดตาย ในชุดการทดลองที่ 3 อาหารสำเร็จรูปผสมน้ำหมักชีวภาพ 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัมมีค่าสูงสุด เท่ากับ 75.54±0.69 เปอร์เซ็นต์ โดยทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 1.68±0.001 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สรุปว่า การศึกษาการใช้น้ำหมักชีวภาพในระดับที่แตกต่างกันร่วมกับสารสกัดลูกใต้ใบ ด้วยวิธีการเคลือบเม็ดอาหาร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย ของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) ระยะโพสต์ลาวาร์ (PL12)

แต่มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์ การนำอาหารสำเร็จรูปผสมน้ำหมักชีวภาพ 5 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัมเคลือบสารสกัดลูกใต้ใบ 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในชุดการทดลองที่ 2 มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ดังนั้น ในชุดการทดลองที่ 2 จึงมีศักยภาพที่จะนำมาปรับใช้ในการเสริมบนเม็ดอาหารกุ้ง หรืออาหารสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. การนำน้ำหมักชีวภาพมาใช้ในการเสริมอาหารให้กุ้งกินนั้นควรใช้จุลินทรีย์ที่ได้รับการคัดแยกสายพันธุ์มาแล้ว เพื่อให้การทำงานของจุลินทรีย์ที่มีส่วนช่วยในระบบการย่อยในระบบทางเดินอาหาร และต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการผลิตเอนไซม์ ในการย่อยสลายโปรตีนก่อนนำมาใช้ด้วยเสมอ

2. การเลือกใช้พืชในการเสริมบนอาหารเม็ดสำเร็จรูปจะต้องมีคุณค่าทางด้านโภชนาการสูง เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน และมีการเสริมวิตามิน แร่ธาตุ

3. การเลือกพืชที่นำมาเสริมบนอาหารเม็ดสำเร็จรูปควรหลากหลาย เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายที่ดีที่สุด

4. การเลือกใช้สารที่ใช้เคลือบบนเม็ดอาหารที่มีประสิทธิภาพ และมีความคงทนเมื่ออยู่ในน้ำสูง

เอกสารอ้างอิง

กมลศิริ พันธนียะ. 2564. กุ้งขาวลิโทพีเนียส แวนนาไม. สืบค้นจาก https://www.shrimpcenter.com /tshrimp051.html?fbclid=IwAR3FRskoDomNQgeWdKqcTbvW4sjsGo2oN4Ard7nQASnOHgGyWEhtn_64Rg. (1 สิงหาคม 2564).

กรมประมง. 2561. สถานการณ์สินค้ากุ้งทะเลและผลิตภัณฑ์ปี 2561 และแนวโน้มปี 2562. สืบค้นจาก https://www.fisheries.go.th/strategy/UserFiles/.files/21-2-62.pdf. [3 สิงหาคม 2564]

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ. 2564. “กุ้งขาวสิชล 1”. สืบค้นจาก https://www.fisheries.go.th /local/index.php/main/view_activities/113/98461. (16 สิงหาคม 2564).

กากน้ำตาล ประโยชน์ และวิธีทำกากน้ำตาล (ออนไลน์). 2560. สืบค้นจาก : https://puechkaset.com /%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%95%E0%B8%B2%E0%B8%A5/. (22 สิงหาคม 2564).

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ). 2559. จุลินทรีย์มีประสิทธิภาพ (EM). สืบค้นจาก http://www.chivavithee.egat.co.th/?page_id=2188. (20 สิงหาคม 2564).

เกษตรทำกิน. 2561. “สับปะรด”ผลไม้บ้านมากด้วยคุณประโยชน์. สืบค้นจาก https://kasettumkin.com/plant/article_16684. (22 สิงหาคม 2564)

แก้วตา ลิ้มเฮง เสาวภา เขียนงาม พัชรินทร์ สายพัฒนะ ธีรวุฒ ชูลิธรรม และ อรุณ โพธิ์ขวาง. 2563. ผลของการให้อาหารสำเร็จรูปที่ผสมน้ำหมักกล้วยต่อการเจริญเติบโตและปริมาณกลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก และแบคทีเรียกลุ่มวิบริโอในการเลี้ยงก้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*). สืบค้นจาก https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=73_Fis27.pdf&id=4107&keeptrack=4&fbclid=IwAR07SVkaZEoOl4PBMlouRxcsromGyAX0eT0WJh2GLRrqFG1NZIu3qvtyE0I. (21 สิงหาคม 2564).

