บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius)

กุ้งกุลาดำ หรือกุ้งกะลา หรือกุ้งม้าลายมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Penaeus monodon* Fabricius และมีชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า Tiger prawn หรือ Jumbo tiger prawn กุ้งชนิดนี้อยู่ในวงศ์ Penaeidae ในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ลำตัวจะมีลำตัวสีม่วงแดง มีแถบสีน้ำตาลหรือดำพาดขวางลำตัวเป็นปล้องๆ โคนขาว่ายน้ำมีแถบสีเหลืองเป็นปล้องๆ เปลือกหัวเกลี้ยงไม่มีขน หนวดมีสีดำไม่มีลาย ฟันกรีด้านบนมี 7-8 ซี่ ด้านล่างมี 3 ซี่ ร่องข้างกรีทั้งสองด้านมีลักษณะแคบและยาวไม่ถึงฟันกรีอันสุดท้าย ที่ขาเดินคู่ที่ 5 ไม่มีระยางค์อันนอก

กุ้งกุลาดำเป็นกุ้งที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในวงศ์ Penaeidae ถิ่นอาศัยของกุ้งกุลาดำได้แก่ น่านน้ำแถบได้หวัน ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และที่พบมากได้แก่ ออสเตรเลียและอินเดีย กุ้งชนิดนี้พบในเขตร้อนชอบอาศัยอยู่ในบริเวณน้ำลึก ห่างออกจากฝั่งและชอบพื้นทะเลที่เป็นดินทราย สามารถทนอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง และความเค็มต่ำ เช่น บริเวณป่าชายเลน เป็นกุ้งที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว

กุ้งกุลาดำวางไข่ในทะเล กุ้งที่อายุประมาณ 12 – 18 เดือนจะวางไข่ในทะเลลึกที่รับน้ำประมาณ 15 – 30 เมตร ใกล้กับพื้นท้องทะเล กุ้งขนาด 70 – 150 กรัม จะวางไข่ครั้งละประมาณ 1,000,000 – 1,200,000 ฟอง

การวิวัฒนาการและการเปลี่ยนรูปร่างของกุ้ง

1. **ลูกกุ้งวัยอ่อนในระยะหนึ่ง (ระยะนอเพลียส)** เป็นลูกกุ้งที่ฟักออกจากไข่ใหม่ๆ จะมีขนาดเล็ก มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทั้งหมด 6 ครั้งภายใน 40 – 50 ชั่วโมง ระยะนี้ลูกกุ้งยังไม่กินอาหาร แต่จะได้อาหารส่วนใหญ่จากถุงอาหารที่ติดตัวมาและจะมีชีวิตส่วนใหญ่อยู่ตามหน้าดิน

นอเพลียสที่ 1 ขนาดลำตัวประมาณ 0.30 มิลลิเมตร รูปร่างค่อนข้างกลม หัวโตเรียวเล็กไปทางด้านหาง มีระยางค์ 3 คู่ มีตาอันเดียวอยู่ระหว่างระยางค์คู่ที่ 1

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอเพลียสที่ 2 ขนาดลำตัวยาวประมาณ 0.30 - 0.36 มิลลิเมตร ระยางค์เริ่มแบ่งออกเป็นปล้อง หนามปลายหางใหญ่ และยาวออก

นอเพลียสที่ 3 ขนาดลำตัวยาวประมาณ 0.36 – 0.38 มิลลิเมตร เริ่มปรากฏฐานของระยางค์ท้อง ปลายหางเรียวเล็ก มีหนาม 3 คู่

นอเพลียสที่ 4 ขนาดลำตัวยาวประมาณ 0.36 – 0.40 มิลลิเมตร ปลายของระยางค์ท้องแยกออกเป็นสองแฉก มีหนามที่ปลายหาง 4 คู่

นอเพลียสที่ 5 ขนาดลำตัวยาวประมาณ 0.40 – 0.44 มิลลิเมตร เริ่มมีเปลือกหัว ขากรรไกรกลม ลำตัวยาวออก ปลายหางแยกเป็น 2 แฉก

นอเพลียสที่ 6 ขนาดลำตัวยาวประมาณ 0.42 – 0.50 มิลลิเมตร เปลือกหัวใหญ่ขึ้น ขากรรไกรยาวออกมีหนามที่ปลายหาง 7 คู่

