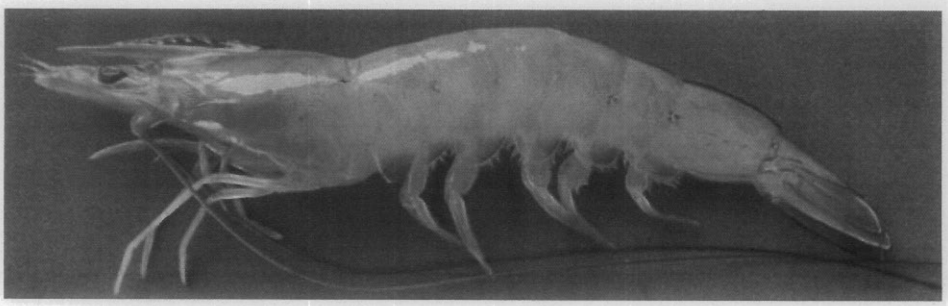
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำแนกได้เป็น 9 หัวข้อ ได้แก่

1. กุ้งขาวแวนนาไม
2. อาหารกุ้งขาวแวนนาไม
3. คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง
4. โรคในกุ้งที่เกิดจากแบคทีเรีย
5. โพรไบโอติก
6. ยีสต์
7. แบคทีเรียทางทะเล
8. แบคทีเรียวงศ์ Vibrionaceae
9. รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

1. กุ้งขาวแวนนาไม (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2545)

กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งทะเลในกลุ่มกุ้งขาวแปซิฟิก มีชื่อสามัญว่า Whiteleg shrimp หรือ White shrimp ชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Litopenaeusvannamei* จัดเป็นสายพันธุ์กุ้งในวงศ์เดียวกับกุ้งกุลาดำและมีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ ปัจจุบันกุ้งขาวแวนนาไมแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามถิ่นที่อยู่อาศัย คือ กุ้งขาวตะวันตก ได้แก่ กุ้งขาวลิโทพีเนียส แวนนาไม (*L. vannamei*) กุ้งสีน้ำเงิน (*Penaeus stylirostris*) และกุ้งขาวตะวันออก ได้แก่ กุ้งแชบ๊วย (*P. merguiensis*) กุ้งขาวจีน (*P. chinensis* หรือ *P. orientalis*)และกุ้งขาวอินเดีย (*P. indicus*)



ภาพที่ 1 ลักษณะของกุ้งขาวแวนนาไม (Wakida-Kusunoki, Angel, Alejandro, & Brahms, 2011)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.1 อนุกรมวิธานของกุ้งขาว (กมลศิริ พันธนียะ, 2555)

Phylum Arthropoda

Class Crustacea

Order Decapoda

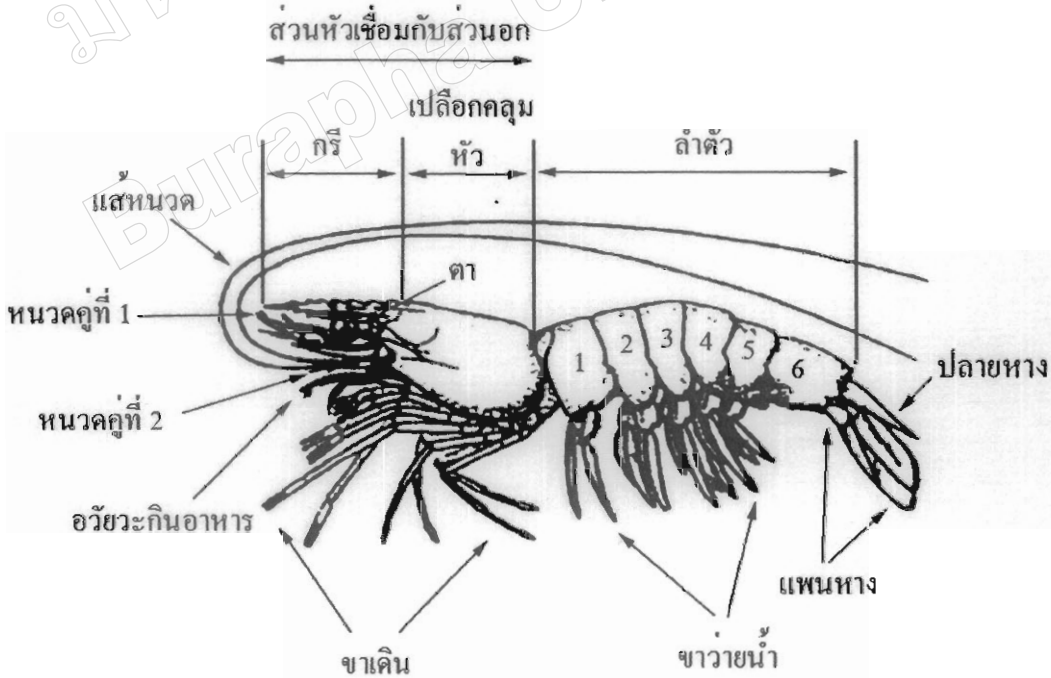
Family Penacidae

Genus *Penaeus Litopenaeus*

Species *Vannamei*

1.2 ลักษณะรูปร่างทั่วไปของกุ้งขาว (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2546ก)

กุ้งขาวลิโทพีเนียส แวนนาไมมีลักษณะลำตัวแบ่งออกเป็นปล้องจำนวน 6 ปล้อง ส่วนหัวมี 1 ปล้อง เปลือกตัวและเปลือกหัว มีสีขาวอมชมพูถึงแดง กรีมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมสีแดงอมน้ำตาล สันกรีสูง และปลายกรีแคบ ความยาวของกรีประมาณ 0.8 เท่าของความยาวเปลือกหัว กรีด้านบนมี 8 ฟัน กรีด้านล่างมี 2 ฟัน ขาเดินมีสีขาว มีหนวดสีแดง 2 เส้นยาว ตามีสีแดงเข้ม ขาว่ายน้ำมี 5 คู่ สีขาวที่ปลายมีสีแดง ส่วนหางมี 1 ปล้อง ปลายหางมีสีแดงเข้มแพนหางมี 4 ใบและ 1 กรีหาง ดังแสดงในภาพที่ 2 ขนาดตัวของกุ้งขาวแวนนาไมที่โตเต็มที่จะมีขนาดที่เล็กกว่ากุ้งกุลาดำ



ภาพที่ 2 ลักษณะกายวิภาคภายนอกของกุ้งขาวแวนนาไม (ธนพงศ์ แสงซื่อ และคณะ, 2547)

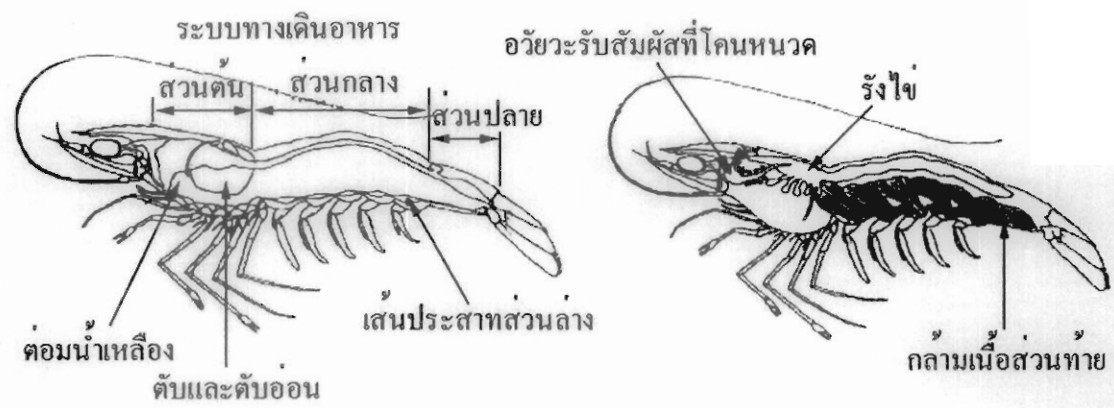
1.3 หน้าที่การทำงานของอวัยวะที่สำคัญของกุ้ง

โดยทั่วไปกุ้งขาวแวนนาไมจะคล้ายกับกุ้งกุลาดำซึ่งอยู่ในตระกูล Penaeidae เหมือนกัน โดยอวัยวะและหน้าที่การทำงานของแต่ละอวัยวะที่สำคัญดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 3

ตารางที่ 1 หน้าที่การทำงานของอวัยวะที่สำคัญของกุ้ง (ธนพงศ์ แสงซื่อ และคณะ, 2547)

อวัยวะ	หน้าที่การทำงาน
กล้ามเนื้อส่วนท้อง	ใช้ในการว่ายถอยหลังสำหรับหนีศัตรู
หนวดคู่ที่ 1	รับประสาทสัมผัสเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี
หนวดคู่ที่ 2	รับประสาทสัมผัสเกี่ยวกับการป้องกันภัยและศัตรู
อวัยวะรับสัมผัสที่โคนหนวด	ปรับสมดุลของแร่ธาตุในร่างกาย
เปลือก	เป็นโครงร่างค้ำจุนร่างกายและป้องกันอันตราย
ทางเดินอาหารส่วนต้น (ปาก, คอหอย, กระเพาะอาหาร)	กิน, บด เคี้ยวและกักเก็บอาหารชั่วคราว
เหงือก	หายใจ ขับถ่ายของเสีย ปรับสมดุลของแร่ธาตุในร่างกาย และดักจับเชื้อโรค
ตับและตับอ่อน	ย่อยอาหาร ดูดซึม และสะสมอาหาร
อวัยวะระบบน้ำเหลือง	ควบคุมการกำจัดสิ่งแปลกปลอมและดักจับเชื้อโรค
ลำไส้ส่วนกลาง	ดูดซึมสารอาหารและขับถ่าย
ขาเดินและขาว่ายน้ำ	เคลื่อนที่ และรับประสาทสัมผัสเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี
Mandibles, Mandibular palps, Gill balers	รับประสาทสัมผัส นำอาหารเข้าปาก และพัดโบกน้ำผ่านเหงือก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 3 ลักษณะกายวิภาคภายในของกุ้งขาวแวนนาไม (ธนพงศ์ แสงซื่อ และคณะ, 2547)

1.4 ขั้นตอนการพัฒนาของตัวอ่อน

การพัฒนาตัวอ่อนของกุ้งขาวแวนนาไมจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงของการลอกคราบ ปกติแล้วกุ้งจะฟักเป็นตัวบริเวณที่วางไข่ และลูกกุ้งจะย้ายเข้าสู่น้ำกร่อยบริเวณชายฝั่ง ลูกกุ้งจะเลี้ยงตัวเองอยู่บริเวณนี้จนโตถึงขั้นเป็นพ่อแม่พันธุ์จึงค่อยอพยพลงสู่ทะเลลึกเพื่อทำการผสมพันธุ์ เมื่อไข่ได้รับการปฏิสนธิแล้วประมาณ 12 - 14 ชั่วโมง จะฟักออกมาเป็นตัวอ่อนในระยะนอเพลียส จากนั้นจะมีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจนเหมือนตัวเต็มวัย (กมลศิริ พันธนียะ, 2555) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นระยะต่าง ๆ ดังภาพที่ 4

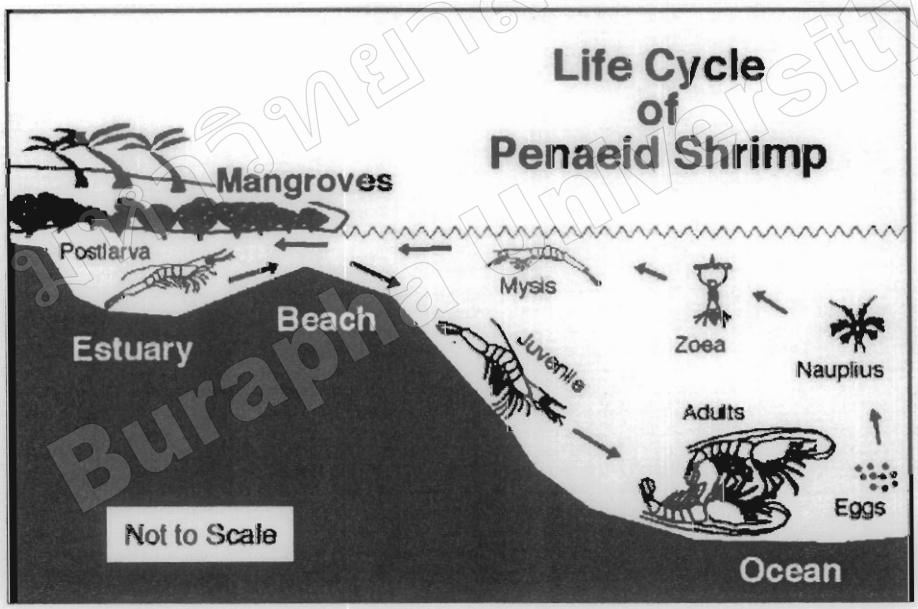
1.4.1 ระยะนอเพลียส (Nauplius stage) ตัวอ่อนที่ฟักออกมาจากไข่ จะมีขนาดเล็ก รูปร่างค่อนข้างกลมมีรยางค์ 3 คู่ คู่แรกอยู่ด้านหัวสุดซึ่งจะเจริญเป็นหนวดคู่สั้น (1st Antenna) รยางค์คู่ที่ 2 และคู่ที่ 3 จะเจริญเป็นหนวดคู่ยาว (2nd Antenna) และมีขากรรไกร (Mandible) ซึ่งอยู่ต่ำลงมาเป็นลำดับ ลูกกุ้งในระยะนี้จะไม่กินอาหารเนื่องจากได้อาหารจากถุงไข่แดง (Yolk sac) มีการลอกคราบ 6 ครั้ง ภายในเวลาประมาณ 45 - 50 ชั่วโมง จึงพัฒนาเข้าสู่ระยะซูเอีย (บุญรัตน์ ประทุมชาติ, อรสา สุริยาพันธุ์, กิตติยา อุปถัมภ์ และสว่างพงศ์ สมมาตร, 2550)

1.4.2 ระยะซูเอีย (Zoea stage) ตัวอ่อนในระยะนี้จะเริ่มมีช่องอก (Thoracic) ช่องท้อง (Abdomen) และตาเกิดขึ้น ลูกกุ้งจะมีขนาดใหญ่และยาวขึ้น ตัวอ่อนจะค่อย ๆ ลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำ และเริ่มหาอาหารเองเนื่องจากไข่แดงหมด อาหารของตัวอ่อนในระยะนี้ส่วนใหญ่เป็นแพลงก์ตอนพืชที่มีขนาด 50 - 100 ไมโครเมตร จะมีการลอกคราบ 3 ครั้ง แต่ละครั้งในการลอกคราบจะมีรูปร่างเปลี่ยนไปจากเดิม ใช้ระยะประมาณ 3 - 5 วัน จึงเข้าสู่ระยะไมซิส (ธนพงศ์ แสงซื่อ และคณะ, 2547)

1.4.3 ระยะไมซิส (Mysis stage) ลูกกุ้งในระยะนี้สามารถมองเห็นส่วนหัว ส่วนท้อง และกรีได้ชัดเจน ส่วนอกยังรวมอยู่กับส่วนหัว ส่วนท้องแบ่งออกเป็น 6 ปล้อง ปล้องที่ 1 ถึงปล้องที่