กันต์ สอนสง ณัฐนิช ไตรภพ และพุฒิพงศ์ คงสัตย์. 2557. ผลของสารสกัดสมุนไพรในการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus*. สืบค้นจาก http://www.sure.su.ac.th/xmlui/bitstream/handle/123456789/14473/BA_Kan_Sornsong.pdf?sequence=&isAllowed=y&fbclid=IwARBey28NarkVeJPacmtGQ8ivzTStgMKt0EaVpZAP7XadHZb3FA9cOdw. (16 สิงหาคม 2564).

คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล. 2564. สมุนไพร. สืบค้นจาก https://med.mahidol.ac.th/poisoncenter/th/pois-cov/Herbal . (5 สิงหาคม 2564).

คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเล (ออนไลน์). 2557. สืบค้นจาก : https://www.promotionsci.com/%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%B5%E0%B9%89%E0%B8%A2%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B8%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%97%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A5/. (26 สิงหาคม 2564).

คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้ง (ออนไลน์). 2563. สืบค้นจาก : https://hydroneo.net/th/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%B5%E0%B9%89%E0%B8%A2%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B8%E0%B9%89%E0%B8%87/. (25 สิงหาคม 2564).

จิตติมา หมั่นกิจ และจิตรา อาจิณกิจ. 2555. ผลของ effective microorganisms (EM) ต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของไรน้ำนางฟ้าไทย. สืบค้นจาก https://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/2556/KC5004017.pdf?fbclid=IwAR2lDxtlrUicKf2qEl2rXR-Y-tDXN1B-ujeRZGNOW6Vp8T0XtK-F7hsC0e0. (21 สิงหาคม 2564).

จอมสุดา ดวงวงษา และเทพรัตน อึ้งเศรษฐพันธ. 2564. ผลของสารสกัดจากพืช มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) หอมแดง (Allium ascalonicum) และ ดอกแค (*Sesbania grandiflora*) ต่อการเจริญเติบโตและภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะของปลานิล (*Oreochromis niloticus*). สืบค้นจาก file:///C:/Users/ASUS%20VivoBook/Downloads/249331-%E0%B9%84%E0%B8%9F%E0%B8%A5%E0%B9%8C%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1-870397-1-10-20210311.pdf. (28 สิงหาคม 2564)

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2564. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เพื่อการบริโภคและการส่งออก. สืบค้นจาก http://www3.rdi.ku.ac.th/exhibition/Techno_ku60/res-68/index68.html. (17 สิงหาคม2564).

ชาญวิทย์ สุวรรณ์ และ ชนกันต์ จิตมนัส. 2563. การใช้จุลินทรีย์จีไบโอติก เสริมอาหารปลานิลเพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเสริมภูมิคุ้มกัน. สืบค้นจาก https://paj.rmu.ac.thjn/home/journal_file/287.pdf?fbclid=IwAR2lDxtlrUicKf2qEl2rXR-Y-tDXN1B-ujeRZGNOW6Vp8T0XtK-F7hsC0e0. (21 สิงหาคม 2564).

ชัยวุฒิ สุดทองคง. 2560. โรคขี้ขาวในกุ้งขาวแวนนาไม. สืบค้นจาก https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20170421131716_file.pdf. (20 สิงหาคม 2564).

ณฐพร สังขรเขต และธนากร เหมะสถล, 2562. การศึกษาระดับของน้ำหมักมะขามป้อมในสูตร

อาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม. สืบค้นจาก https://ebook.tsu.ac.th/store/book/research/proceeding25562/1109/#zoom=z. (1 สิงหาคม 2564).

ธัชนนท์ พ้นภัย. 2550. ผลของบีเทนต่อการเจริญเติบโต ความต้านทานโรค และสมดุลของเหลวในกุ้งขาว. สืบค้นจากhttps://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2322/8/289547_ch1.pdf. (15 สิงหาคม 2564).