2. **ลูกกุ้งวัยอ่อนในระยะที่สอง (โปรโตซูเอีย)** ลูกก้งจะมีลำตัวยาวขึ้น ส่วนหัวโตเห็นได้ชัด ลูกกุ้งจะค่อยๆลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำและเริ่มกินอาหาร อาหารของลูกกุ้งในระยะนี้ส่วนใหญ่เป็นพวกแพลงก์ตอนพืชเล็กๆ ลูกกุ้งจะเดินทางเข้าหาฝั่งและจะอยู่ในระยะที่สองประมาณ 4 วัน มีการเปลี่ยนแปลงลอกคราบสามครั้ง แต่ละครั้งจะมีรูปร่างดังนี้คือ

โปรโตซูเอียที่ 1 ขนาดลำตัวยาว 0.85 – 1.00 มิลลิเมตร ลำตัวแบ่งออกเป็นสามส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ส่วนอกแยกเป็น 6 ปล้อง ส่วนหัวมีเปลือกคุมตลอด ตายังอยู่ภายในเปลือกมองเห็นเป็นจุดดำ แยกออกเป็น 2 ตา แต่ยังไม่มีก้านตา ระยางค์คู่ที่ 3 เปลี่ยนหน้าที่จากการช่วยในการว่ายน้ำมาทำหน้าที่ช่วยในการกินอาหาร ปลายหางมีหนาม 7 คู่ ระบบทางเดินอาหารเห็นได้ชัดเจนตลอดลำตัว

โปรโตซูเอียที่ 2 ขนาดลำตัวยาวประมาณ 1.20 – 1.40 มิลลิเมตร ตาโผล่พ้นเปลือกหัวมีก้านตายาว กรีแหลมยื่นไปข้างหน้า ระหว่างตามีหนาม 1 คู่ บนเปลือกหัว เปลือกหัวเริ่มขยายออกคลุมส่วนอกและที่ส่วนท้องเริ่มแบ่งเป็น 5 ปล้อง ส่วนหางแยกเป็นสองแฉกและมีขนข้างละเจ็ดเส้น

โปรโตซูเอียที่ 3 ขนาดลำตัวยาวประมาณ 1.50 – 2.00 มิลลิเมตร แพนหางชั้นนอกมีขนาดใหญ่กว่าแพนหางชั้นใน รอบๆแพนหางมีขน มีระยางค์ว่ายน้ำเกิดขึ้นที่ปล้องอกทั้ง 5 ปล้อง

3. **ลูกกุ้งวัยอ่อนในระยะที่สาม (ระยะไมซิส)** ลูกกุ้งในระยะนี้มีลักษณะคล้ายพ่อแม่มากขึ้นสามารถมองเห็นได้ชัดเจน จะอยู่ในระยะนี้ประมาณ 7 วัน มีการเปลี่ยนแปลง 3 ระยะ คือ

ไมซิสที่ 1 ส่วนหัวกับส่วนอกเชื่อมติดกัน ระยางค์อกยังคงทำหน้าที่ว่ายน้ำ ปลายระยางค์แบ่งเป็น 2 แฉก ส่วนท้องแบ่งออกเป็น 6 ปล้อง หนามบนปล้องท้องที่ 1 และ 2 หายไป ปลายหางมีหนาม 8 คู่ หนวดคู่ที่ 1 แบ่งเป็น 3 ปล้อง ปลายหางเป็นสองแฉก ลำตัวมีความยาวประมาณ 2.50 – 3.00 มิลลิเมตร

ไมซิสที่ 2 ส่วนหัวกับส่วนอกเชื่อมติดกันอย่างสมบูรณ์ มีเปลือกหัวคลุมตลอดระยางค์คู่ที่ 1 ถึง 3 ตรงปลายเปลี่ยนเป็นก้ามหนีบ ระยางค์ว่ายน้ำที่ปล้องท้องเจริญขึ้น หนามบนปล้องที่ 3 หายไป หางเว้าเล็กน้อย ลำตัวมีความยาวประมาณ 3.00 – 3.45 มิลลิเมตร

ไมซิสที่ 3 ขาว่ายน้ำเจริญขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ปล้อง มีฟันกรี 1-2 อัน ที่สันกรีบน ลำตัวมีความยาวประมาณ 4.04 – 4.50 มิลลิเมตร

4. **ลูกกุ้งวัยอ่อนในระยะที่สี่ (ระยะโพสลาวา)** ระยะโพสลาวาเป็นระยะตัวอ่อนขั้นสุดท้าย ระยะนี้ลูกกุ้งจะมีตัวยาวประมาณ 5.50 มิลลิเมตร ลูกกุ้งมีระยางค์ครบเหมือนตัวเต็มวัยและมีวิวัฒนาการไปเรื่อยๆ จนเข้าสู่กุ้งวัยรุ่น โดยแบ่งเป็น 25 ระยะ ภายใน 25 วัน เรียกว่าโพสลาวาที่ 1 (พี 1) เรื่อยไปถึงโพสลาวาที่ 25 (พี 25) หลังการลอกคราบแต่ละครั้งรูปร่างลักษณะจะเปลี่ยนแปลงไปสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ลูกกุ้งจะมีสีเหลืองใส มีลายหรือจุดเกิดขึ้น หนามบนลำตัวหายไปหมด