5 มีขนาดเท่ากัน ส่วนปล้องที่ 6 มีขนาดยาวกว่าปล้องอื่น ๆ และมีแพนหาง ขาเดินเริ่มมีข้อปล้อง มองเห็นได้ชัดเจน 3 คู่แรกจะมีลักษณะเป็นก้ามและพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ ขาว่ายน้ำเริ่มเกิด รยางค์คู่ที่ 6 มีการเจริญมากขึ้น หางจะแคบเข้าและมีขนข้างละ 7 เส้น ลูกกุ้งในระยะนี้จะลอกคราบ 3 ครั้ง ในเวลาประมาณ 3 - 5 วัน และพัฒนาเข้าสู่ระยะโพสลาวา (บุญรัตน์ ประทุมชาติ และคณะ, 2550)

1.4.4 ระยะโพสลาวา (Post-larva stage) ลูกกุ้งระยะนี้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับกุ้งวัยรุ่นมากขึ้น มีอวัยวะต่าง ๆ ครบทุกส่วน ลักษณะลำตัวของกุ้งระยะนี้จะสั้นป้อมและมีเส้นสีน้ำตาลพาดยาวจากบริเวณหนวดจนถึงหาง ขาเดินและขาว่ายน้ำมีการเจริญให้เห็นอย่างชัดเจน มีขากรรไกรชัดเจนและมีรยางค์ครบเหมือนกุ้งเต็มวัย มีการลอกคราบและพัฒนาการไปเรื่อย ๆ จนเข้าสู่กุ้งวัยรุ่น ในการนำไปเพาะเลี้ยงในบ่อดินจะมีการอนุบาลลูกกุ้งจนถึงระยะโพสลาวา 15 เป็นต้นไป (ปิยะบุตร วานิชพงศ์พันธุ์, 2545)



ภาพที่ 4 วงจรชีวิตของกุ้ง Penaeid (Rosenberry, 2005)

1.5 การเจริญเติบโตและการลอกคราบ (ประจวบ หลำอุบล, 2527)

การเจริญเติบโตของกุ้งขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ความถี่ในการลอกคราบและขนาดที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากตัวของกุ้งถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกซึ่งเป็นโครงร่างแข็ง จึงจำเป็นต้องลอกคราบเก่าออกและสร้างคราบใหม่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิมเพื่อรองรับขนาดที่เพิ่มขึ้น เมื่อถึงเวลาลอกคราบกุ้งจะสลัดตัวหลุดออกจากคราบเก่า ในช่วงแรกคราบใหม่จะยังนิ่มอยู่และจะเริ่มแข็งขึ้นเรื่อย ๆ

พร้อมกับขนาดของกุ้งที่ใหญ่ขึ้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการลอกคราบของกุ้ง เช่น อายุ อุณหภูมิน้ำ ปริมาณออกซิเจน และความสมบูรณ์ของอาหาร เป็นต้น

1.6 การสืบพันธุ์

กุ้งขาวแวนนาไมมีลักษณะของเปลือกที่ใส ทำให้สามารถมองเห็นรังไข่ (Ovary) ของเพศเมียได้ชัดเจน ในระยะแรกรังไข่ของกุ้งเพศเมียจะมีสีขาวใส และต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทอง หรือสีน้ำตาลอมเขียว ในช่วงที่มีการวางไข่ แม่พันธุ์กุ้งที่มีไข่แก่พร้อมที่จะวางไข่ จะเห็นรังไข่เป็นสีเขียวเข้มเกือบดำ บนแถบหลังลำตัวตั้งแต่บริเวณหลังไปถึงหาง และบริเวณด้านข้างของลำตัวปล้องที่ 1 - 2 (Brown & Patlan, 1974)

กุ้งเพศผู้จะปล่อยถุงน้ำเชื้อไว้ในส่วนแข็ง (Hard - shell) ของอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียก่อนที่จะวางไข่เพียงไม่กี่ชั่วโมง ความเข้มของแสงจะมีผลต่อพฤติกรรมในการจับคู่ การสืบพันธุ์ของกุ้งมักจะเริ่มในช่วงบ่ายโดยการพัฒนาของรังไข่จะเริ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งวางไข่ การสืบพันธุ์จะเริ่มขึ้นและเสร็จสมบูรณ์ภายใน 1 นาที หลังจากนั้นเปลือกหุ้มจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว บริเวณปล้องแรกภายในไม่กี่นาที (Ogel, 1992) จำนวนของไข่นั้นขึ้นอยู่กับขนาดของแม่พันธุ์กุ้ง แม่กุ้งขนาด 35 - 45 กรัม จะวางไข่ประมาณ 100,000 - 200,000 ฟอง (ภิญโญ เกียรติภิญโญ, 2545) หากเป็นแม่พันธุ์ที่มีขนาด 60 -120 กรัม จะวางไข่ประมาณ 150,000 - 250,000 ฟอง (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2545)

1.7 ลักษณะการกินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม (ปิยบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2546ข)

ระยะที่ 1 ระยะที่ใช้อาหารจากถุงไข่แดง (Resorption of the york sac) เป็นระยะที่ลูกกุ้งเริ่มฟักออกเป็นตัว จึงยังไม่กินอาหารแต่จะได้อาหารจากถุงไข่แดงจนกว่าอาหารจากถุงไข่จะหมด จึงจะเริ่มกินอาหาร ระยะนี้จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ แร่ธาตุ และสารอาหารในแหล่งน้ำ

ระยะที่ 2 ระยะวัยอ่อน (Fry stage) ลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะนี้จะกินอาหารขนาดเล็ก เช่น แพลงก์ตอนต่าง ๆ ไรน้ำ สาหร่ายขนาดเล็ก ตัวอ่อนแมลง หนอนแดง เป็นต้น

ระยะที่ 3 ระยะโตเต็มวัย (Adult stage) กุ้งขาวแวนนาไมในระยะนี้จะกินอาหารตามอุปนิสัยที่แท้จริงในสภาพธรรมชาติ และจะเลือกกินอาหารตามความต้องการ

1.8 ข้อดีของกุ้งขาวแวนนาไม (กมลศิริ พันธนียะ, 2555)

1.8.1 สามารถทนต่อความเค็มได้ในช่วงกว้างตั้งแต่ความเค็ม 0.5 - 45 ส่วนในพันส่วน แต่ความเค็มที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีคือในช่วง 10 - 30 ส่วนในพันส่วน

1.8.2 สามารถเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิกว้างตั้งแต่ 24 - 32 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เจริญเติบโตได้ดีที่สุดคือในช่วง 28 - 30 องศาเซลเซียส

1.8.3 สามารถทนต่อสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำได้ดี โดยพบว่ากุ้งขาวแวนนาไมสามารถอยู่ในที่มีออกซิเจนต่ำถึง 0.8 พีพีเอ็ม เป็นเวลาหลายชั่วโมงโดยไม่ตายแต่ค่าออกซิเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตคือมีค่าตั้งแต่ 4 พีพีเอ็ม ขึ้นไป

1.8.4 ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม คือ 7.0 - 8.5 ถ้าแม้ว่าบางครั้งค่าความเป็นกรด-ด่างขึ้นสูง 10 ก็ยังไม่ตาย

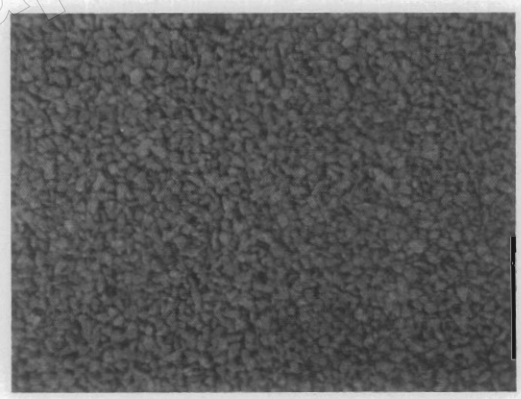
1.8.5 สามารถใช้อาหารที่มีโปรตีนต่ำในการเพาะเลี้ยง ทำให้ต้นทุนการผลิตถูกลง นอกจากนี้ยังสามารถใช้อาหารที่มีอยู่ธรรมชาติจากบ่อเพาะเลี้ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีอัตราแลกเนื้อต่ำ

1.8.6 ให้เปอร์เซ็นต์เนื้อสูงถึง 66 - 68% ซึ่งกุ้งกุลาดำให้เปอร์เซ็นต์เนื้อเพียง 62%

1.8.7 ตลาดทั่วโลกมีความต้องการสูงโดยเฉพาะตลาดอียูและอเมริกา

2. สารอาหารที่กุ้งขาวแวนนาไมต้องการ

สารอาหาร หมายถึง สารเคมีที่มีอยู่ในอาหาร เมื่อสัตว์น้ำบริโภคเข้าไปแล้วก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการมีชีวิต สามารถจำแนกได้ 2 กลุ่ม คือ สารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์จำพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน และสารอาหารที่ไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ได้แก่ วิตามินและสารประกอบอนินทรีย์จำพวกเกลือแร่และน้ำ (โชคชัยเหลืองธุวปราณีต, 2548) ซึ่งสารอาหารที่กุ้งขาวแวนนาไมต้องการแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่



ภาพที่ 5 อาหารสำหรับเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (ภาพโดย จำลอง แสงส่ง)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.1 โปรตีน

โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต โปรตีนจะทำหน้าที่สำคัญหลายอย่างในร่างกาย โดยเป็นองค์ประกอบของเซลล์ทุกชนิด เช่น กล้ามเนื้อ กระดูก ฟัน ผิวหนังและเลือด เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์และฮอร์โมนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีพ รวมทั้งช่วยควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของเลือดและขนส่งสารอาหาร เป็นต้น (เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2543) ความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์น้ำ โดยสัตว์น้ำวัยอ่อนจะมีความต้องการโปรตีนสูงกว่าตัวเต็มวัย และความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำจะลดลงเรื่อย ๆ ตามขนาดหรืออายุที่มากขึ้น (โชคชัย เหลืองธุวปราณีต, 2548) ซึ่งพบว่ากุ้งเล็กจะมีความต้องการโปรตีนประมาณ 50 % และเมื่อกุ้งโตขึ้นความต้องการโปรตีนจะลดลงเหลือประมาณ 30 - 35 % สำหรับกุ้งกุ้งกุลาดำมีความต้องการโปรตีนประมาณ 35 - 45 % กุ้งแชบ๊วยมีความต้องการโปรตีนประมาณ 34 - 42 % ส่วนกุ้งขาวแวนนาไมมีความต้องการโปรตีนน้อยกว่ากุ้งชนิดอื่น ๆ คือประมาณ 25 - 30 % นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้กุ้งมีความต้องการโปรตีนเพิ่มมากขึ้นด้วย กุ้งอาจใช้พลังงานจากแหล่งโปรตีนทดแทนเมื่อแหล่งพลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรตมีไม่เพียงพอ โปรตีนที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม กุ้งกุลาดำและสัตว์ชั้นสูงอื่น ๆ ประกอบด้วยกรดอะมิโน 10 ชนิด ได้แก่ อาร์จินิน ฮิสติดิน ไอโซลูซีน ลูซีน ไลซีน เมไธโอนีน เฟนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน และวาลีน โปรตีนที่ได้จากสัตว์หรือพืชแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนของกรดอะมิโนแตกต่างกัน ทำให้คุณภาพต่างกัน และการย่อยได้ของโปรตีนแต่ละชนิดก็แตกต่างกันด้วย ดังนั้นการใช้โปรตีนที่มาจากหลายแหล่งจะทำให้ได้กรดอะมิโนที่สมดุลกว่าการใช้จากแหล่งเดียว แหล่งโปรตีนที่เหมาะสมกับกุ้ง คือ ปลาป่น ปลาหมึกป่น หัวกุ้งป่น และกากถั่วเหลือง (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2546ข)

2.2 ไขมัน

ไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสารอาหารชนิดอื่น เช่น คาร์โบไฮเดรต และถ้ามีไขมันเหลือใช้เกินกว่าความต้องการของร่างกาย สัตว์น้ำจะเก็บสะสมหรือสำรองไขมันไว้ใช้ในเวลาที่ขาดแคลนได้ รวมทั้งไขมันเป็นสารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของสัตว์น้ำ (โชคชัย เหลืองธุวปราณีต, 2548) โดยมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

2.2.1 เป็นแหล่งพลังงานของร่างกายสัตว์น้ำ ซึ่งสัตว์น้ำสามารถดูดซึมไขมันไปใช้ได้ดีและไขมันยังเป็นสารที่ให้พลังงานสูงที่สุด ซึ่งช่วยให้ประหยัดโปรตีนในการถูกนำไปใช้เป็นพลังงาน ทำให้โปรตีนที่สัตว์น้ำกินเข้าไปถูกนำไปใช้ในการเสริมสร้างเซลล์ใหม่เพื่อการเจริญเติบโต

2.2.2 เป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น เช่น กรดไลโนลีอีก และไลโนลีนีก

2.2.3 เป็นสื่อนำวิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค ไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

2.2.4 เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ผิวหนัง เซลล์ตับ สมองและประสาท รวมทั้งเป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับฮอร์โมนเพศและควบคุมการลอกคราบในกุ้ง นอกจากนี้ยังช่วยปกป้องร่างกายจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างกะทันหันอีกด้วย (เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2543)

2.3 คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่สิ่งมีชีวิตที่มีราคาถูกที่สุด หาได้ง่ายและสัตว์สามารถนำไปใช้ได้ทันที หรือจะนำไปเก็บสะสมไว้ในรูปของไขมันเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานสำรอง เวลาที่ร่างกายขาดคาร์โบไฮเดรตก็จะเปลี่ยนไขมันที่เก็บสำรองไว้ให้กลับมาเป็นคาร์โบไฮเดรตเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ต่อไป (อิทธิพล จันทร์เพ็ญ, 2532) กุ้งสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตพวก แป้ง และน้ำตาลไปเป็นแหล่งพลังงาน โดยกุ้งสามารถใช้แป้งได้ดีกว่าน้ำตาล เพราะน้ำตาลเมื่อกินเข้าไปจะถูกย่อยและดูดซึมเข้าสู่ระบบเส้นเลือดเร็วและพร้อม ๆ กัน ซึ่งร่างกายของกุ้งจะนำไปใช้ไม่ทัน ทำให้ประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตลดลง แต่ถ้าอาหารมีคาร์โบไฮเดรตมากเกินไป กุ้งจะย่อยและดูดซึมเข้าไปในร่างกายมากเกินความต้องการ ก็จะมีการเปลี่ยนไปเป็นไขมันและนำไปสะสมที่ตับมากเกินพอดี ทำให้ตับทำหน้าที่ได้ไม่ปกติ คาร์โบไฮเดรตยังมีความสำคัญต่อการสร้างไคติน ซึ่งเป็นโครงสร้างของเปลือกและเนื้อเยื่อของกุ้ง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่แนะนำในอาหารกุ้ง คือ 20 - 30 % (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2546ข)

2.4 วิตามิน

วิตามินเป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลซับซ้อน ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน หรืออาจมีธาตุอื่น ๆ ประกอบอยู่ด้วย เช่น ไนโตรเจน กำมะถัน และคลอไรด์ เป็นต้น โดยวิตามินอาจเป็นสารจำพวกแอลกอฮอล์ หรือสารเอมีน (ศักดิ์ชัย ชูโชติ, 2536) สัตว์น้ำมีความต้องการวิตามินเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อการกินอาหาร การเจริญเติบโต การต้านทานโรค การสืบพันธุ์และขบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น วิตามินบี 12 จะช่วยในการเพิ่มผลผลิตและการกินอาหารของสัตว์น้ำ สัตว์น้ำที่ขาดวิตามินจะเกิดโรคหลายอย่าง สำหรับวิตามินที่จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำ ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินบีรวม วิตามินซี วิตามินดี วิตามินอี วิตามินเค กรดแพนโทธินิค ไนอาซีน และไบโอติน เป็นต้น (สุภาพร สุกสีเหลือง, 2550)