นงลักษณ์ ยิ้มตระกูล,2558. ผลของสารสกัดต้นลูกใต้ใบต่อการเจริญเติบโต ระบบภูมิคุ้มกันโรค และลักษณะทางพยาธิสภาพของตับและไตในปลานิล (Oreochromis niloticus). สืบค้นจาก http://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/handle/123456789/743. (5 สิงหาคม 2564)

ประเทศไทย (กฟผ). 2559. จุลินทรีย์มีประสิทธิภาพ (EM). สืบค้นจาก http://www.chivavithee.egat.co.th/?page_id=2188. (17 สิงหาคม 2564).

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ และอินทิรา ลิจัทร์พร. 2555. บทบาทของแบคทีเรียกรดแลคติคต่อน้ำหมักชีวภาพ. สืบค้นจาก http://www.agr.rmutt.ac.th/wpcontent/uploads/2014/05/thesis/55/Lactobacillus%20plantarumM29.pdf. (20 สิงหาคม 2564).

พิณซอ กรมรัตนาพร. 2564. การทำน้ำหมักชีวภาพและสมุนไพร. สืบค้นจาก https://vet.kku.ac.th/farm/data3/1.pdf. (17 สิงหาคม 2564).

มงคล คงเสน อัจฉรา นิยมเดชา วาฟาอ์ หาญณรงค์ และพนม สุขจันทร์. 2556. การรวบรวมคุณสมบัติและประโยชน์ของต้นลูกใต้ใบ. สืบค้นจาก file:///C:/Users/admin/Downloads/53798-Article%20Text-124593-1-10-20160401%20(3).pdf. (17 สิงหาคม 2564).

รัตนสุดา ไชยเชษฐ์. 2554. การใช้อีเอ็มเป็นโปรไบโอติกในอาหารปลาโมง. สืบค้นจาก file:///C:/Users/admin/Downloads/83198-Article%20Text-201593-1-10-20170413.pdf. (21 สิงหาคม 2564).

ลูกใต้ใบ ประโยชน์ดีๆ สรรพคุณเด่นๆ และข้อมูลงานวิจัย (ออนไลน์). 2564. สืบค้นจาก : https://www.disthai.com/16895772/%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B8%81%E0%B9%83%E0%B8%95%E0%B9%89%E0%B9%83%E0%B8%9A (24 สิงหาคม 2564)

สถาพร ดิเรกบุษราคม เครือวัลย์ อ่อนทอง สมพร รุ่งกำเนิดวงศ์ และนิพนธ์ โชติการ, 2564. ฤทธิ์ของสารสกัดสมุนไพรบางชนิดต่อเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดโรคตัวแดงดวงขาวในกุ้งกุลาดำ. สืบค้นจาก https://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/KC3504016.pdf. (17 สิงหาคม 2564).

สมิง จำปาศรี จิราพร กุลคำ อัญชิสา เกิดศิริกลุ และมุกกวี ไพฑูรย์, 2562. ผลของจุลินทรีย์อีเอ็มต่อการเจริญเติบโตของก้งขาวแวนนาไม. สืบค้นจาก https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=121_Fis49.pdf&id=3593&keeptrack=2&fbclid=IwAR0KZ0I7WC2dr9ZOfy2wrZ3yY4d-71HavmeVgJU4f04NgJZKXPAygAMpcEU. (21 สิงหาคม 2564).

สับปะรด ประโยชน์ดีๆ สรรพคุณเด่นๆ และข้อมูลงานวิจัย (ออนไลน์). 2564. สืบค้นจาก : https://www.disthai.com/17049593/%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%9B%E0%B8%B0%E0%B8%A3%E0%B8%94. (25 สิงหาคม 2564).

สับปะรด สรรพคุณและประโยชน์ของสับปะรด 32 ข้อ (ออนไลน์). 2564. สืบค้นจาก : https://medthai.com/%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%9B%E0%B8%B0%E0%B8%A3%E0%B8%94/. (10 กันยายน 2564).

สายชล พลินจิตต์ ศิริลักษณ์ วงส์พิเชษฐ์ และธนิต ผิวนิ่ม. 2557. ผลการเสริมน้ำพืชสมุนไพรในอาหารต่อการรอดตายและเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม. สืบค้นจาก https://www.stou.ac.th/thai/gradstdy/masters. (1 สิงหาคม 2564).