การลอกคราบ กุ้งจำเป็นต้องลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโต ทั้งนี้เพราะเปลือกกุ้งเป็นอวัยวะที่ไม่สามารถเพิ่มขนาดได้ ดังนั้นในการเพิ่มขนาดตัวของกุ้งแต่ละครั้งจึงจำเป็นต้องสลัดเปลือกเก่าทิ้งไปแล้วสร้างเปลือกใหม่ที่มีขนาดใหญ่กว่าขึ้นมาแทน กุ้งจะเริ่มลอกคราบตั้งแต่ออกจากไข่เพียงไม่กี่ชั่วโมง และจะลอกคราบไปตลอดชีวิต กุ้งก่อนที่จะลอกคราบจะมีการสะสมอาหารในร่างกายมากกว่าปกติโดยเฉพาะสารที่สร้างเปลือก เพราะเปลือกจะต้องแข็งตัวโดยเร็ว เมื่อกุ้งสลัดเปลือกออกหมด ลำตัวจะขยายขนาดใหญ่ขึ้น และเปลือกจะแข็งตัวภายใน 3-8 ชั่วโมง การลอกคราบของกุ้งแต่ละครั้งอยู่ภายใต้การควบคุมของระบบประสาทส่วนกลางและฮอร์โมน 2 ชนิดที่อยู่ในก้านตา ดังนั้นถ้ามีการตัดก้านตาออกจะทำให้กุ้งลอกคราบได้เร็วขึ้น แต่โดยทั่วไปนั้นการลอกคราบของกุ้งมักขึ้นกับปัจจัยหลายๆ ด้านด้วย เช่น วัยของกุ้ง อาหาร แสง และอุณหภูมิ ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสมกับกุ้งจะลอกคราบห่างกันครั้งละประมาณ 20 – 30 วัน

ลักษณะนิสัยของกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำเป็นกุ้งขนาดใหญ่ สามารถเลี้ยงในบ่อให้โตถึง 150 – 200 กรัม โตเร็วในระยะเวลา

3 –4 เดือน มีความอดทนสูง สามารถปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำในบ่อได้เร็ว ทนอยู่ได้ในน้ำที่มีช่วงความเค็มค่อนข้างกว้าง คือประมาณ 0.2 – 70 ส่วนในหนึ่งพัน แต่จะโตเร็วในน้ำที่มีช่วงความเค็มระหว่าง 15 – 30 ส่วนในหนึ่งพัน ชอบหากินตามพื้นบ่อ กินอาหารได้ทุกเวลา กินอาหารจำพวกพืชและสัตว์ทั้งที่ตายแล้วและยังมีชีวิต สามารถเพาะและแพร่พันธุ์ได้จากพ่อแม่พันธุ์จากทะเลหรือจากบ่อ ชอบหมกตัวและชอบอยู่ตามหน้าดิน วงจรชีวิตมีอายุขัยประมาณ 18 – 24 เดือน วางไข่ในน้ำทะเลลึก 30 – 40 เมตร ใกล้กับพื้นดิน โดยแม่กุ้งจะวางไข่ในทะเลแล้วไข่กุ้งจะฟักออกเป็นตัว จากนั้นลูกกุ้งวัยอ่อนจะเคลื่อนที่เข้าสู่ชายฝั่ง ขณะเดียวกันกุ้งจะเจริญเติบโตขึ้นเรื่อยๆ โดยวิธีลอกคราบ พอลูกกุ้งเจริญเติบโตถึงขั้นสุดท้ายก็จะเป็นกุ้งวัยรุ่นและจะเข้าถึงบริเวณน้ำกร่อยพอดี บริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่กุ้งใช้เลี้ยงตัวเนื่องจากมีอาหารอุดมสมบูรณ์ เมื่อกุ้งโตมีขนาดประมาณ 50 กรัม ก็จะเริ่มเดินทางกลับออกสู่ทะเล เพื่อทำการผสมพันธุ์และวางไข่ต่อไป