2.5 แร่ธาตุ

แร่ธาตุเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสัตว์น้ำ เนื่องจากแร่ธาตุจะทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างและร่างกาย เช่น กระดูก ฟัน เนื้อเยื่อ และอวัยวะต่าง ๆ ช่วยควบคุมความเป็นกรด-ด่าง และรักษาสมดุลของน้ำในร่างกายให้อยู่ในสภาวะปกติ เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ ฮอร์โมน วิตามิน และสารที่สำคัญ ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่าง ๆ ในร่ายกายและช่วยควบคุมการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ เนื่องจากสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์แร่ธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ และการเจริญเติบโตเองได้จึงจำเป็นต้องได้รับจากน้ำและอาหารในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ (เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2543) ในการเพาะเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นและต้องการให้ได้ผลผลิตสูงในระยะเวลาอันสั้น จำเป็นต้องมีแร่ธาตุในอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง สัดส่วนของแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่แนะนำในอาหารกุ้ง คือ 1.0 - 1.4 % ถ้าเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มลดลงจะต้องปรับปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสให้สูงขึ้น ซึ่งหากกุ้งขาดแคลเซียมจะทำให้เปลือกนิ่ม แมกนีเซียมช่วยในการทำงานของแคลเซียมและฟอสฟอรัสให้เป็นไปอย่างปกติ แต่ถ้าขาดแมกนีเซียมในอาหาร เปลือกกุ้งจะแข็งแต่เปราะ ระดับที่แนะนำ คือ 1.0 - 0.12 % โปแตสเซียมมีหน้าที่ควบคุมกรด-ด่าง และความสมดุลของเกลือภายในเซลล์ และช่วยลดความเครียดในกุ้ง โซเดียมทำหน้าที่ปรับกรด-ด่าง และความสมดุลของเกลือแร่และน้ำในของเหลวที่อยู่รอบเซลล์ในร่างกาย ปริมาณโซเดียมที่เหมาะสม คือ 0.25 - 0.30 % ทองแดงเป็นตัวที่ใช้ในการสร้างเลือดและทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ระดับที่เหมาะสม คือ 250 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ส่วนระดับของสังกะสี แมงกานีส เหล็ก ซีลีเนียม โคบอลต์ และไอโอดีนที่ควรเติมในอาหารกุ้ง คือ 20, 1.5, 450, 0.25, 10 และ 0.8 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2546ข)

3. คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง

คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเพาะเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง หากมีการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งที่ไม่ดีจะส่งผลต่อการกินอาหารของกุ้ง การเกิดโรคต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น และมีอัตราการรอดชีวิตต่ำ (Boyd & Fast, 1992)

3.1 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าน้ำมีสารแขวนลอยอยู่มากน้อยเพียงใด ความขุ่นของน้ำอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น ปริมาณสารอินทรีย์ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น แพลงก์ตอน แบคทีเรีย รวมทั้งสารแขวนลอยต่าง ๆ เช่น อนุภาคของดิน ทราย ตลอดจนแร่ธาตุต่าง ๆ เป็นต้น

(ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมสิริ, 2528) ความขุ่นรวมทั้งสารแขวนลอยจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ดังนี้

3.1.1 ทำให้การสังเคราะห์แสงของพืชน้ำลดลง เนื่องจากความขุ่นจะไปบดบังแสงแดดซึ่งจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ ทำให้พืชน้ำที่อยู่บริเวณก้นบ่อไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้และตายในที่สุด

3.1.2 ตะกอนจากความขุ่นจะเข้าไปขัดขวางการหายใจของสัตว์น้ำ ทำให้สัตว์น้ำหายใจไม่สะดวกส่งผลให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ นอกจากนี้น้ำที่มีความขุ่นมาก ๆ จะทำให้การฟักไข่และการเจริญเติบโตของตัวอ่อนช้าลง

3.1.3 ตะกอนและความขุ่นจะทำให้การเคลื่อนไหวของสัตว์น้ำ การหาอาหาร และการอพยพย้ายถิ่นยากลำบาก เนื่องจากตะกอนจะไปขัดขวางการมองเห็นของสัตว์น้ำ

3.1.4 ความขุ่นทำให้อุณหภูมิในน้ำมีความแตกต่างระหว่างชั้นน้ำ เนื่องจากผิวน้ำด้านบนสามารถดูดซึมแสงแดดได้มากกว่าด้านล่าง ทำให้น้ำด้านบนมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านล่าง หากสัตว์น้ำมีการเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งจะทำให้ปรับตัวไม่ทันและอาจทำให้ตายได้

3.1.5 น้ำที่มีความขุ่นมากจะสามารถรับออกซิเจนได้น้อยกว่าน้ำใส ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา, 2539)

3.2 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ เนื่องจากสัตว์น้ำเป็นสัตว์เลือดเย็นไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ได้ สัตว์น้ำจึงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างกะทันหันได้ในช่วงที่แคบกว่าสัตว์เลือดอุ่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหันอาจทำให้สัตว์น้ำช็อคถึงตายได้ โดยเฉพาะสัตว์น้ำที่อยู่ในวัยอนุบาลรวมทั้งมีผลต่อการฟักไข่ของสัตว์น้ำหลายชนิด (สุภาพร สุกสีเหลือง, 2550) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งในบ่อเพาะเลี้ยงคือ 25 - 30 องศาเซลเซียส (Boyd & Fast, 1992) โดยกุ้งขาวแวนนาไมสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 26 - 29 องศาเซลเซียส แต่สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ที่อุณหภูมิ 25 - 35 องศาเซลเซียส (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2545) หากน้ำมีอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้กุ้งเกิดการงอตัว เนื่องจากการเกร็งของกล้ามเนื้อ และอุณหภูมิของน้ำที่ต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส กุ้งจะไม่ว่ายน้ำและหยุดการกินอาหาร ถ้าอุณหภูมิของน้ำมีค่าต่ำกว่า 14 องศาเซลเซียส จะทำให้กุ้งตาย (วิภูษิต มัณฑะจิตร, วรวิทย์ ชีวาพร และสมถวิล จริตควร, 2534)

3.3 ความเค็ม (Salinity)

ความเค็ม เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ เนื่องจากมีผลต่อการควบคุมปริมาณน้ำภายในร่างกายของสัตว์น้ำ หากความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลงมากกว่า 10

เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 2 - 3 นาที จะทำให้สัตว์น้ำปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงไม่ทันทำให้สัตว์น้ำตายได้ (Lawson, 1995) ความเค็มยังมีผลต่อการละลายน้ำของออกซิเจน โดยพบว่าเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นจะทำให้ออกซิเจนละลายน้ำได้น้อยลง ดังนั้นน้ำเค็มจึงมีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่าน้ำจืด (สไบทิพย์ อมรจารุชิต, พัชริดา เหมมัน, สิริ ทุกข์วินาศ และรังสิไชย ทับแก้ว, 2543)

นอกจากนี้ความเค็มยังมีผลต่อการเจริญของเชื้อโรคต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรค เช่น แบคทีเรียกลุ่ม *Vibrio* sp. ซึ่งส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่ความเค็มตั้งแต่ 20 ส่วนในพันส่วนขึ้นไป ส่วนแบคทีเรียพวก *Pseudomonas* sp. จะเจริญที่ความเค็มต่ำประมาณ 10 ส่วนในพันส่วน แต่ในปัจจุบันพบว่าการเลี้ยงกุ้งที่มีความเค็ม 5 - 7 ส่วนในพันส่วน จะง่ายกว่าการเลี้ยงด้วยน้ำทะเลความเค็มปกติ เนื่องจากน้ำที่มีความเค็มต่ำมีปัญหาจากโรคน้อยมาก โดยเฉพาะปัญหาจากโรคแบคทีเรียเรืองแสง เป็นต้น (ชลอ ลิ้มสุวรรณ, 2543)

3.4 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO)

ออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่อาศัยอยู่ในน้ำ เนื่องจากสิ่งมีชีวิตต้องการออกซิเจนในการหายใจ นอกจากนี้ออกซิเจนยังช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในน้ำ (นฤมล อัศวเกศมณี, 2549) ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเค็มของน้ำ น้ำที่มีความเค็มและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ออกซิเจนละลายน้ำได้ลดลง ซึ่งพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะมีค่าต่ำสุดในตอนเช้ามืด เนื่องจากออกซิเจนถูกใช้ในกระบวนการย่อยสลายของเสีย โดยแบคทีเรียและการหายใจของสิ่งมีชีวิตในบ่อ ส่วนในช่วงตอนกลางวันจะมีค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงสุด เพราะแพลงก์ตอนพืชเริ่มมีการสังเคราะห์แสงทำให้ปริมาณออกซิเจนมากขึ้น (พุทธ ส่องแสงจินดา, 2544) กุ้งที่อาศัยอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนเพียงพอจะแข็งแรงและเจริญเติบโตได้ดี แต่ถ้ากุ้งอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนน้อยกุ้งจะเครียด อ่อนแอ ทำให้ป่วยเป็นโรคง่าย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งควรมีค่าเฉลี่ยประมาณ 4 - 9 มิลลิกรัมต่อลิตร (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2547ก) จะทำให้กุ้งเจริญเติบโตดี และย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เร็ว ถ้าปริมาณออกซิเจนน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้กุ้งตาย (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2548) นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนยังมีผลต่อการย่อยอาหาร ดังนั้นหากมีปริมาณออกซิเจนต่ำกุ้งจะกินอาหารลดลง (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, 2546)

3.5 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ คือ ปริมาณของไฮโดรเจนอิออนที่มีอยู่ในน้ำ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันออกไปตามสภาพของภูมิประเทศและสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ยังพบว่าสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์และแพลงก์ตอนพืชสามารถทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน (นฤมล อัศวเกศมณี, 2544) ค่าความเป็น

กรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งควรมีค่าอยู่ในช่วง 7 - 9 (Boyd & Fast, 1992) หากค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าค่อนข้างต่ำ (6.4 - 7.4) จะส่งผลต่อแบคทีเรียกลุ่มไนโตรแบคเตอร์ (Nitrobacter bacteria) ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายไนไทรต์ เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำจะทำให้ไนไทรต์เปลี่ยนไปเป็นกรดไนตรัส ซึ่งมีความเป็นพิษต่อแบคทีเรียกลุ่มไนโตรแบคเตอร์ทำให้ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันหยุดไปด้วย (Hargreaves, 1998)

สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่เพิ่มขึ้นหรือค่อนข้างสูง (8.4 - 9) จะทำให้แอมโมเนีย (NH_3) ในน้ำบ่อเพาะเลี้ยงแตกตัวในรูปที่เป็นพิษมากขึ้น ในขณะที่แอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) จะลดลง (สไบทิพย์ อมรจารุชิต และคณะ, 2543) นอกจากนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างยังมีผลต่อการละลายของธาตุบางชนิดในน้ำ เช่น ทำให้แคลเซียมและแมกนีเซียมละลายน้ำได้ลดลง ส่งผลให้การลอกคราบของกุ้งชะงักและเกิดปัญหาการลอกคราบไม่ออก โดยไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ (2528) แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ผลกระทบต่อสัตว์น้ำ
4.0 หรือต่ำกว่า	เป็นอันตรายทำให้สัตว์น้ำตายได้
4.0 - 6.0	อาจจะไม่ตาย แต่จะทำให้ได้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตช้า และทำให้การสืบพันธุ์หยุดชะงัก
6.5 - 9.0	เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
9.0 - 11.0	ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ถ้าต้องอยู่อาศัยเป็นเวลานานจะทำให้ผลผลิตต่ำลง
11.0 หรือมากกว่า	เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

3.6 ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic nitrogen content)

ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจน หมายถึงปริมาณสารไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งเป็นผลบวกของแอมโมเนียไนโตรเจนและสารอินทรีย์ไนโตรเจน การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง ได้แก่ คุณสมบัติของอาหารที่ใช้เลี้ยง ชนิดของสัตว์น้ำ คุณสมบัติของดิน คุณสมบัติของจุลินทรีย์ในบ่อเพาะเลี้ยงนั้น ๆ (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2547ข)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตามปกติไนโตรเจนในแหล่งน้ำมี 3 รูปแบบที่สำคัญ ได้แก่ แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3) ไนไทรต์ไนโตรเจน (NO_2^-) และไนเทรตไนโตรเจน (NO_3^-) แอมโมเนียไนโตรเจนมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำแม้อยู่ในระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ ในน้ำบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งควรมีแอมโมเนียน้อย (0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อกุ้ง) กุ้งจึงจะสามารถขับถ่ายแอมโมเนียได้ดีและมีการเจริญเติบโตดี หากแอมโมเนียในน้ำมีมากจะเกิดการแพร่เข้าไปในเลือดได้ ทำให้ความเป็นกรด-ด่างของเลือดสูงผิดปกติ ส่งผลให้เอนไซม์ในเลือดกุ้งทำงานไม่ปกติ กุ้งจะหายใจมากขึ้นเพื่อป้องกันแอมโมเนียในน้ำเข้าสู่ร่างกาย จึงเกิดภาวะเครียดและเติบโตได้ช้าลง (พุทธ ส่องแสงจินดา, 2546) วิภูษิต มัณฑะจิตร และคณะ (2534) รายงานว่าค่าแอมโมเนียที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งไม่ควรเกิน 0.0396 มิลลิกรัมต่อลิตร

ไนไทรต์ไนโตรเจนจะมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำน้อยลง แต่มิใช่ว่าจะไม่เป็นอันตราย เนื่องจากไนไทรต์ที่เข้าไปในเลือดสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับฮีโมโกลบินในเลือดเป็นผลให้ฮีโมโกลบินเปลี่ยนเป็นเมทเฮโมโกลบิน (Methemoglobin) ทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดลง เลือดจึงมีออกซิเจนต่ำกว่าปกติ (สุภาพร สุกสีเหลือง, 2550) ส่งผลให้ระบบหายใจของกุ้งผิดปกติ กุ้งลอกคราบไม่ออก เปลือกนิ่ม และมีการกินกันเองในขณะลอกคราบ น้ำที่มีไนไทรต์สูงกว่า 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้กุ้งอ่อนแอและติดเชื้อโรคต่าง ๆ ได้ง่าย ดังนั้นในน้ำที่ระดับไนไทรต์สูงกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงไม่ควรนำมาใช้สำหรับเพาะเลี้ยงกุ้ง (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2534) นอกจากนี้ไนไทรต์ยังทำให้ระดับโปรตีนและความเป็นกรด-ด่างของเลือดกุ้งลดลง ซึ่งมีผลต่อชีวเคมีในเลือดของกุ้งและขบวนการเผาผลาญอาหารในร่างกายมีประสิทธิภาพลดลงทำให้การเจริญเติบโตของกุ้งลดลง เกิดการสะสมของยูเรียในเลือดกุ้งและมีการดูดซึมน้ำมากทำให้สมดุลเกลือแร่เปลี่ยนแปลงไป (พุทธ ส่องแสงจินดา, 2546)

3.7 ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide; H_2S)

อาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบของโปรตีนปริมาณสูง ของเสียที่ถูกขับถ่ายจากสัตว์น้ำและเศษอาหารที่เหลือจะเกิดการย่อยสลายโดยแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำ และเมื่อออกซิเจนในน้ำหมดไปจะเกิดกระบวนการย่อยสลายในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic condition) ซึ่งจะใช้สารประกอบซัลเฟต (SO_4^{2-}) เป็นตัวรับอิเล็คตรอนแทนออกซิเจน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้มีไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดขึ้นในบ่อเพาะเลี้ยง โดยปกติจะมีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบ คือ ไฮโดรเจนซัลไฟด์อิสระ (Un-ionized form) เช่น H_2S และไฮโดรเจนซัลไฟด์แตกตัว (Ionized form) เช่น HS^- หรือ S^{2-} การแตกตัวของไฮโดรเจนซัลไฟด์จะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำสูงกว่า 8 จะปรากฏในรูปของไฮโดรเจนซัลไฟด์แตกตัว แต่ถ้าค่า

ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำต่ำกว่า 8 จะปรากฏในรูปของไฮโดรเจนซัลไฟด์อิสระเป็นส่วนใหญ่ (สุบัณฑิต นิ่มรัตน์ และวีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2552)

ค่าไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม ควรอยู่ระหว่าง 0 - 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่กุ้งขาวแวนนาไมจะเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อมีค่าไฮโดรเจนซัลไฟด์ระหว่าง 0.00 - 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร การเปลี่ยนแปลงค่าไฮโดรเจนซัลไฟด์ในบ่อเพาะเลี้ยงขึ้นอยู่ปัจจัยหลาย ๆ อย่าง ได้แก่ อาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง คุณสมบัติของดิน ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และสภาวะการแลกเปลี่ยนอากาศของน้ำและดิน (โดยเฉพาะตะกอนส่วนที่เกิดจากการสะสมของเสีย) ภายในบ่อเพาะเลี้ยง (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2547ค)

โรคในกุ้งที่เกิดจากแบคทีเรีย

4.1 โรคเสี้ยนดำ (ปภาศิริ ศรีโสภาภรณ์, 2538)

โรคเสี้ยนดำมีสาเหตุมาจากเชื้อแบคทีเรีย *V. vulnificus* อาการที่สำคัญของโรค คือ สภาพภายนอกของกุ้ง จะพบจุดหรือเสี้ยนสีดำ หรือสีน้ำตาลที่ตำแหน่งใต้เปลือก โดยเฉพาะบริเวณรอยต่อระหว่างเปลือกของแต่ละปล้องและแพนหาง ขนาดของจุดและเสี้ยนแต่ละเส้นจะต่างกัน และสามารถทะลุผ่านกล้ามเนื้อทั้งสองด้าน หรือด้านเดียวเข้าไปฝังอยู่ภายในเมื่อต้มกุ้งสุก ลักษณะจุดและเสี้ยนดำจะปรากฏเด่นชัด การป้องกันโรคเสี้ยนดำสามารถทำได้โดยการใช้ยาปฏิชีวนะผสมกับอาหารให้กุ้งกินแต่จะไม่สามารถทำให้เสี้ยนหมดได้

4.2 โรค Vibriosis

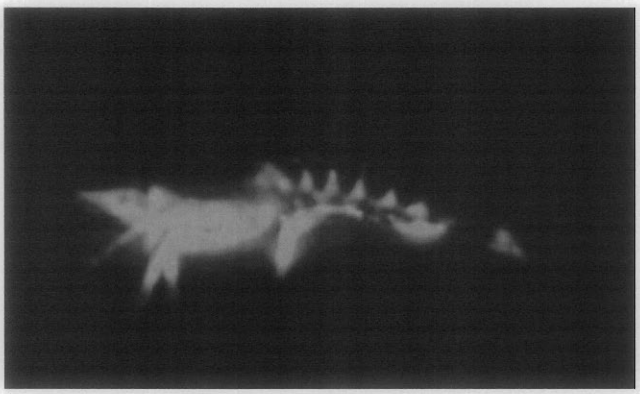
สาเหตุของโรค Vibriosis มาจากเชื้อแบคทีเรียกลุ่มวิบริโอสกุลต่าง ๆ เช่น *V. parahaemolyticus*, *V. harveyi*, *V. alginolyticus* และ *V. anguillarum* (ชาญณรงค์ รอดคำ, 2550) การระบาดของโรค Vibriosis เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งเมื่อเกิดการระบาดมักทำให้เกิดการสูญเสียทั้ง 100% โดยเฉพาะการระบาดในโรงเพาะฟัก อาการของกุ้งที่เป็นโรคจะพบว่ามีลำไส้ว่างเปล่า ตับเหี่ยวและอาจมีตุ่มสีน้ำตาลในตับขาว่ายน้ำและลำตัวมีแผลสีน้ำตาล มีเมือกของแบคทีเรียบริเวณผิวเปลือกจำนวนมาก และมีกลุ่มของแบคทีเรียอยู่ในเม็ดเลือดขาว การระบาดของโรคในโรงเพาะฟักมีสาเหตุหลักมาจากการขาดความเอาใจใส่ของบุคลากรที่ปฏิบัติงาน โดยมีปัจจัยเสริมจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่ดีส่วนในระยะบ่อดินมีสาเหตุมาจากความเครียดของกุ้งที่เกิดขึ้นมาจากหลายสาเหตุ เช่น การขนส่ง ลำตัวที่เป็นแผล การขาดอาหาร มีกุ้งจำนวนมากเกินไป ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นในบ่อ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เป็นต้น สำหรับการควบคุมโรคทำได้โดยการรักษาสุขลักษณะและสุขอนามัยของฟาร์มอย่าง

เคร่งครัด และมีการควบคุมสภาวะของน้ำภายในบ่อให้เหมาะสมรวมทั้งควบคุมคุณภาพของอาหาร ซึ่งจะช่วยลดการเกิดโรค Vibriosis ได้ (ธนพงศ์ แสงซื่อและคณะ, 2547)

ภาพที่ 6 กุ้งขาวแวนนาไมที่ติดโรค Vibriosis (Yankomut, Purivirojkul, Chuchird, & Limsuwan, 2009)

4.3โรคเรืองแสง (ชลอ ลิ้มสุวรรณ, 2543)

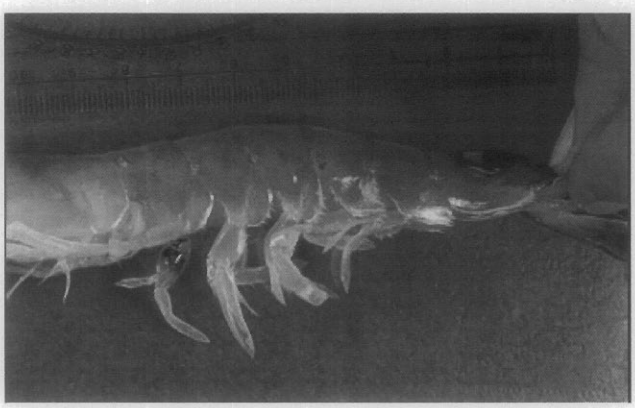
โรคเรืองแสงเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *V. harveyi* ซึ่งเป็นโรคที่สร้างความเสียหายต่อโรงเพาะฟักและบ่อดินเป็นอย่างมาก เชื้อนี้มีการแพร่กระจายทั่วไปตามชายฝั่งและพื้นที่ความเค็มต่ำ โดยจะเข้าทำอันตรายต่อกุ้งเมื่อกุ้งไม่แข็งแรงลักษณะอาการของโรค คือ กุ้งที่ป่วยมักจะขึ้นมาเกยตามขอบบ่อหรือว่ายน้ำอยู่ที่ผิวน้ำ กุ้งป่วยเหล่านี้จะเห็นอาการเรืองแสงที่ส่วนหัวได้ชัดเจนในเวลากลางคืน (ภาพที่7) เมื่อตรวจสอบทางเนื้อเยื่อในกุ้งที่ป่วยพบว่าตับและตับอ่อนถูกทำลายอย่างรุนแรงทำให้การย่อยอาหารไม่เป็นปกติ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้กุ้งอ่อนแอและตายในที่สุดการป้องกันโรคเรืองแสงในกุ้งทำได้โดยการหาน้ำที่มีความเค็มต่ำหรือน้ำจืดมาเติมในบ่อปรับความเค็มในบ่อให้เหลือ 5 - 7 ส่วนในพันส่วน ปัญหาโรคเรืองแสงจะน้อยลงมาก นอกจากการลดความเค็มแล้ว วิธีที่ง่ายและได้ผลที่สุด คือ การลดปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนที่ละลายอยู่ในน้ำลง ซึ่งนั่นก็หมายถึงการลดปริมาณอาหารให้อยู่ในระดับที่กุ้งกินหมดนั่นเอง



ภาพที่ 7 โรคเรืองแสงที่เกิดจาก *V. harveyi* (ชลอ ลิ้มสุวรรณ, 2543)

4.4 โรค Mycobacteriosis

โรค Mycobacteriosis เกิดจากเชื้อ *Mycobacterium* spp. ได้แก่ *M. marinum* และ *M. fortuitum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียฉวยโอกาสที่สามารถแพร่ระบาดได้ในกุ้งตระกูล penaeid ทุกชนิด โดยเฉพาะในกุ้งที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นสูง (Gabriel & Felipe, 2000; Lightner, 1996; Smith, 2002) ส่วนใหญ่โรคนี้จะเกิดกับกุ้งขาวระยะตัวเต็มวัย ส่วนในกุ้งระยะวัยอ่อนมีโอกาสติดเชื้อได้เช่นกันแต่ค่อนข้างน้อย เมื่อกุ้งติดเชื้อจะมีการสร้างเมลานินจำนวนมากบริเวณเนื้อเยื่อของอวัยวะต่าง ๆ เช่น กล้ามเนื้อ รังไข่ หัวใจ และเหงือก เป็นต้น และอาจทำให้เกิดรอยแผลนูนขึ้นมาบริเวณเปลือก (Lightner, 1996) การติดเชื้อชนิดนี้จะพบได้เป็นครั้งคราวเมื่อกุ้งเกิดความเครียด และโรคนี้ไม่รุนแรงถึงตายแต่กุ้งจะตายเพราะมีการติดเชื้อแทรกซ้อนจากโรค Vibriosis (ธนพงศ์ แสงซื่อและคณะ, 2547)



ภาพที่ 8 กุ้งขาวแวนนาไมที่ติดโรค Mycobacteriosis

(ที่มา : https://catalyst.uw.edu/.../564ab254d1352f61061a6d9aae590d8272685e)

5. โพรไบโอติก

5.1 โพรไบโอติก

การใช้คำว่าโพรไบโอติก (Probiotic) นั้นได้มีคำนิยามที่ให้ไว้โดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]) และองค์การอนามัยโลก (World Health Organization [WHO]) ซึ่งให้การรับรองโดยสมาคมวิทยาศาสตร์นานาชาติด้านโพรไบโอติกและพรีไบโอติก (The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics) เป็นความหมายกว้าง ๆ ว่า "โพรไบโอติกคือจุลินทรีย์ที่มีชีวิตและเมื่อเจ้าบ้านได้รับเชื้อดังกล่าวอย่างเพียงพอแล้วสามารถก่อให้เกิดประโยชน์แก่สิ่งมีชีวิตนั้นได้" ในปัจจุบันมีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ให้ความหมายของคำว่าโพรไบโอติกไว้ เช่น

Parker (1974) ให้ความหมายของโพรไบโอติกไว้ว่า "โพรไบโอติก คือ สิ่งมีชีวิตหรือสารเคมีที่มีผลต่อสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้"

Fuller (1989) ให้ความหมายของโพรไบโอติกไว้ว่า "โพรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่กินเข้าไปแล้วก่อประโยชน์แก่เจ้าบ้าน โดยการเพิ่มความสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้"

Hammes and Hertel (1998) ให้ความหมายของโพรไบโอติกไว้ว่า "โพรไบโอติก คือ การเลี้ยงจุลินทรีย์ที่มีชีวิตชนิดเดียวหรือหลายชนิดในสัตว์หรือมนุษย์ แล้วส่งผลให้เกิดประโยชน์ต่อเจ้าบ้าน โดยจุลินทรีย์โพรไบโอติกจะเข้าไปทำให้จุลินทรีย์ต่าง ๆ ในลำไส้เกิดความสมดุล

Kontula (1998) ให้ความหมายของโพรไบโอติกไว้ว่า "โพรไบโอติก คือ จุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารที่มีประโยชน์ต่อเจ้าบ้าน (host) มีผลต่อสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ โพรไบโอติกสามารถผลิตกรดแลคติกและสร้างสารยับยั้งแบคทีเรียชนิดอื่นได้ ทั้งยังทำให้เกิดสมดุลในระบบการย่อย การขับถ่าย และยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค

Verschuere et al. (2000) ให้ความหมายของโพรไบโอติกไว้ว่า "โพรไบโอติก คือ กลุ่มจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเจ้าบ้าน โดยมีความสัมพันธ์กับเจ้าบ้านหรือกลุ่มจุลินทรีย์อื่น ๆ เมื่อนำมาผสมในอาหารเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของอาหาร หรือกระตุ้นให้มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงขึ้น ช่วยส่งเสริมให้เจ้าบ้านมีความสามารถในการต้านทานโรคและช่วยปรับสภาพสิ่งแวดล้อม"

มนุษย์มีการใช้โพรไบโอติกมาหลายพันปี ซึ่งจะเห็นได้จากผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากภูมิปัญญาของคนจากทั่วมุมโลก เช่น นมเปรี้ยว กิมจิ และของหมักดองต่าง ๆ เป็นต้น (ภาพที่ 9) และในปัจจุบันโพรไบโอติกได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทั้งในแง่ของการกระตุ้นการเจริญเติบโต และการป้องกันโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งการป้องกันโรคที่เกิดจากแบคทีเรีย (Mattcuzzi et al., 2004) เนื่องจากการประกาศห้ามใช้ยาปฏิชีวนะ ซึ่ง FAO ได้ประกาศสนับสนุนการวิจัยและการส่งเสริมให้ใช้โพรไบโอติกกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจาก

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

โพรไบโอติกสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต ช่วยเพิ่มความสามารถต้านทานโรค ทำให้สัตว์น้ำมีอัตราการรอดชีวิตเพิ่มขึ้น รวมทั้งลดการใช้สารเคมีและยาปฏิชีวนะในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทำให้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Balcazar et al., 2006; Far et al., 2008; Nimrat2011; 2012; Sahu et al., 2008; Tseng et al., 2009)

(ก)

(ข)

ภาพที่ 9 (ก) นมเปรี้ยว (ข) ผลไม้หมักดอง (ภาพโดยจำลอง แสงส่ง)

5.2 คุณสมบัติของโพรไบโอติกที่ดี (สุบัณฑิต นิ่มรัตน์, วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, และมานพ กาญจนบุรางกูร, 2548)

5.2.1 เป็นสายพันธุ์ที่ให้ประโยชน์ทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตมากขึ้นแข็งแรงทนต่อความเครียดมากขึ้น และมีความต้านทานต่อโรคสูง

5.2.2 ไม่ทำให้เกิดโรคและไม่เป็นพิษ

5.2.3 เป็นเซลล์ที่มีชีวิตและมีจำนวนมากพอควรที่จะเดินทางไปถึงทางเดินอาหารส่วนท้ายได้ และสามารถยึดเกาะผนังลำไส้ได้ดี