สุรัตน์วดี จิวะจินดา ศรีพรรณ มุขสมบัติ ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล และสมพิศ ไม้เรียง. 2539. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและชีวเคมีของอีเอ็ม ตอนที่ 1: การศึกษาองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ในทางป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ธาตุอาหารและองค์ประกอบชนิดอื่น ๆ. สืบค้นจาก https://madlab.cpe.ku.ac.th/TR2/?itemID=969594. (19 สิงหาคม 2564).

สวนผักยิ้มหวาน. 2558. อีเอ็ม (EM) คืออะไร. สืบค้นจาก https://www.sator4u.com/paper/1804. (15 สิงหาคม 2564)

องค์การสวนพฤกษศาสร์. 2556. ขางอำไพ. สืบค้นจาก http://www.qsbg.org/database/botanic_book%20full%20option/search_detail.asp?botanic_id=2105. (23 สิงหาคม 2564).

อนรรฆ สว่างจิตร์. 2541. การทดสอบฤทธิ์ของสมุนไพรต่อการต้านเชื้อไวรัส และแบคทีเรียในกุ้งขาวแวนนาไม *Penaeus vannamei*. สืบค้นจาก https://www.scimath.org/project/item/5094-litopenaeus-vannamei?fbclid=IwAR3gK12_QNqBthYNiIJ2TVQD0CpMNYrT212RRrSBtlRW6lGS-AC9Fv_nGc. (23 สิงหาคม 2564).

อดิเทพชัยย์การณ์ ภาชนะวรรณ. 2555. ศักยภาพของสมุนไพรไทยและสารสกัดสมุนไพรในการใช้แทนยาปฏิชีวนะเพื่อควบคุมการติดเชื้อ Streptococcus agalactiae และAeromonas hydrophila ในปลานิล (Oreochromis niloticus Linn.). สืบค้นจาก http://www.esanpedia.oar.ubu.ac.th/eresearch/?q=node%2F731&fbclid=IwAR0ynXidXTkAJufO1sSbizZyaA0p8k0mfUecF2JDo63p1dJuGkh5z5yWho. (22 สิงหาคม 2564).

อุทร เจริญเดช และวรวุฒิ เกิดปราง. 2562. ผลของสารสกัดหยาบจากลูกใต้ใบ (*Phyllanthus urinaria* Linn) ต่อการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหาร และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม. สืบค้นจาก https://www.repository.rmutsv.ac.th/handle/123456789/1052. (22 สิงหาคม 2564).

Pacific white Shrimp (ออนไลน์). 2559. สืบค้นจาก : https://aquatic.goat.me/3PRgufyY. (24 สิงหาคม 2564).

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1. น้ำหนัก

ชุดการทดลอง	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น	น้ำหนักสุดท้าย	น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย	น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น
T1R1	122.21	0.051	5904.25	3.242	3.191
T1R2	125.73	0.052	5912.78	3.278	3.225
T1R3	117.38	0.049	5826.13	3.217	3.168
T2R1	123.41	0.051	5871.52	3.235	3.184
T2R2	125.79	0.052	5755.55	3.201	3.149
T2R3	115.32	0.048	5850.15	3.220	3.172
T3R1	121.22	0.051	5871.35	3.228	3.177
T3R2	124.93	0.052	5752.52	3.207	3.154
T3R3	119.28	0.050	5849.33	3.203	3.154
T4R1	120.75	0.050	5889.62	3.233	3.182
T4R2	124.71	0.052	5791.95	3.214	3.162
T4R3	119.28	0.050	5350.45	2.865	2.815

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean Lower Bound	95% Confidence Interval for Mean Upper Bound	Minimum	Maximum
น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น	1	3	.0507	.00153	.00088	.0469	.0545	.05	.05
	2	3	.0503	.00208	.00120	.0452	.0555	.05	.05
	3	3	.0510	.00100	.00058	.0485	.0535	.05	.05
	4	3	.0507	.00115	.00067	.0478	.0535	.05	.05
	Total	12	.0507	.00130	.00038	.0498	.0515	.05	.05
น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย	1	3	3.2457	.03066	.01770	3.1695	3.3218	3.22	3.28
	2	3	3.2187	.01704	.00984	3.1763	3.2610	3.20	3.24
	3	3	3.2127	.01343	.00775	3.1793	3.2460	3.20	3.23
	4	3	3.1040	.20720	.11963	2.5893	3.6187	2.86	3.23
	Total	12	3.1952	.10611	.03063	3.1278	3.2627	2.86	3.28
น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น	1	3	3.1947	.02868	.01656	3.1234	3.2659	3.17	3.22
	2	3	3.1683	.01779	.01027	3.1242	3.2125	3.15	3.18
	3	3	3.1617	.01328	.00767	3.1287	3.1947	3.15	3.18
	4	3	3.0530	.20636	.11914	2.5404	3.5656	2.82	3.18
	Total	12	3.1444	.10577	.03053	3.0772	3.2116	2.82	3.22