นิสัยการกินอาหารของกุ้ง

กุ้งเป็นสัตว์ทะเลที่กินอาหารได้ทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ แต่ชอบที่จะกินเนื้อสัตว์มากกว่าที่จะกินพืชโดยกุ้งมีประสาทรับกลิ่นคือหนวด กุ้งกินอาหารที่อยู่บริเวณหน้าดินโดยใช้ขาเดินคู่ที่ 1 หรือ 2 จับอาหารแทะกิน ดังนั้นอาหารกุ้งจึงควรมีลักษณะที่จมน้ำละลายน้ำได้ช้า กุ้งไม่ใช้สัตว์สังคมมีนิสัยยึดครองอาหารไม่แบ่งปันกัน นอกจากนี้ในช่วงเวลาที่กุ้งลอกคราบกุ้งจะหยุดกินอาหารและจะกินมากหลังจากที่ลอกคราบเสร็จใหม่ๆ

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ

1. **อุณหภูมิ** กุ้งกุลาดำต้องการอุณหภูมิในการเจริญเติบโตในระหว่าง 25 – 30 องศาเซลเซียส กุ้งเป็นสัตว์เลือดเย็นไม่สามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้เหมือนสัตว์เลือดอุ่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำตามธรรมชาติแบบค่อยเป็นค่อยไปอย่างช้าๆ จะไม่มีผลต่อการดำรงชีวิตของกุ้ง แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นหรือลดลงต่ำมากเกินไป กุ้งอาจตายได้เช่นกัน

2. **ความเค็มของน้ำ** ความเค็ม หมายถึง ปริมาณของโซเดียมคลอไรด์ที่ละลายในน้ำ หรือหมายถึงปริมาณเกลือทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล นิยมวัดเป็นกิโลกรัมของน้ำ มีหน่วยเป็น พี.พี.ที. (ppt) หรือส่วนพัน น้ำทะเลในนากุ้งเมืองไทยมีความเค็มอยู่ระหว่าง 5 – 38 ส่วนในหนึ่งพัน ในกรณีที่น้ำในนากุ้งมีความเค็มสูงกว่าความเค็มของเลือดในตัวกุ้ง น้ำในตัวกุ้งจะซึมออกจากตัวกุ้งอยู่ตลอดเวลา ทำให้กุ้งสูญเสียน้ำจนกุ้งเสียชีวิต แต่กุ้งแก้ปัญหาด้วยวิธีดื่มน้ำเค็มเข้าทางปาก น้ำจืดส่วนหนึ่งจะถูกดึงกลับเข้าไปทดแทนในร่างกายทำให้กุ้งมีชีวิตอยู่ต่อได้ ส่วนในกรณีที่น้ำในนากุ้งมี

ความเค็มต่ำกว่าความเค็มในเลือดกุ้ง กุ้งจะมีปัญหาที่ตรงกันข้ามกับกรณีแรก คือน้ำจากภายนอกจะไหลเข้าในตัวกุ้ง ทำให้เลือดภายในตัวกุ้งจืดจาง ซึ่งในกรณีหลังนี้กุ้งจะต้องขับน้ำส่วนเกินออกจากร่างกาย เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของเลือดให้คงที่ ทำให้กุ้งมีชีวิตอยู่ได้ การปรับความเค็มเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไป กุ้งจะเจริญเติบโตช้าลงเมื่อความเค็มสูงกว่า 25 ส่วนในหนึ่งพัน และการเปลี่ยนความเค็มอย่างรวดเร็วอาจทำให้กุ้งช็อคตายได้

3. **ออกซิเจน** ออกซิเจนในน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่จะช่วยให้น้ำในนากุ้งมีสภาพดี นอกจากกุ้งจะใช้ออกซิเจนเพื่อการหายใจโดยตรงแล้ว ออกซิเจนยังช่วยในการย่อยสลายเศษอาหารและสิ่งขับถ่ายต่างๆ ในนากุ้งด้วย ออกซิเจนในบ่อได้มาจากบรรยากาศและขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ตัวการอื่นๆ เช่น ลม หรือพายุ มีส่วนทำให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงออกซิเจนในน้ำกับบรรยากาศมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และการใช้เครื่องตีน้ำก็มีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำด้วย

ปริมาณของออกซิเจนในน้ำนี้มีความสำคัญต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของกุ้ง กุ้งต้องการปริมาณออกซิเจนในน้ำไม่น้อยกว่า 3 – 5 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งขนาดเล็กต้องการออกซิเจนสูงกว่ากุ้งขนาดใหญ่ และกุ้งจะใช้ออกซิเจนสูงกว่าปกติในระยะที่ลอกคราบ กุ้งจะไม่กินอาหารถ้าน้ำในบ่อมีออกซิเจนต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร นอกจากนี้ถ้าปริมาณออกซิเจนต่ำกุ้งจะเบื่ออาหารและลดการเคลื่อนไหวลง กล้ามเนื้อส่วนหางของกุ้งจะเป็นสีขาว เพราะกล้ามเนื้อส่วนนั้นสลายตัว