5.2.4 ทนต่อสภาพกรดในกระเพาะและน้ำดีในลำไส้ แต่สามารถย่อยสลายในลำไส้ได้ดี

5.2.5 มีความคงตัวและมีชีวิตอยู่ได้นานในการผสมในอาหารสัตว์ เนื่องจากการผลิตอาหารบางชนิดต้องผ่านกระบวนการความร้อนแรงอัดเพื่ออัดเม็ด และสภาพเป็นกรด

5.2.6 มีความคงตัวและมีชีวิตอยู่ได้นานในสภาพเก็บรักษาและการใช้จริงในสภาพแวดล้อม

329285

5.2.7 ไม่ตกค้างในซากสัตว์

5.2.8 ราคาไม่แพง

5.2.9 ไม่ถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร

5.2.10 ไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมหรือจุลินทรีย์ที่คัดเลือกมาต้องไม่เปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมได้ง่าย

5.2.11 ไม่ทำให้เกิดการแพ้

5.2.12 เป็นสายพันธุ์ที่ใช้ในการผลิตจำนวนมากในอุตสาหกรรม

5.3 การทำงานของโพรไบโอติก

5.3.1 การปรับสมดุลในระบบทางเดินอาหาร

ปกติแล้วจุลินทรีย์ประจำถิ่นในระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำจะประกอบด้วยจุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์และจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้โทษ เมื่อมีจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้โทษมากกว่าจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์จะทำให้สัตว์น้ำติดโรค (Gatesoupe, 1999) จึงได้มีการนำจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ชนิดต่าง ๆ มาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น *Bacillus* spp. (Nimrat et al., 2011; 2012; Rengpipat et al., 1998) *Saccharomyces cerevisiae*, *Phaffia rhodozyma* และ *S. exiguous* (Scholz et al., 1999) เป็นต้น ซึ่งจุลินทรีย์โพรไบโอติกจะช่วยให้ระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำมีปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์อยู่ในระดับที่เหมาะสม ส่งผลให้สัตว์น้ำมีอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดชีวิตเพิ่มสูงขึ้น (สุบัณฑิต นิ่มรัตน์, 2551ก; สุบัณฑิต นิ่มรัตน์ และคณะ, 2551; Balcazar et al., 2006)

5.3.2 การผลิตสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญ

จุลินทรีย์โพรไบโอติกสามารถปล่อยสารเคมีที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ เช่น แบคเทอริโอซิน (Bacteriocin) ไลโซไซม์ (Lysozyme) ซิเดอโรฟอร์ (Siderophores) เอนไซม์โปรติเอส (Protease) และไฮโดรเจนเปอร์-ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) เช่น แบคทีเรียแลคติกซึ่งสามารถผลิตแบคเทอริโอซินที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ (Saurabh, Choudhary, & Sushmsa, 2005) และ *Bacillus* สามารถผลิตสารปฏิชีวนะได้หลายชนิด เช่น เบซิตราซิน (Bacitracin) กรามิซิน (Gramicidin) พอลิมิซิน (Polymyxin) และไทโรไตรซิดิน (Tyrotricidin) ซึ่งสารเหล่านี้สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (Drablos, Nicholson, & Ronning, 1999; Perez, Suarez, & Castro, 1993)

5.3.3 การแข่งขันในการยึดเกาะบริเวณทางเดินอาหาร

จุลินทรีย์โพรไบโอติกมีความสามารถในการแข่งขันกับแบคทีเรียก่อโรคในการยึดเกาะบริเวณลำไส้ของเจ้าบ้านซึ่งเป็นกลไกหนึ่งที่สามารถป้องกันการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อแบคทีเรียที่จะเจริญในลำไส้ของสัตว์น้ำ (Olsson et al., 1992; Onarheim et al., 1990; Westerdahl et al., 1991) ดังนั้นแบคทีเรียที่ไม่สามารถยึดเกาะกับลำไส้ได้จะสามารถอยู่ใน

ลำไส้ได้ชั่วคราวและจะหายไปจากลำไส้ทันทีเมื่อถูกบุกรุกและจะหลงเหลือแบคทีเรียอยู่เพียงจำนวนเล็กน้อย (Sugita et al., 1997)

5.3.4 เป็นแหล่งของเอนไซม์ที่ส่งเสริมการย่อยอาหารของสัตว์

จุลินทรีย์โพรไบโอติกมีความสามารถในการหลั่งเอนไซม์หลายชนิดออกมานอกเซลล์ เช่น โปรติเอส อะไมเลส และไลเพส เป็นต้น (Tovar-Ramirez et al., 2004; Wang, 2007) ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้จะช่วยย่อยสารอาหารที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง เช่น ย่อยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ให้เป็น กรดอินทรีย์ กรดไขมัน แอลกอฮอล์ และเอสเทอร์ เป็นต้น (Gatesoupe, 1999; Balcazar et al., 2006) ทำให้สัตว์น้ำสามารถดูดซึมสารอาหารได้ดียิ่งขึ้น (Ziaei-Nejad et al., 2006) ส่งผลให้การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำเพิ่มสูงขึ้น

5.3.5 คุณสมบัติในการกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน

ส่วนประกอบของผนังเซลล์ของจุลินทรีย์สามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันได้ เช่น Lipopolysaccharides จาก *Bifidobacterium thermophilum* (Itami et al., 1998), *Bacillus* S11 (Rengpipat et al., 2000) เมื่อนำใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำพบว่าจะทำให้ระบบภูมิคุ้มกันของเจ้าบ้านสูงขึ้นและสามารถต้านทานต่อเชื้อที่ทำให้เกิดโรคโดยการเพิ่มกระบวนการกลืนกินสิ่งแปลกปลอม (Phagocytosis) การสร้างแอนติบอดี (Antibody) และการเพิ่มกระบวนการซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (Superoxide anion production; Sakai, 1999) จึงช่วยให้สัตว์น้ำมีอัตราการรอดชีวิตเพิ่มสูงขึ้น

5.3.6 คุณสมบัติในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

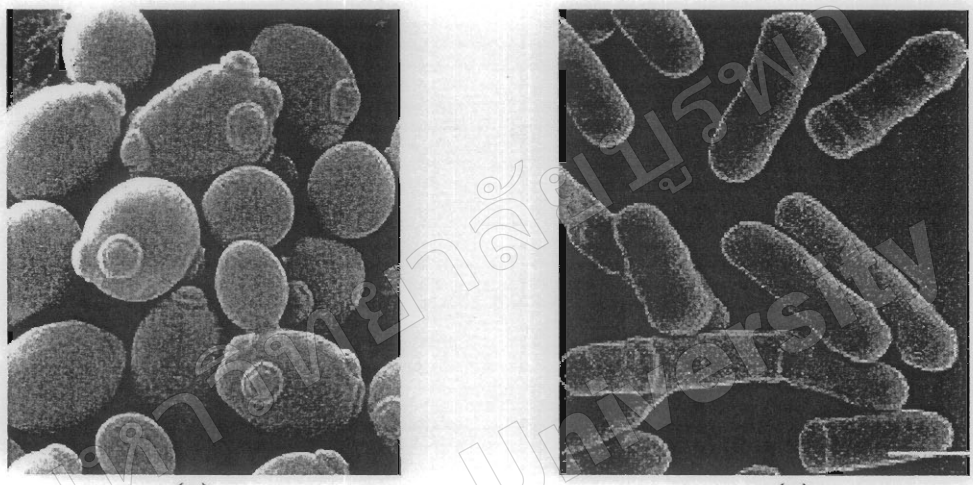
จุลินทรีย์โพรไบโอติกมีความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยง โดยช่วยให้กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ เศษอาหาร และสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (Balcazar et al., 2006) เช่น แบคทีเรียสกุล *Bacillus* sp. (Moriarty, 1998) *Vibrio* P62, *Vibrio* P63 และ *Bacillus* P64 (Gullian et al., 2004) เป็นต้น ทำให้คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ทำให้สัตว์น้ำมีสุขภาพแข็งแรงและมีอัตราการรอดชีวิตเพิ่มมากขึ้น (สุบัณฑิต นิ่มรัตน์ และวีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2552)

6. ยีสต์

6.1 สัณฐานวิทยาของยีสต์

ยีสต์เป็นราชนิดหนึ่งที่มีการดำรงชีวิตเป็นเซลล์เดี่ยว ส่วนใหญ่เพิ่มจำนวนแบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อ (Budding) มีน้อยชนิดที่เพิ่มจำนวนโดยการแบ่งเซลล์แบบฟิสชัน (Fission) หรือวิธีอื่น ๆ เช่น การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการสร้างแอสโคสปอร์ เป็นต้น ยีสต์มีรูปร่างเซลล์

หลายแบบ เช่น กลม (Round, Spheroidal, Spherical) เช่น *Citeromyces* spp. รี (Ellipsoidal) หรือรูปไข่ (Oval, Ovoidal) เช่น *Saccharomyces* spp. ทรงกระบอกที่มีปลายมน เช่น *Schizosaccharomyces* spp. เป็นสาย (Filamentous) เช่น *Candida* spp. และคนโท หรือฟลาสก์ (Flask) เช่น *Pityrosporum* sp. เป็นต้น (สาวิตรี ลิ่มทอง, 2549) ดังแสดงในภาพที่ 10 ยีสต์มีขนาดเซลล์ใหญ่กว่าแบคทีเรีย ประมาณ 20 - 100 เท่า มีขนาดกว้าง 1 - 5 ไมโครเมตร และยาว 5 - 30 ไมโครเมตร ยีสต์ไม่มีแฟลกเจลลาหรืออวัยวะสำหรับการเคลื่อนที่ใด ๆ (เมตตา เมฆานนท์, 2541)



(ก) (ข)

ภาพที่ 10 (ก) *Saccharomyces cerevisiae* (ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1509/saccharomyces-cerevisiae)
(ข) *Schizosaccharomyces* spp. (ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Schizosaccharomyces)

6.2 โครงสร้างของยีสต์

เซลล์ของยีสต์ประกอบด้วยโครงสร้างต่าง ๆ (ภาพที่ 11) ดังนี้

6.2.1 ผนังเซลล์ (Cell wall)

ผนังเซลล์ของยีสต์ประกอบไปด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ 80 - 90% โดยส่วนใหญ่เป็นกลูแคน (Glucan) และแมนแนน (Mannan) และพบไคติน (Chitin) เป็นส่วนน้อย โดยความหนาของผนังเซลล์ยีสต์ประมาณ 100 - 200 นาโนเมตร (Halasz & Lasztity, 1991)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

6.2.2 เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane)

เยื่อหุ้มเซลล์ของยีสต์มีความหนาประมาณ 7.5 นาโมเมตร และประกอบด้วย 2 ชั้น คือ ชั้นของไขมัน และโปรตีน เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดการผ่านเข้าออกของสารจากไซโทพลาสซึม (Walker, 1998)

6.2.3 เพอริพลาสซึม (Periplasm)

เพอริพลาสซึมเป็นช่องว่างระหว่างผนังเซลล์และเยื้อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยโปรตีนและเอนไซม์ ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของสับสเตรตที่ไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปภายในเซลล์ได้ (สาวิตรี ลิ่มทอง, 2549)

6.2.4 นิวเคลียส (Nucleus)

นิวเคลียสเป็นส่วนที่มีความสำคัญโดยทำหน้าที่เกี่ยวกับเมแทบอลิซึมและการสืบพันธุ์ โดยพบว่าในระหว่างการแตกหน่อ นิวเคลียสจะหดตัว และนิวเคลียสส่วนหนึ่งจะเข้าสู่เซลล์ลูกและอีกส่วนหนึ่งยังคงอยู่ในเซลล์พ่อแม่เดิม (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2544)

6.2.5 ไมโทคอนเดรีย (Mitochondia)

ไมโทคอนเดรียของยีสต์จะมีลักษณะเป็นเส้นขดไปมา ประกอบด้วยไลโพโปรตีนจำนวนมาก และมี RNA จำนวนเล็กน้อย และมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์และสร้างพลังงานให้กับเซลล์ (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2539)

6.2.6 แวคิวโอ (Vacuole)

แวคิวโอ ประกอบด้วยฟอสโฟลิพิด กรดไขมันไม่อิ่มตัว และสเตรอล หน้าที่หลักของแวคิวโอคือการขนส่งโปรตีนในเซลล์ยีสต์ และย่อยโปรตีนทั่ว ๆ ไปในเซลล์ รวมทั้งสามารถทำลายโครงสร้างบางอย่าง รวมทั้งทำหน้าที่เก็บกรดอะมิโนที่จำเป็นและควบคุมแรงดันออสโมซิส (Thumm, 2000)

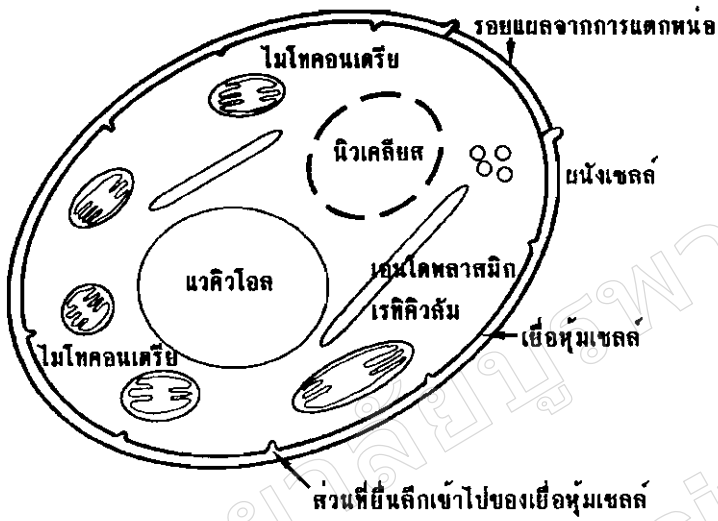
6.2.7 ไซโทพลาสซึม (Cytoplasm)

ไซโทพลาสซึมเป็นของเหลวที่มีลักษณะคล้ายวุ้นและมีความเป็นกรด ประกอบด้วยสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ปานกลาง และใหญ่ที่ละลายได้ รวมทั้งมีโปรตีนที่ละลายได้และไกลโคเจนละลายอยู่ด้วย นอกจากนั้นยังประกอบด้วยไมโครทิวบูล และไมโครฟิลาเมนต์ซึ่งทำหน้าที่หลายอย่างในเซลล์ยีสต์รวมทั้งไมโทซิสและไมโอซิส การเคลื่อนที่ของออร์แกเนลล์ และการสร้างผนังกั้น (Walker, 1998)

6.2.8 เอนโดพลาสมิกเรทิคิวลัมและโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง

เอนโดพลาสมิกเรทิคิวลัมเป็นโครงสร้างภายในไซโทพลาสซึมที่ล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น ภายในบรรจุด้วยถุงน้ำที่เรียกว่าเอนไดลีมา เอนโดพลาสมิกเรทิคิวลัมจะทำหน้าที่ช่วยในการ

แตกหน่อโดยสร้างเวซิเคิลที่บรรจุเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ นอกจากนี้ยังร่วมในการสร้างผนังกั้นระหว่างเซลล์ (สาวิตรี ลิ่มทอง, 2549)



ภาพที่ 11 โครงสร้างภายในของเซลล์ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (สาวิตรี ลิ่มทอง, 2549)