ANOVA

				Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น	Between Groups	(Combined)		.000	3	.000	.099	.958
		Linear Term	Contrast	.000	1	.000	.030	.868
			Deviation	.000	2	.000	.133	.877
	Within Groups			.000	8	.000		
	Total			.000	11			
น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย	Between Groups	(Combined)		.035	3	.012	1.057	.419
		Linear Term	Contrast	.028	1	.028	2.514	.152
			Deviation	.007	2	.004	.329	.729
	Within Groups			.089	8	.011		
	Total			.124	11			
น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น	Between Groups	(Combined)		.035	3	.012	1.071	.414
		Linear Term	Contrast	.028	1	.028	2.547	.149
			Deviation	.007	2	.004	.333	.726
	Within Groups			.088	8	.011		
	Total			.123	11			

Homogeneous Subsets

น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น

	treatment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	2	3	.0503
	1	3	.0507
	4	3	.0507
	3	3	.0510
	Sig.		.621

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย

	treatment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	4	3	3.1040
	3	3	3.2127
	2	3	3.2187
	1	3	3.2457
	Sig.		.160

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น

	treatment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	4	3	3.0530
	3	3	3.1617
	2	3	3.1683
	1	3	3.1947
	Sig.		.158

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

2. ความยาว

ชุดการทดลอง	ความยาวเริ่มต้น	ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น	ความยาวรวมสุดท้าย	ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย	ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น
T1R1	45.60	1.52	152.40	5.08	3.56
T1R2	45.00	1.50	152.10	5.07	3.57
T1R3	44.20	1.47	153.20	5.11	3.63
T2R1	46.00	1.53	150.20	5.01	3.47
T2R2	44.40	1.48	152.70	5.09	3.61
T2R3	45.20	1.51	152.40	5.08	3.57
T3R1	45.20	1.51	152.80	5.09	3.59
T3R2	60.40	2.01	153.40	5.11	3.10
T3R3	45.50	1.52	151.40	5.05	3.53
T4R1	44.70	1.49	150.80	5.03	3.54
T4R2	44.90	1.50	152.00	5.07	3.57
T4R3	45.00	1.50	152.60	5.09	3.59

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น	1	3	1.49767	.023587	.013618	1.43907	1.55626	1.473	1.520
	2	3	1.50667	.026502	.015301	1.44083	1.57250	1.480	1.533
	3	3	1.67900	.289296	.167025	.96035	2.39765	1.507	2.013
	4	3	1.49567	.005132	.002963	1.48292	1.50841	1.490	1.500
	Total	12	1.54475	.148401	.042840	1.45046	1.63904	1.473	2.013
ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย	1	3	5.08567	.019140	.011050	5.03812	5.13321	5.070	5.107
	2	3	5.05900	.045310	.026160	4.94644	5.17156	5.007	5.090
	3	3	5.08433	.033843	.019539	5.00026	5.16840	5.047	5.113
	4	3	5.06033	.030551	.017638	4.98444	5.13622	5.027	5.087
	Total	12	5.07233	.031517	.009098	5.05231	5.09236	5.007	5.113
ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น	1	3	3.58767	.039577	.022850	3.48935	3.68598	3.560	3.633
	2	3	3.55200	.070873	.040919	3.37594	3.72806	3.473	3.610
	3	3	3.40567	.268673	.155119	2.73825	4.07309	3.097	3.587
	4	3	3.56467	.025423	.014678	3.50151	3.62782	3.537	3.587
	Total	12	3.52750	.141478	.040841	3.43761	3.61739	3.097	3.633

ANOVA

				Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น	Between Groups	(Combined)		.072	3	.024	1.134	.392
		Linear Term	Contrast	.004	1	.004	.195	.670
			Deviation	.068	2	.034	1.604	.260
	Within Groups			.170	8	.021		
	Total			.242	11			
ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย	Between Groups	(Combined)		.002	3	.001	.572	.649
		Linear Term	Contrast	.000	1	.000	.342	.575
			Deviation	.002	2	.001	.687	.530
	Within Groups			.009	8	.001		
	Total			.011	11			
ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น	Between Groups	(Combined)		.061	3	.020	1.030	.430
		Linear Term	Contrast	.007	1	.007	.350	.570
			Deviation	.054	2	.027	1.369	.308
	Within Groups			.159	8	.020		
	Total			.220	11			

Homogeneous Subsets

ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น

	Treat ment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	4	3	1.49567
	1	3	1.49767
	2	3	1.50667
	3	3	1.67900
	Sig.		.185

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย

	Treat ment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	2	3	5.05900
	4	3	5.06033
	3	3	5.08433
	1	3	5.08567
	Sig.		.385

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น

	Treat ment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	3	3	3.40567
	2	3	3.55200
	4	3	3.56467
	1	3	3.58767
	Sig.		.175

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

3. อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตาย

ชุดการทดลอง	อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (กรัม)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	อัตราการรอดตาย (%)
T1R1	0.106	1.65	75.88
T1R2	0.108	1.65	75.17
T1R3	0.106	1.65	75.46
T2R1	0.106	1.65	75.63
T2R2	0.105	1.67	74.92
T2R3	0.106	1.67	75.71
T3R1	0.106	1.68	75.79
T3R2	0.105	1.68	74.75
T3R3	0.105	1.68	76.08
T4R1	0.106	1.70	75.92
T4R2	0.105	1.70	75.08
T4R3	0.094	1.70	74.92

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean Lower Bound	95% Confidence Interval for Mean Upper Bound	Minimum	Maximum
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน	1	3	.10667	.001155	.000667	.10380	.10954	.106	.108
	2	3	.10567	.000577	.000333	.10423	.10710	.105	.106
	3	3	.10533	.000577	.000333	.10390	.10677	.105	.106
	4	3	.10167	.006658	.003844	.08513	.11821	.094	.106
	Total	12	.10483	.003512	.001014	.10260	.10706	.094	.108
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	1	3	1.6500	.00000	.00000	1.6500	1.6500	1.65	1.65
	2	3	1.6644	.00970	.00560	1.6403	1.6885	1.65	1.67
	3	3	1.6800	.00000	.00000	1.6800	1.6800	1.68	1.68
	4	3	1.6999	.00006	.00003	1.6998	1.7001	1.70	1.70
	Total	12	1.6736	.01981	.00572	1.6610	1.6862	1.65	1.70
อัตราการรอดตาย (%)	1	3	75.5033	.35698	.20610	74.6166	76.3901	75.17	75.88
	2	3	75.4200	.43486	.25106	74.3398	76.5002	74.92	75.71
	3	3	75.5400	.69936	.40377	73.8027	77.2773	74.75	76.08
	4	3	75.3067	.53715	.31013	73.9723	76.6410	74.92	75.92
	Total	12	75.4425	.45575	.13156	75.1529	75.7321	74.75	76.08

ANOVA

				Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน	Between Groups	(Combined)		.000	3	.000	1.237	.358
		Linear Term	Contrast	.000	1	.000	3.045	.119
			Deviation	.000	2	.000	.334	.726
	Within Groups			.000	8	.000		
	Total			.000	11			
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	Between Groups	(Combined)		.004	3	.001	58.501	.000
		Linear Term	Contrast	.004	1	.004	174.466	.000
			Deviation	.000	2	.000	.519	.614
	Within Groups			.000	8	.000		
	Total			.004	11			
อัตราการรอดตาย (%)	Between Groups	(Combined)		.096	3	.032	.118	.947
		Linear Term	Contrast	.033	1	.033	.121	.737
			Deviation	.063	2	.032	.116	.892
	Within Groups			2.188	8	.274		
	Total			2.285	11			

Homogeneous Subsets

อัตารการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน

	reat ment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	4	3	.10167
	3	3	.10533
	2	3	.10567
	1	3	.10667
	Sig.		.129

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

	reat ment	N	Subset for alpha = 0.05			
			1	2	3	4
Duncan[a]	1	3	1.6500			
	2	3		1.6644		
	3	3			1.6800	
	4	3				1.6999
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