6.3 นิเวศวิทยาของยีสต์

ยีสต์สามารถพบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ โดยอาศัยลมและสัตว์พาไป ทำให้สามารถพบยีสต์อาศัยอยู่ตามพืช สัตว์ บรรยากาศ แหล่งน้ำ และในดิน ยีสต์ส่วนใหญ่เป็นซาโพรไฟต์ อาศัยอยู่บนสารอินทรีย์ที่ตายแล้ว บางชนิดเป็นปรสิต อาศัยเซลล์เจ้าบ้านที่มีชีวิต เช่น อาจพบอยู่กับแมลงและกระเพาะของสัตว์บางชนิด เช่น กระต่าย แหล่งที่พบมากที่สุด คือ ชายฝั่งเนื่องจากมีสารอาหารสะสมมาก นอกจากนี้ยีสต์ยังสามารถพบได้ในมหาสมุทรที่มีความลึก 4,000 เมตร ในทะเลดำพบยีสต์จำนวนมากที่ระดับ 1,000 เมตร ของระดับน้ำ แต่เมื่อลึกลงไปจะพบยีสต์มีปริมาณลดลง ในทะเลสาบออนตาริโอ พบยีสต์ได้ในน้ำและในดินตะกอน โดยจำนวนยีสต์จะมีปริมาณแตกต่างกันไปตามความลึกของทะเลสาบ เนื่องจากมีปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนและไนเตรทในระดับความลึกของน้ำมีปริมาณต่างกัน (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2544)

6.4 เซลล์ยีสต์ที่มีชีวิต

ยีสต์ที่มีชีวิต หรือ Live yeast ถือเป็นโพรไบโอติกชนิดหนึ่งตามประกาศของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปี พ.ศ. 2531 ซึ่งมีข้อความระบุและอนุญาตให้ใช้เซลล์ยีสต์ที่ยังมีชีวิตอยู่เพื่อเป็นโพรไบโอติก โดยเป็นสารที่ช่วยในการสนับสนุนจุลินทรีย์ประจำถิ่นในลำไส้ของสัตว์ อีกทั้งใช้เป็นตัวขัดขวางการเจริญและการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคอีกด้วย

ยีสต์ที่มีชีวิตจะมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของสัตว์มากกว่ายีสต์ที่ตายแล้ว เนื่องจากยีสต์ที่มีชีวิตจะมีคุณสมบัติเป็นเสมือนสารปรุงแต่งรสชาติตามธรรมชาติให้กับอาหารสัตว์ส่งผลให้สัตว์มีการกินอาหารได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของวิตามินบีรวม รวมทั้งองค์ประกอบของผนังเซลล์ยีสต์ยังสามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันของสัตว์ได้อีกด้วย (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549) เซลล์ของยีสต์ประกอบด้วยโปรตีน 47 - 50% ของน้ำหนักแห้ง และยังมีเกลือแร่หลายชนิดที่เป็นแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับคนและสัตว์ เช่น โครเมียม ซีลีเนียม โมลิบดีนัม และสังกะสี นอกจากจะมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนแล้วยังพบว่ามีกรดอะมิโนไลซีนในเซลล์ปริมาณสูงกว่าจุลินทรีย์อื่น ๆ (Nelson, Anderson, & Rhodes, 1959) การใช้ยีสต์เป็นแหล่งของไลซีนจึงน่าจะมีความเหมาะสมในแง่เศรษฐศาสตร์ เนื่องจากไม่ต้องมีขั้นตอนการแยกและการทำให้ไลซีนบริสุทธิ์ก่อนทำให้ต้นทุนของอาหารสัตว์ลดต่ำลง (Ohsumi, Sato, Yoshida, & Iked, 1994) นอกจากนี้ยีสต์ยังมีรสชาติที่ดีช่วยเพิ่มความน่ารับประทานของอาหาร ดังนั้นยีสต์จึงถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของอาหารสัตว์และใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารเสริมหรือเพิ่มรสชาติของอาหารคนและสัตว์มาเป็นเวลานาน (สาวิตรี ลิ่มทอง, 2549)

6.5 การทำงานของยีสต์สามารถสรุปได้ดังนี้

6.5.1 เซลล์ยีสต์ที่มีชีวิตสามารถจับเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในสัตว์ โดยพบว่าแมนโนโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีอยู่ในผนังเซลล์ยีสต์มีคุณสมบัติที่สามารถจับกับโปรตีนที่ผิวเซลล์ของแบคทีเรียก่อโรค เช่น *E. coli, Salmonella* และ *Shigella* โดยส่วนของ lectins ที่อยู่บริเวณผิวเซลล์ด้านนอกของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเหล่านี้มีคุณสมบัติในการเกาะติดกับสารกลุ่มน้ำตาลแมนโนสได้ดี ทำให้เชื้อก่อโรคเหล่านี้ไม่สามารถจับที่ผนังลำไส้ของสัตว์ จึงช่วยลดการติดเชื้อจากแบคทีเรียก่อโรคดังกล่าวได้ (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550)

6.5.2 การกระตุ้นการกินอาหารของสัตว์ โดยองค์ประกอบของกรดอะมิโนจะมีคุณสมบัติช่วยดึงดูดการกินของสัตว์ ทั้งนี้เนื่องจากกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบของเซลล์ยีสต์ที่มีผลทำให้อาหารมีกลิ่นรสดีขึ้น (สาวิตรี ลิ่มทอง, 2549)

6.5.3 ช่วยในการดูดซับแร่ธาตุได้ดีขึ้น เนื่องจากยีสต์สามารถจับกับแร่ธาตุต่าง ๆ ในรูปของสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อนที่มีความเสถียรได้ ซึ่งง่ายต่อการดูดซึมของสัตว์ โดยแร่ธาตุเหล่านี้จะถูกปล่อยออกมาหลังจากที่เซลล์ยีสต์ทำการย่อยสลายตัวเองเมื่ออยู่ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ นอกจากนี้ยีสต์ยังอุดมไปด้วยวิตามินบีรวมซึ่งเป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในทางเดินอาหารและเมตาบอลิซึมของสัตว์อีกด้วย (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549)

6.5.4 เซลล์ยีสต์ที่มีชีวิตจะมีสารเออโกสเตอรอล สเตอรอล ไขมัน ไกลโคลิพิด และพอลิเพปไทด์ บางชนิด ซึ่งสารเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อการเจริญและพัฒนาการของสัตว์ (Kockova-Kratochvilova, 1990)

6.5.5 เซลล์ยีสต์ที่มีชีวิตยังสามารถสร้างเอนไซม์ที่มีศักยภาพ เอนไซม์เหล่านี้จะถูกปล่อยออกมาในลำไส้ซึ่งจะช่วยเสริมการย่อยอาหารของสัตว์ให้ดีขึ้น ส่งผลให้สัตว์สามารถดูดซึมสารอาหารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เอนไซม์บางส่วนที่ยังคงอยู่ในเซลล์ยีสต์จะถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อเซลล์ยีสต์ถูกทำลายที่สภาวะการเป็นกรดสูง ๆ โดยส่วนใหญ่จะเป็นเอนไซม์ในกลุ่มของเอนไซม์ย่อยพันธะไกลโคซิดิก ได้แก่เอนไซม์อินเวอร์เทส เอนไซม์ไฮโดรเลส เอนไซม์มอลเตส และเอนไซม์กาแลคโตซิเดส เป็นต้น (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549)

6.6 เบต้ากลูแคนจากยีสต์

ผนังเซลล์ยีสต์ซึ่งมีโครงสร้างที่เป็นองค์ประกอบ β-1, 3-glucan และ β-1, 6-glucan ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายมนุษย์และสัตว์ โดยอาศัยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ กระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายและตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายของเซลล์เม็ดเลือดขาว การควบคุมการหลั่งไซโตคายน์ (Cytokine) เช่น อินเตอร์ลิวคีน (Interleukin) เพื่อกระตุ้นการสื่อสารระหว่างเซลล์ต่าง ๆ ในระบบภูมิคุ้มกัน รวมถึงกระตุ้นการหลั่ง Colony stimulating factors เพื่อเพิ่มปริมาณการสร้างและการเจริญเติบโตของเม็ดเลือดขาว (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550) การนำเบต้ากลูแคนจากผนังเซลล์ของยีสต์มาใช้ในการเลี้ยงสัตว์นั้น พบว่าช่วยทำให้สัตว์มีอัตราการรอดและมีภูมิคุ้มกันที่สูงขึ้น ส่งผลให้สัตว์มีน้ำหนักที่มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์ชนิดเดียวกันที่ไม่ได้รับเบต้ากลูแคน (Cheng et al., 2003)

7. แบคทีเรียทางทะเล

แบคทีเรียทางทะเลเป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ในน้ำทะเลที่มีความเค็มประมาณ 20 - 40 ส่วนในพันส่วน โดยอาศัยไอออนที่อยู่ในน้ำทะเลซึ่งมีผลต่อการรักษาสมดุลและการทำงานที่เหมาะสมของเซลล์เมมเบรน เช่น คลอไรด์ไอออนและโซเดียมไอออนซึ่งจำเป็นต่อกระบวนการลำเลียงสารเข้าออกจากเซลล์แบบ active transport ของเซลล์แบคทีเรียทางทะเล เซลล์จะมีขนาดเล็ก มีปริมาณ DNA ต่ำ แต่สามารถนำสารอาหารเข้าสู่เซลล์ได้สูง แบคทีเรียทางทะเลส่วนใหญ่สามารถเจริญได้ในที่มีอุณหภูมิต่ำ ยกเว้นแบคทีเรียที่เจริญอยู่ในผิวน้ำทะเลเขตอบอุ่น ส่วนแบคทีเรียที่เจริญในร่องน้ำลึกจะต้องมีความสามารถทนต่อแรงดันได้สูง นอกจากนี้แบคทีเรียทางทะเลยังสามารถ

เจริญได้ในที่ที่มีสารอาหารต่ำ เช่น ในมหาสมุทร (ศิริพรรณ สารินทร์, 2550) ดังนั้นแบคทีเรียที่พบในน้ำทะเลส่วนใหญ่จึงเป็นกลุ่มที่ชอบเค็ม ต้องการโซเดียมคลอไรด์ในการเจริญ เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีเกลือ แบคทีเรียทางทะเลจะไม่เจริญหรือเจริญได้น้อย โดยความเข้มข้นของเกลือที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียทางทะเลคือ 3.5% (Rheinheimer, 1985) ปริมาณแบคทีเรียทางทะเลที่พบในแต่ละบริเวณนั้นจะมีปริมาณแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำทะเล ความเค็ม ความลึก และค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น (Austin, 1983)

แบคทีเรียทางทะเลที่พบแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มที่ใช้ออกซิเจน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *Acinetobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Azotobacter* sp., *Alcaligenes* sp., *Flavobacterium* sp., *Brachyarcus* sp., *Microcyclus* sp., *Spirillum* sp. และ *Bdellovibrio* sp. และกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้ออกซิเจน แบ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *Escherichia coli*, *Serratia* sp., *Aeromonas* sp., *Photobacterium* sp., และ *Vibrio* sp., และแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Bacillus* sp., *Micrococcus* sp., *Staphylococcus* sp. และ *Corynebacterium* sp. เป็นต้น (สุบัณฑิต นิ่มรัตน์ และวีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2552; อัจฉรา เพิ่ม, 2550) นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียกลุ่ม Chemolitotrophic เช่น *Nitrosococcus*, *Nitrococcus*, *Nitrosomonas*, *Nitrospira* และ *Nitrobacter* ซึ่งแบคทีเรียทางทะเลเหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกับวัฏจักรไนโตรเจนในทะเล นอกจากจะพบแบคทีเรียทางทะเลในน้ำแล้วยังสามารถพบได้ในสัตว์ทะเลชนิดต่าง ๆ เช่น ปลา กุ้ง หอย ปู เป็นต้น โดยปกติในปลาที่ไม่เป็นโรคในลำไส้และเมือกบริเวณลำตัวและเหงือกจะมีแบคทีเรียอาศัยอยู่มากมายเช่นกัน (ศิริพรรณ สารินทร์, 2550)

แบคทีเรียทางทะเลจะมีบทบาทสำคัญในการช่วยย่อยสารที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำ โดย 60% ของสารจะถูกย่อยสลายไป ส่วนอีก 40% จะถูกเปลี่ยนเป็นองค์ประกอบของเซลล์แบคทีเรีย รวมทั้งมีส่วนช่วยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของวัฏจักรไนโตรเจน โดยทำให้เกิดปฏิกิริยาตรึงไนโตรเจน แต่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย สำหรับวัฏซัลเฟอร์แบคทีเรียทางทะเลจะย่อยสลายโปรตีนให้เป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ เช่น *Desulfovibrio aestuarii* นอกจากนี้ยังพบว่าแบคทีเรียทางทะเลหลายชนิดสามารถก่อให้เกิดโรคกับสัตว์ทะเลได้ เช่น *Mycobacterium marinum* ทำให้เกิดโรควัณโรคในปลาและยังสามารถติดต่อมาสู่มนุษย์ได้รวมทั้ง *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* sp. และ *Vibrio parahaemolyticus* ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษในมนุษย์ (สุบัณฑิต นิ่มรัตน์ และวีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2552)

8. แบคทีเรียวงศ์ Vibrionaceae

แบคทีเรียวงศ์วิบริโอนาซีอี (Vibrionaceae) เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างเป็นแท่งโค้งหรือตรง มีขนาด 0.5 - 1.3 × 1.0 - 3.2 ไมโครเมตร เคลื่อนที่โดยใช้แฟลกเจลลา ไม่สร้างสปอร์ สามารถเจริญได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน สามารถพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำ ทั้งน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม (สุบัณฑิต นิ่มรัตน์, 2551ข) แบคทีเรียวงศ์นี้เป็นแบคทีเรียที่มีความสัมพันธ์กับสัตว์น้ำและพืชน้ำ และแบคทีเรียหลายชนิดในวงศ์นี้สามารถก่อให้เกิดโรคในคน เช่น ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารของคน โรคอุจจาระร่วง เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถก่อโรคในสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ เช่น ก่อให้เกิดการติดเชื้อที่บาดแผลของสัตว์น้ำ (Farmer & Janda, 2005) แบคทีเรียในวงศ์นี้สามารถจัดจำแนกออกเป็น 4 สกุล ได้แก่ *Vibrio, Aeromonas*, *Photobacterium* และ *Plesiomonas* (Holt, Krieg, Sneath, Staley, & Williams, 1994)

8.1 แบคทีเรียสกุล *Vibrio*

แบคทีเรียสกุลนี้เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างท่อนสั้น และท่อนโค้ง ขนาด 0.5 - 0.8 ไมโครเมตร ไม่สร้างสปอร์ ไม่มีแคปซูล พบได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม อุณหภูมิที่สามารถเจริญได้ดี คือ 30 องศาเซลเซียส แต่ *V. parahaemolyticus*, *V. cholerae* และ *V. alginolyticus* เจริญที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียสกุลนี้คือ 7.4 - 9.6 (สุบัณฑิต นิ่มรัตน์, 2551ข)