อัตราการรอดตาย (%)

	reat ment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	4	3	75.3067
	2	3	75.4200
	1	3	75.5033
	3	3	75.5400
	Sig.		.620

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

คุณภาพของน้ำ

ชุดการทดลอง	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด - ด่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าความเค็ม (พีพีที)	แอมโมเนีย (พีพีเอ็ม)	ไนไตรท์ (พีพีเอ็ม)
T1R1	5.50	8.25	26.10	211.23	15	0.05	0.27
T1R2	5.28	8.26	26.53	211.83	15	0.04	0.27
T1R3	5.33	8.18	26.97	210.67	15	0.06	0.26
T2R1	5.55	8.25	26.07	211.17	15	0.05	0.27
T2R2	5.27	8.26	26.53	212.50	15	0.04	0.27
T2R3	5.33	8.18	27.00	210.73	15	0.06	0.26
T3R1	5.54	8.25	26.10	211.23	15	0.05	0.27
T3R2	5.28	8.26	26.53	211.83	15	0.04	0.27
T3R3	5.33	8.18	26.97	210.67	15	0.06	0.26
T4R1	5.53	8.25	26.07	211.17	15	0.05	0.27
T4R2	5.27	8.26	26.53	212.50	15	0.04	0.27
T4R3	5.33	8.18	27.00	211.07	15	0.06	0.26

ชุดการทดลอง	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด - ด่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าความเค็ม (พีพีที)	แอมโมเนีย (พีพีเอ็ม)	ไนไตรท์ (พีพีเอ็ม)
ชุดการทดลอง1	5.37±0.11	8.23±0.04	26.53±0.43	211.24±0.58	15.00±0.00	0.05±0.01	0.26±0.00
ชุดการทดลอง2	5.38±0.14	8.23±0.04	26.53±0.46	211.46±0.92	15.00±0.00	0.05±0.01	0.26±0.00
ชุดการทดลอง3	5.38±0.13	8.23±0.04	26.53±0.43	211.24±0.58	15.00±0.00	0.05±0.01	0.26±0.00
ชุดการทดลอง4	5.37±0.13	8.23±0.04	26.53±0.46	211.58±0.79	15.00±0.00	0.05±0.01	0.26±0.00
ผลการวิเคราะห์	0.999	1.000	1.000	0.922	-	1.000	1.000

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	1	3	5.37000	.115326	.066583	5.08352	5.65648	5.280	5.500
	2	3	5.38333	.147422	.085114	5.01712	5.74955	5.270	5.550
	3	3	5.38333	.137961	.079652	5.04062	5.72605	5.280	5.540
	4	3	5.37667	.136137	.078599	5.03848	5.71485	5.270	5.530
	Total	12	5.37833	.115036	.033208	5.30524	5.45142	5.270	5.550
ความเป็นกรด - ด่าง	1	3	8.2300	.04359	.02517	8.1217	8.3383	8.18	8.26
	2	3	8.2300	.04359	.02517	8.1217	8.3383	8.18	8.26
	3	3	8.2300	.04359	.02517	8.1217	8.3383	8.18	8.26
	4	3	8.2300	.04359	.02517	8.1217	8.3383	8.18	8.26
	Total	12	8.2300	.03717	.01073	8.2064	8.2536	8.18	8.26
อุณหภูมิ	1	3	26.5333	.43501	.25115	25.4527	27.6140	26.10	26.97
	2	3	26.5333	.46501	.26847	25.3782	27.6885	26.07	27.00
	3	3	26.5333	.43501	.25115	25.4527	27.6140	26.10	26.97
	4	3	26.5333	.46501	.26847	25.3782	27.6885	26.07	27.00
	Total	12	26.5333	.38398	.11085	26.2894	26.7773	26.07	27.00
ค่าความเป็นด่าง	1	3	2.1124E2	.58011	.33493	209.8022	212.6844	210.67	211.83
	2	3	2.1147E2	.92154	.53205	209.1774	213.7559	210.73	212.50
	3	3	2.1124E2	.58011	.33493	209.8022	212.6844	210.67	211.83
	4	3	2.1158E2	.79831	.46090	209.5969	213.5631	211.07	212.50
	Total	12	2.1138E2	.64482	.18614	210.9736	211.7930	210.67	212.50
ค่าความเค็ม	1	3	15.0000	.00000	.00000	15.0000	15.0000	15.00	15.00
	2	3	15.0000	.00000	.00000	15.0000	15.0000	15.00	15.00
	3	3	15.0000	.00000	.00000	15.0000	15.0000	15.00	15.00
	4	3	15.0000	.00000	.00000	15.0000	15.0000	15.00	15.00
	Total	12	15.0000	.00000	.00000	15.0000	15.0000	15.00	15.00
แอมโมเนีย	1	3	.0500	.01000	.00577	.0252	.0748	.04	.06
	2	3	.0500	.01000	.00577	.0252	.0748	.04	.06
	3	3	.0500	.01000	.00577	.0252	.0748	.04	.06
	4	3	.0500	.01000	.00577	.0252	.0748	.04	.06
	Total	12	.0500	.00853	.00246	.0446	.0554	.04	.06
ไนไตรท์	1	3	.2667	.00577	.00333	.2523	.2810	.26	.27
	2	3	.2667	.00577	.00333	.2523	.2810	.26	.27
	3	3	.2667	.00577	.00333	.2523	.2810	.26	.27
	4	3	.2667	.00577	.00333	.2523	.2810	.26	.27
	Total	12	.2667	.00492	.00142	.2635	.2698	.26	.27

ANOVA

				Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	Between Groups	(Combined)		.000	3	.000	.007	.999
		Linear Term	Contrast	.000	1	.000	.003	.956
			Deviation	.000	2	.000	.008	.992
	Within Groups			.145	8	.018		
	Total			.146	11			
ความเป็นกรด - ด่าง	Between Groups	(Combined)		.000	3	.000	.000	1.000
		Linear Term	Contrast	.000	1	.000	.000	1.000
			Deviation	.000	2	.000	.000	1.000
	Within Groups			.015	8	.002		
	Total			.015	11			
อุณหภูมิ	Between Groups	(Combined)		.000	3	.000	.000	1.000
		Linear Term	Contrast	.000	1	.000	.000	1.000
			Deviation	.000	2	.000	.000	1.000
	Within Groups			1.622	8	.203		
	Total			1.622	11			
ค่าความเป็นด่าง	Between Groups	(Combined)		.254	3	.085	.157	.922
		Linear Term	Contrast	.093	1	.093	.172	.689
			Deviation	.162	2	.081	.150	.863
	Within Groups			4.319	8	.540		
	Total			4.574	11			
ค่าความเค็ม	Between Groups	(Combined)		.000	3	.000	.	.
		Linear Term	Contrast	.000	1	.000	.	
			Deviation	.000	2	.000	.	
	Within Groups			.000	8	.000		
	Total			.000	11			
แอมโมเนีย	Between Groups	(Combined)		.000	3	.000	.000	1.000
		Linear Term	Contrast	.000	1	.000	.000	1.000
			Deviation	.000	2	.000	.000	1.000
	Within Groups			.001	8	.000		
	Total			.001	11			
ไนไตรท์	Between Groups	(Combined)		.000	3	.000	.000	1.000
		Linear Term	Contrast	.000	1	.000	.000	1.000
			Deviation	.000	2	.000	.000	1.000
	Within Groups			.000	8	.000		
	Total			.000	11			

Homogeneous Subsets

ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

	Treat ment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	1	3	5.37000
	4	3	5.37667
	2	3	5.38333
	3	3	5.38333
	Sig.		.912

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ความเป็นกรด - ด่าง

	Treat ment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	1	3	8.2300
	2	3	8.2300
	3	3	8.2300
	4	3	8.2300
	Sig.		1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

อุณหภูมิ

	Treat ment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	1	3	26.5333
	2	3	26.5333
	3	3	26.5333
	4	3	26.5333
	Sig.		1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ค่าความเป็นด่าง

	Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	1	3	211.2433
	3	3	211.2433
	2	3	211.4667
	4	3	211.5800
	Sig.		.610

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

แอมโมเนีย

	Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	1	3	.0500
	2	3	.0500
	3	3	.0500
	4	3	.0500
	Sig.		1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ไนไตรท์

	Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	1	3	.2667
	2	3	.2667
	3	3	.2667
	4	3	.2667
	Sig.		1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.