แบคทีเรียในสกุล *Vibrio* หลายชนิด เป็นสาเหตุของโรคที่สำคัญในสัตว์น้ำทั้งที่อยู่ตามธรรมชาติ และตามแหล่งเพาะเลี้ยงต่าง ๆ โดยโรคที่พบบ่อยจากการติดเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Vibrio* คือโรควิบริโอซิส (Vibriosis) ซึ่งเกิดจากเชื้อ *V. anglularum* (Lightner, 1996), *V. alginolyticus* (Selvin & Lipton, 2003), *V. paeahaemolyticus* (Alapide-Tendencia & Dureza, 1997), *V. harveyi* (Prayitno & Latchford, 1995) และโรคนี้เป็นสาเหตุการตายของกุ้งที่เพาะเลี้ยงทั่วโลก (Lavilla-Pitogo et al., 1998; Chang et al., 2000) *V. harveyi* ก่อให้เกิดโรคเรืองแสงในสัตว์กลุ่มกุ้งกั้งปู เช่น กุ้งกุลาดำ กุ้งที่เป็นโรคพบว่าตับและตับอ่อนถูกทำลายอย่างรุนแรง ทำให้กินอาหารน้อยลงและตายในที่สุด (ชลอ ลิ้มสุวรรณ, 2543) แบคทีเรียกลุ่ม *Vibrio* นอกจากจะก่อโรคในสัตว์น้ำแล้ว *Vibrio* บางชนิดยังสามารถก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ เช่น *V. alginolyticu* ทำให้เกิดติดเชื้อที่บาดแผล หูและตา รวมทั้งเนื้อเยื่ออ่อนนุ่มบริเวณต่าง ๆ (Farmer et al., 2003) *V. cholera* เป็นสาเหตุของโรคอหิวาตกโรคในคน (Hosseini et al., 2003) และ *V. parahaemolyticus* เป็นสาเหตุของอาการกระเพาะอาหารและลำไส้อักเสบจากการบริโภคอาหารทะเลดิบหรือกึ่งสุกกึ่งดิบ (DePaola, Kaysner, Bowers, & Cook, 2000; McLaughlin et al., 2005) เป็นต้น

8.2 แบคทีเรียสกุล *Aeromonas*

Aeromonas เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างท่อน แบคทีเรียสกุลนี้สามารถพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำตามธรรมชาติทั่วไป เช่น แหล่งน้ำจืด น้ำกร่อย เป็นต้น (Marcel, Antoinette, & Mireille, 2002; Massa, Altieri, & Angela, 2001) *Aeromonas* อาจแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกเป็นแบคทีเรียที่สามารถเคลื่อนที่ได้ และสามารถก่อโรคในปลาน้ำจืด รวมทั้งมนุษย์ เช่น *A. hydrophila* แบคทีเรียกลุ่มนี้จะเจริญที่อุณหภูมิปานกลางโดยอุณหภูมิที่เจริญได้ดีคือ 35 - 37 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ 2 ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ แบคทีเรียกลุ่มนี้จะก่อโรคกับปลาในเขตหนาวไม่ก่อโรคกับคน อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญคือ 22 - 25 องศาเซลเซียส เช่น *A. salmonicida* (Janda & Abbott, 2010) *Aeromonas* เป็นแบคทีเรียที่มีความสำคัญเนื่องจากสามารถก่อให้เกิดโรคในสัตว์น้ำหลายชนิดรวมทั้งมนุษย์ เช่น *A. salmonicida* ทำให้เกิดโรคฟูรังคูโรซิส (Furunculosis) ในปลาน้ำจืดและปลาทะเล (Austin & Adams, 1996) *A. hydrophila* และ *A. veronii* ซึ่งก่อให้เกิดโรค Motile aeromond disease (MAD) ในปลาชนิดต่าง ๆ เช่น ปลาดุก ปลาแซลมอน ปลาคาร์พ ปลาบู่ เป็นต้น (Joseph & Carnahan, 1994)

8.3 แบคทีเรียสกุล *Plesiomonas*

Plesiomonas เป็นแบคทีเรียสกุลหนึ่งในวงศ์ Vibrionaceae สามารถพบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมทางน้ำ เช่น แหล่งน้ำจืด และน้ำเค็ม รวมทั้งสามารถแยกได้จากผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ปลา และอาหารทะเล (Farmer, Arduino, & Hickman-Brenner, 1997) แบคทีเรียสกุลนี้ประกอบด้วยแบคทีเรียเพียงชนิดเดียว คือ *Plesiomonas shigelloides* (Kirov, 1997) ซึ่งมีรายงานว่าแบคทีเรียชนิดนี้สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อที่บาดแผลและการติดเชื้อในกระแสเลือดก่อให้เกิดโรคอุจจาระร่วงในมนุษย์ได้ (Tsukamoto et al., 1978) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญคืออุณหภูมิปานกลางและจะไม่เจริญเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 8 เซลเซียส (Krovacek, Eriksson, Gonzalez-Rey, Rosinksy, & Ciznar, 2000)

8.4 แบคทีเรียสกุล *Photobacterium*

Photobacterium เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างตรง อ้วน เซลล์มีขนาด 0.8 - 1.3 × 1.8 - 2.4 ไมโครเมตร เคลื่อนที่โดยใช้แฟลกเจลลาที่ปลายเซลล์ แบคทีเรียสกุลนี้สามารถเจริญได้ทั้งสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญ คือ 20 องศาเซลเซียส และสามารถพบได้ในน้ำทะเล ผิวหนังและทางเดินอาหารสัตว์ทะเล รวมทั้งสิ่งแวดล้อมทางทะเล แบคทีเรียสกุล *Photobacterium* สามารถจัดจำแนกได้เป็น 3 ชนิด คือ *P. phosphoreum*, *P. leiognathi* และ *P. angstum* โดย *P. phosphoreum* และ *P. leiognathi* มีคุณสมบัติพิเศษคือสามารถเรืองแสงสีเขียวแกมน้ำเงินได้ (สุบัณฑิต นิ่มรัตน์, 2551ข)

9. รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

สนธิ แดงสกุล และลิลา เรืองแป้น (2541) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของ *Bacillus* จำนวน 6 สายพันธุ์ที่แยกได้จากผิวดินพื้นบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยเปรียบเทียบอัตราการรอดชีวิต น้ำหนักความยาวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตของลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่ได้รับโพรไบโอติกเป็นเวลา 15, 25, 35, 45 และ 55 วัน ติดต่อกัน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าโพรไบโอติกที่เตรียมจาก *Bacillus* PO27 เป็นสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการทำให้กุ้งกุลาดำมีอัตราการรอดชีวิตได้สูงอย่างสม่ำเสมอในทุกชุดการทดลอง คือ ร้อยละ 95.32, 92.00, 82.00, 76.66 และ 75.33 เมื่อได้รับโพรไบโอติกเป็นเวลา 15, 25, 35, 45 และ 55 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ *Bacillus* PO26 และ PO25 ให้อัตราการรอดชีวิตต่ำลงมาตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพในการเพิ่มน้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตนั้นพบว่า *Bacillus* PO26 และ PO27 จะให้ผลสูงกว่ากลุ่มอื่น ส่วน *Bacillus* สายพันธุ์อื่นมีประสิทธิภาพต่ำกว่าชุดควบคุม การวิจัยครั้งนี้แสดงถึงความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ของ *Bacillus* ที่แยกได้จากดินในบ่อกุ้งในแง่เป็นแบคทีเรียโพรไบโอติก อย่างไรก็ตามก่อนที่จะมีการเผยแพร่ให้นำไปใช้ต้องวิจัยเพิ่มเติมในด้านอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้ไม่ถูกวิธีหรือใช้ในปริมาณที่ไม่เหมาะสมนอกจากนี้จะต้องศึกษาถึงวิธีการผลิตและเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียกลุ่มนี้ต่อไป

มณจันทร์ เมฆธน และกมลพร มาแสวง (2543) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรีย 8 ชนิด ได้แก่ *Bacillus subtilis* AM-01, *B. licheniformis* AM-04, *Bacillus* sp. AM-14, *Bacillus* sp. AM-3065, *Nitrosomonas* sp. AM-11, *Nitrobacter* sp. AM-12, *Thiobacillus* sp. FW-01 และ *Thiobacillus* sp. SW-01 ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio harveyi* ที่เป็นสาเหตุของโรคเรืองแสงในกุ้ง โดยนำ *V. harveyi* เพาะลงในอาหาร Nutrient agar ที่เติมเกลือ 1.5 % โดยขีดเป็นเส้นตรง 1 เส้น จากนั้นนำเชื้อแบคทีเรียทดสอบแต่ละชนิดเพาะลงในอาหารโดยขีดเชื้อทดสอบเป็นรูปกากบาททับแนวเส้นขีดของ *V. harveyi* จากนั้นบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่ามีแบคทีเรีย 3 สายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการยับยั้ง *V. harveyi* ได้แก่ *B. subtilis* AM-01, *B. licheniformis* AM-04 และ *Nitrosomonas* sp. AM-11 พบว่า *B. subtilis* AM-01 มีความสามารถในการควบคุมการเจริญของ *V. harveyi* ช้ากว่า *B. licheniformis* AM-04 และ *Nitrosomonas* sp. AM-11 แต่เมื่อนำโคโลนีของ *V. harveyi* ที่ทดสอบด้วย *B. subtilis* AM-01 ไปศึกษาความผิดปกติด้วยกล้อง Transmission Electron Microscope (TEM) พบว่า *V. harveyi* มีรูปร่างทางสัณฐานวิทยาเปลี่ยนแปลงไปและมีขนาดเล็กลงกว่าปกติมาก จากนั้นได้นำ *V. harveyi* ที่มีความผิดปกตินี้มาเพาะเลี้ยงในอาหารจำเพาะ TCBS agar และทำการ Subculture ทุก ๆ 24 ชั่วโมง จำนวน 3 ครั้ง และนำไปตรวจสอบลักษณะโครงสร้างและรูปร่างด้วยกล้อง TEM อีกครั้ง พบว่าความผิดปกติของ

V. harveyi ที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะถาวรไม่มีแนวโน้มที่จะกลับคืนสภาพปกติ แบคทีเรียชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้ในบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อยับยั้งการเจริญของ *V. harveyi* มากที่สุด ส่วน *B. licheniformis* AM-04 และ *Nitrosomonas* sp. AM-11 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดรูปร่างของ *V. harveyi* น้อยกว่า

ฉัทชนัน ศิริไพร, นนทวิทย์ อารีชน, เรืองวิชญ์ ยุ้นพันธุ์ และนิติ ชูเชิด (2549) ได้ศึกษาการใช้เบต้ากลูแคนเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันในกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone) โดยประเมินจากองค์ประกอบทางภูมิคุ้มกันต่าง ๆ ได้แก่ Total haemocyte count, Phenoloxidase, Bactericidal activity และความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *V. harveyi* จากผลการศึกษาพบว่ากุ้งขาวที่ได้รับเบต้ากลูแคนความเข้มข้น 3 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 14 วัน มีระดับภูมิคุ้มกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากกลุ่มที่ได้รับเบต้ากลูแคน 1 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมและกลุ่มควบคุม แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่ได้รับเบต้ากลูแคน 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ต่อมาได้ทำการศึกษาถึงระยะเวลาการให้เบต้ากลูแคนที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของกุ้งขาว ผลการศึกษากุ้งขาวที่ได้รับเบต้ากลูแคน 3 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม นาน 4 สัปดาห์ใน 1 เดือน มีระดับภูมิคุ้มกันสูงกว่ากลุ่มที่ให้เบต้ากลูแคน 2 และ 3 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และระดับภูมิคุ้มกันยังคงมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมประมาณ 4 สัปดาห์หลังจากหยุดให้เบต้ากลูแคน และเมื่อให้เบต้ากลูแคนอีกในระดับความเข้มข้นเท่าเดิมพบว่ากุ้งขาวมีระดับภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น ดังนั้นการให้กุ้งได้รับเบต้ากลูแคน 3 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 1 เดือน หยุดให้ 1 เดือน จากนั้นจึงให้อีกครั้งที่ความเข้มข้นและระยะเวลาเท่าเดิมจะมีผลในการเพิ่มระดับภูมิคุ้มกันของกุ้งขาวให้สูงขึ้นในช่วงระยะเวลาของการเลี้ยง

ไตรมาศ บุญไทย, วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย และสุบัณฑิต นิ่มรัตน์ (2550) ได้ทำการศึกษาผลของแบคทีเรียโพรไบโอติกที่เป็น Bacillus จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ BUU 001, BUU 002, BUU 003, BUU 004 และ BUU 005 ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ *Vibrio* และปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งการทดลองนี้ได้นำเอาแบคทีเรียโพรไบโอติกผสม 2 รูปแบบ คือ โพรไบโอติกรูปแบบเซลล์ที่มีชีวิตและเซลล์แช่แข็งเติมลงในอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จากนั้นนำมาเลี้ยงกุ้งกุลาดำอายุ 1 เดือน เป็นเวลา 120 วัน โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเติมแบคทีเรียโพรไบโอติก จากการทดลองพบว่ากุ้งกุลาดำกลุ่มที่ได้รับโพรไบโอติกรูปแบบเซลล์มีชีวิตและเซลล์แช่แข็งมีปริมาณ *Vibrio* ในตับลดลงร้อยละ 46.13 และ 34.86 ตามลำดับ และปริมาณ *Vibrio* ในลำไส้ลดลงร้อยละ 62.21 และ 34.89 ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามปริมาณ *Vibrio* ในตับและลำไส้กุ้งกุลาดำของกลุ่มควบคุมมีปริมาณเพิ่มขึ้น ชี้ให้เห็นว่าแบคทีเรียโพรไบโอติกที่เติมในอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ *Vibrio* ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรคของกุ้ง

กุลาดำ สำหรับปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในตับของกุ้งกุลาดำกลุ่มที่ได้รับโพรไบโอติกรูปแบบเซลล์มีชีวิตและเซลล์แช่แข็งเพิ่มขึ้นร้อยละ 103.33 และ 103.69 ตามลำดับ และปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในลำไส้กุ้งกุลาดำเพิ่มขึ้นร้อยละ 95.47 และ 115.65 ตามลำดับ แสดงว่าแบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถเพิ่มจำนวนและมีชีวิตอยู่ในระบบทางเดินอาหารของกุ้งกุลาดำได้

นิตยา ยิ้มเจริญ, นนทวิทย์ อารีย์ชน, ชุมพล ศรีทอง และนิติ ชูเชิด (2550) ได้ศึกษาการใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) โดยทดลองใช้โพรไบโอติกชนิด *B. subtilis* และ *B. licheniformis* ซึ่งแยกจากลำไส้กุ้งกุลาดำ นำมาผสมกับอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นเวลา 1 เดือน พบว่าการใช้ *B. subtilis* ร่วมกับ *B. licheniformis* ในอัตราส่วน 1:1 ที่ 3 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีผลทำให้ระดับภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยทำให้มีปริมาณเม็ดเลือดรวมทั้งหมด (Total haemocyte count) ขบวนการกลืนกินสิ่งแปลกปลอม (Phagocytic activity) และความว่องไวของน้ำเลือดกุ้งในการทำลายเชื้อแบคทีเรีย (Bactericidal activity) สูงที่สุด และพบว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมโพรไบโอติกทุกกลุ่มทดลองมีจำนวนเชื้อ *Vibrio* spp. ในลำไส้น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ต่อมาทำการศึกษาระยะเวลาการให้โพรไบโอติกที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของกุ้งกุลาดำโดยให้อาหารที่ผสมโพรไบโอติกชนิด *B. subtilis* และ *B. licheniformis* ที่ 3 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทุกวันและวันเว้นวันเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่ากุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารผสมโพรไบโอติกทุกวันมีระดับภูมิคุ้มกันสูงกว่ากุ้งกุลาดำกลุ่มที่ได้รับวันเว้นวันและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมโพรไบโอติกทั้งสองกลุ่มทดลองมีจำนวนเชื้อ *Vibrio* spp. ในลำไส้น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) และพบว่าระดับภูมิคุ้มกันยังคงสูงอย่างเห็นได้ชัดหลังจากหยุดให้อาหารผสมโพรไบโอติกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วจึงค่อย ๆ ลดลงเท่ากับกลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 2 และเมื่อให้อาหารที่ผสมโพรไบโอติกอีกครั้ง พบว่ากุ้งมีระดับภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และจำนวนเชื้อ *Vibrio* spp. ในลำไส้มีจำนวนลดลง จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกชนิด *B. subtilis* และ *B. licheniformis* ที่ 3 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีผลในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของกุ้งกุลาดำได้เป็นที่น่าพอใจโดยควรให้จุลินทรีย์ดังกล่าวอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเลี้ยง

วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล และนนทวิทย์ อารีย์ชน (2550) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของ *Bacillus* sp. ที่แยกได้จากลำไส้กุ้งกุลาดำที่อ่าวไทย บริเวณจังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2548 ถึงกันยายน พ.ศ. 2549 จำนวน 120 ตัวอย่าง ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่พบในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จากการทดลองด้วยวิธี Cross streak จากผลการทดลองพบว่า *Bacillus* W803 และ *Bacillus* W120 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. hydrophila* AQAH ได้ เมื่อเวลาผ่านไป 24

ชั่วโมง และสร้างสารปฏิชีวนะสูงสุดเมื่อเวลา 48 ชั่วโมง โดยเชื้อ *Bacillus* W120 สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้สูงกว่า *Bacillus* W803 เชื้อ *Bacillus* W806 และ *Bacillus* W902 สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อ *Streptococcus agalactiae* AQST ในเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อทดสอบโดยวิธี Cross streak method ถึงแม้ว่า *Bacillus* spp. ที่พบในการศึกษานี้จะไม่สามารถยับยั้ง *V. harveyi* AQVH ได้ แต่พบว่าเมื่อนำเชื้อบริเวณที่จุดที่เชื้อทั้งสองเจริญร่วมกันมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเชื้อก่อโรคด้วยกล้อง Transmission Electron Microscope (TEM) พบว่า *V. harveyi* AQVH โดยเฉพาะ *V. harveyi* AQVH ที่ทดสอบกับ *Bacillus* WL01 พบว่ามีรูปร่างหดสั้นที่สุด โดยมีความกว้างและความยาวลดลง 58.84% และ 72.07% ตามลำดับ โดย *Bacillus* นั้นรูปร่างไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อนำ *Bacillus* spp. ที่คัดเลือกได้มาทดสอบความสามารถในการลดปริมาณเชื้อก่อโรคในน้ำเลี้ยง พบว่า *Bacillus* W803 และ *Bacillus* W120 สามารถลดปริมาณ *A. hydrophila* AQAH ได้ 22.42% และ 27.05% ตามลำดับ *Bacillus* W806 และ *Bacillus* W902 สามารถลดปริมาณเชื้อ *S. agalactiae* AQST ได้ 11.98% และ 11.97% ตามลำดับ *Bacillus* WL01 และ *Bacillus* W1106 สามารถลดปริมาณเชื้อ *V. harveyi* AQVH ในน้ำทะเลความเค็ม 20 พีพีที ได้ 22.75% และ 20.23% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า *Bacillus* spp. สามารถมีชีวิตอยู่ในน้ำได้นานมากกว่า 5 วัน และลดปริมาณเชื้อก่อโรคจากความเข้มข้น 10^6 ได้เป็น 10^5 CFU/ml ในระยะเวลา 24 - 48 ชั่วโมง จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเชื้อที่คัดเลือกไปประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป

มินตรา ศีลอุดม, นนทวิทย์ อารีย์ชน และประพันธ์ศักดิ์ ศรียะภูมิ (2551) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของ *Bacillus* spp. ที่แยกได้จากลำไส้ของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei* Boone) ในการควบคุมเชื้อ *V. harveyi* โดยทำการคัดแยก *Bacillus* spp. จากลำไส้ของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei* Boone) จากฟาร์มเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรบริเวณจังหวัดฉะเชิงเทราและนครปฐมจำนวน 80 ตัวอย่าง พบ *Bacillus* 5 ชนิด คือ *B. licheniformis*, *B. coagulans, B. cereus*, *B. sphaericus* และ *B. subtilis* เมื่อนำมาศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้ง *V. harveyi* ด้วยวิธี Cross streak พบว่า *B. licheniformis* สายพันธุ์ BLF และ *B.licheniformis* สายพันธุ์ BLS แสดงลักษณะการยับยั้งการเจริญของ *V. harveyi* AQVH03 เชื้อ *B. cereus* สายพันธุ์ BCES และ *B. sphaericus* แสดงลักษณะการครอบครองพื้นที่ของเชื้อ *V. harveyi* AQVH03 ส่วน *B. cereus* สายพันธุ์ BCEF, *B. coagulans* และ *B. subtilis* ไม่แสดงการยับยั้ง *V. harveyi* AQVH03 เมื่อนำ *Bacillus* spp. ที่แยกได้มาทำการทดสอบความสามารถในการลดปริมาณ *V. harveyi* AQVH03 ในน้ำทะเลความเค็ม 20 พีพีที พบว่าเชื้อ *B. licheniformis* สายพันธุ์ BLF, *B. licheniformis* สายพันธุ์ BLS, *B. cereus* สายพันธุ์ BCEF, *B. cereus* สายพันธุ์ BCES, *B. coagulans*, *B. sphaericus* และ *B. subtilis* สามารถลดปริมาณ *V. harveyi* AQVH03 จาก 1.57 ×

10^5 CFU/ml เป็น 5.67×10^4, 1.03×10^4, 7.96×10^4, 8.00×10^4, 1.50×10^5, 3.67×10^4 และ 6.67×10^4 CFU/ml ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 63.98, 34.32, 49.36, 49.15, 2.54, 76.69 และ 57.63 ตามลำดับ เชื้อ *Bacillus* ที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อ *V. harveyi* ได้มากกว่าร้อยละ 50 คือ *B. licheniformis* สายพันธุ์ BLF, *B. sphaericus* และ *B. subtilis* ทุกชนิดที่เลี้ยงร่วมกับ *V. harveyi* สามารถเจริญและมีชีวิตอยู่ได้ตลอดการทดลอง 120 ชั่วโมง จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำ *Bacillus* บางชนิดจากการทดลองครั้งนี้ไปศึกษาต่อเพื่อยืนยันประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *V. harveyi* ในลักษณะอื่น ๆ รวมทั้งการศึกษาถึงความเหมาะสมในการใช้เป็นโพรไบโอติกในกุ้งขาวต่อไป

ปาจรีย์ จือเหลียง, ชลอ ลิ้มสุวรรณ, นิติ ชูเชิด, วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล และพรเลิศ จันทร์รัชชกูล. (2555) ได้ทำการศึกษาผลของแบคทีเรียกลุ่มบาซิลลัส (*Bacillus* spp.) ในการควบคุม *V. harveyi* และอัตราการรอดชีวิตในการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยทำการคัดแยกแบคทีเรียจากผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก ซึ่งคัดแยกได้ 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *Brevibacillus parabrevis*, *Bacillus velezensis*, *B. amyloliquifaciens*, *B. subtilis* และ *B. megaterium* จากนั้นนำมาทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค *V. harveyi* ด้วยวิธี agar wells plate ผลการทดสอบพบว่าแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้ง 5 สายพันธุ์มีความสามารถการยับยั้ง *V. harveyi* ได้ดีภายในเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นทำการศึกษาผลของโพรไบโอติกต่ออัตราการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมขนาดน้ำหนัก 7 - 8 กรัม โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ ชุดควบคุม (เลี้ยงด้วยอาหารปกติ) และชุดทดลอง ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปที่ผสมผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกในอัตราส่วนโพรไบโอติก 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม โดยทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 60 วัน ผลการทดลองพบว่าอัตราการรอดชีวิตของกุ้งขาวแวนนาไมในชุดทดลอง (75.00 ± 1.92%) มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม (63.33 ± 2.72%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งในกลุ่มทดลอง (21.55 ± 1.98 กรัม) มีค่าไม่แตกต่างกับชุดควบคุม (23.70 ± 1.57 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

Moriarty (1998) ได้ศึกษา *Bacillus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ใช้ควบคุม *Vibrio* ในบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างฟาร์มที่มีปัญหาเรื่อง *Vibrio* เรืองแสงกับฟาร์มที่ไม่มีปัญหาในประเทศอินโดนีเซีย พบว่าฟาร์มที่มีการใช้ *Bacillus* เป็นแบคทีเรียโพรไบโอติกแต่ไม่ประสบความสำเร็จ กุ้งกุลาดำยังคงมีอัตราการตายสูง เกิดจากฟาร์มไม่มีประสบการณ์ในการใช้แบคทีเรียโพรไบโอติกและมีการใช้โพรไบโอติกเพียง 80 วันเท่านั้น ในทางตรงกันข้ามฟาร์มที่ใช้แบคทีเรียโพรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งมากกว่า 160 วัน จะไม่ประสบกับปัญหาและพบว่าแบคทีเรียโพรไบโอติกยังช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับ *Vibrio* เรืองแสงในกุ้งอีกด้วย โดยวิธีการใช้แบคทีเรียโพรไบโอติกจะเติมลงในน้ำบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งในปริมาณ 10^4 - 10^5 CFU/ml นอกจากนี้ยังพบว่า

ปริมาณของ *Vibrio* ในดินตะกอนมีปริมาณลดลงและไม่พบ *Vibrio* เรืองแสงในดินตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งที่เติม *Bacillus*

Rengpipat et al. (1998) ได้ศึกษาผลของ *Bacillus* S11 ที่มีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดชีวิตของกุ้งกุลาดำ โดยเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อคอนกรีตขนาด 80 × 74 × 87 เซนติเมตร ที่มีระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดเป็นเวลา 100 วัน แบ่งการให้อาหารที่เติมโพรไบโอติกออกเป็น 3 รูปแบบ คือ เซลล์มีชีวิต (Fresh cell) เซลล์มีชีวิตในสารละลาย Normal saline (Fresh cell in normal saline solution) และเซลล์ระเหิดแห้ง (Lyophilized cells) จากการทดลองพบว่า กุ้งกุลาดำกลุ่มที่เติมโพรไบโอติกมีอัตรารอดชีวิตและน้ำหนักสูงกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่มีความแตกต่างกันในกลุ่มที่ให้อาหารที่เติมโพรไบโอติกรูปแบบต่างกัน หลังการเลี้ยง 100 วัน ได้ทำการเหนี่ยวนำให้เกิดโรคโดยการเติม *V. harveyi* สายพันธุ์ D331 ความเข้มข้น 10^5 CFU/ml เป็นเวลา 10 วัน พบว่ากุ้งกุลาดำกลุ่มที่ได้รับโพรไบโอติกมีอัตราการรอดชีวิต 100 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กลุ่มที่ไม่ได้รับโพรไบโอติกมีอัตรารอดชีวิตเพียงร้อยละ 26 เท่านั้น ซึ่งกุ้งที่รอดชีวิตของกลุ่มที่ได้รับโพรไบโอติกมีลักษณะสมบูรณ์สุขภาพดีส่วนกุ้งที่รอดชีวิตของกลุ่มที่ไม่ได้รับโพรไบโอติกนั้นมีสุขภาพไม่ค่อยดี โดยมีลักษณะภายนอกและลักษณะของตับและลำไส้ผิดปกติ

Scholz et al. (1999) ได้ศึกษาการเพิ่มภูมิต้านทานต่อโรค Vibriosis ของกุ้งขาวแวนนาไมระยะวัยรุ่นด้วยการเติมยีสต์และผลิตภัณฑ์จากยีสต์ลงในอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งโดยออกแบบการทดลองเป็น 5 ชุดการทดลอง ได้แก่ 1) เติม 1% *Saccharomyces cerevisiae* 2) เติมเบต้ากลูแคนจาก *S. cerevisiae* 3) เติม 1% *Phaffia rhodozyma* 4) เติมยีสต์ที่แยกได้จากการทดลอง ($HPPR_1$) และ 5) ไม่เติมยีสต์และผลิตภัณฑ์จากยีสต์ (ชุดควบคุม) ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ จากการทดลองพบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกุ้งแต่ละชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.196) ส่วนอัตราการรอดชีวิตของกุ้งที่เลี้ยงด้วย *S. cerevisiae*, *P. rhodozyma* และ $HPPR_1$ มีค่าสูงกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกุ้งที่เลี้ยงด้วยเบต้ากลูแคนจาก *S. cerevisiae* แต่มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งในทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.233) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ต่อมาทำการทดสอบภูมิคุ้มกันโรคของกุ้งทั้ง 5 ชุดการทดลองด้วยการเติม *V. harveyi* BP05 ความเข้มข้น 10^7 CFU/ml เมื่อเวลาผ่านไป 27 ชั่วโมง ทำการตรวจนับปริมาณแบคทีเรีย พบว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วย *S. cerevisiae*, *P. rhodozyma*, $HPPR_1$ และชุดควบคุมมีปริมาณ *V. harveyi* BP05 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกุ้งที่ไม่ได้ทำการทดสอบภูมิคุ้มกันด้วย *V. harveyi* BP05 ในขณะเดียวกันกุ้งที่เลี้ยงด้วยเบต้ากลูแคนจาก *S. cerevisiae* มีปริมาณ *V. harveyi* เพิ่มขึ้น ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 10^3 CFU/ml นอกจากนี้กิจกรรมของเอนไซม์ Phenoloxidase ของกุ้งที่เลี้ยงด้วย *P. rhodozyma* มีค่าต่ำ

กว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.003) ยกเว้นกุ้งที่เลี้ยงด้วยเบต้ากลูแคนจาก *S. cerevisiae* จากการทดลองแสดงให้เห็นว่ายีสต์มีผลต่อการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันโดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Phaffia rhodozyma* จึงทำให้กุ้งที่เลี้ยงด้วย *Phaffia rhodozyma* มีอัตราการรอดชีวิตสูงในขณะที่เบต้ากลูแคนมีผลต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกันได้ต่ำ

Ziaei-Nejed et al. (2006) ทำการศึกษาผลของ *Bacillus* ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ อัตราการรอดชีวิต และอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งทะเล (*Fenneropenaeus indicus*) ใน 3 ระยะ ได้แก่ ระยะนอร์เพลียสถึงระยะซูเอีย ให้โพรไบโอติกโดยการเติมลงไปในน้ำที่เพาะเลี้ยง และระยะไมซิสถึงระยะโพสลาวา 14 ให้โพรไบโอติกโดยการเติมลงน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงและอาหาร (อาร์ทีเมีย) ส่วนระยะสุดท้าย คือ ระยะโพสลาวา 30-120 ให้โพรไบโอติกโดยการเติมลงในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยง ต่อมาทำการนับจำนวน *Bacillus* ในทางเดินอาหาร ผลการทดลองพบว่า ปริมาณ *Bacillus* ในทางเดินอาหารของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียที่เติมโพรไบโอติกมีปริมาณมากกว่าการเติมโพรไบโอติกลงในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยง รวมทั้งกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส โปรติเอส และไลเพสของกุ้งแชบ๊วยที่เติมโพรไบโอติกมีระดับสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโพรไบโอติก นอกจากนี้อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดชีวิตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งที่ได้รับโพรไบโอติกยังมีค่าที่ดีกว่ากุ้งที่ไม่ได้รับโพรไบโอติกอีกด้วย ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งด้วยโพรไบโอติกตั้งแต่ยังเพาะเลี้ยงอยู่ในโรงเพาะเลี้ยงจนถึงเพาะเลี้ยงอยู่ในฟาร์มจะช่วยพัฒนาการเจริญเติบโตของกุ้งได้เป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University