4. **ความเป็นกรดเป็นด่างของดินและน้ำ** ความเป็นกรดเป็นด่างหรือเรียกกันว่า พีเอช (pH) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 14 ระดับพีเอชของน้ำผันแปรตามระดับพีเอชของดินบริเวณนั้น ถ้าดินมีสภาพเป็นกรดน้ำก็มีสภาพเป็นกรดตามไปด้วย โดยทั่วไปพีเอชในนากุ้งอยู่ระหว่าง 7.5 – 8.5 ซึ่งเป็นพีเอชของน้ำทะเลทั่วไป และเหมาะสำหรับการเจริญของกุ้ง

5. **ไฮโดรเจนซัลไฟด์** เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นในนากุ้ง ถ้าหากปริมาณออกซิเจนในน้ำหมดไป โดยมีแบคทีเรียบางชนิดเป็นตัวกลางดึงออกซิเจนออกไปใช้ แล้วทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในที่สุด ก๊าซชนิดนี้มีกลิ่นเหมือนไข่เน่า เกิดจากการทับถมของมูลสัตว์น้ำและเศษอาหารที่เหลือตามพื้นบ่อ หากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีมากเกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตรจะทำให้เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ส่งผลให้กุ้งเสียการทรงตัว เป็นอัมพาตและตายได้ วิธีการแก้ปัญหาอาจทำได้โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำและทำการเพิ่มปริมาณออกซิเจนลงในน้ำ โดยเฉพาะในระดับบริเวณก้นบ่อ

6. **แอมโมเนีย** (NH_3) แอมโมเนียในนากุ้งเกิดจากการขับถ่ายของเสียจากสัตว์และการเน่าสลายของเศษอาหารที่ตกค้างในบ่อ แอมโมเนียในบ่อกุ้งนั้นมีอยู่ทั้งในรูปของก๊าซแอมโมเนียและของแอมโมเนียไอออน แอมโมเนียที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำคือก๊าซแอมโมเนีย หากพีเอชของน้ำสูง ความเป็นพิษของแอมโมเนียก็จะสูงตามไปด้วย ปริมาณของแอมโมเนียในบ่อกุ้งไม่ควรสูงกว่า 0.10 มิลลิกรัม

ต่อลิตร วิธีแก้ปัญหาที่นิยมคือการเปลี่ยนถ่ายน้ำ และควบคุมปริมาณอาหารที่ให้กุ้ง ให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม

7. **ไนเตรท** (NO_3^-) เป็นสารประกอบที่ให้ธาตุไนโตรเจนแก่แพลงก์ตอนพืช และแบคทีเรียที่ทำให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ของอาหารธรรมชาติในบ่อ ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์หน้าดิน ไนเตรทมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำต่ำมาก จึงไม่มีความสำคัญทางด้านนี้ อย่างไรก็ตามการสะสมไนเตรทในน้ำในปริมาณสูงๆ อาจแสดงให้เห็นถึงภาวะในแหล่งน้ำและในบางสภาวะที่ขาดออกซิเจน ไนเตรทอาจถูกเปลี่ยนกลับไปอยู่ในรูปไนไตรท์ในกรณีที่เกิดภาวะขาดออกซิเจนในบ่อ

8. **ไนไตรท์** (NO_2^-) เป็นผลผลิตที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนีย การสะสมไนไตรท์ในน้ำจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเน่าสลายของสารอินทรีย์ และปล่อยแอมโมเนียออกมามาก ในสภาวะที่มีออกซิเจนแอมโมเนียจะเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์และในกรณีที่มีค่าพีเอชในน้ำสูงกว่า 8.0 ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนไนไตรท์ไปเป็นไนเตรทจะลดลงทำให้เกิดการสะสมไนไตรท์ในน้ำ ซึ่งไนไตรท์ถูกดูดซึมเข้าสู่สัตว์น้ำผ่านทางเหงือก และจะไปทำปฏิกิริยากับฮีโมโกบินในเลือดทำให้การขนส่งออกซิเจนลดลง เลือดจะเป็นสีน้ำตาล ความเป็นพิษของไนไตรท์จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีแอมโมเนียสูง

9. **ธาตุอาหารในน้ำ** ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และพวกซิลิกา จะเป็นตัวเร่งให้แพลงค์ตอนต่างๆเจริญได้รวดเร็วและเป็นการช่วยปรับสภาพน้ำไปในตัวด้วย แต่หากพวกอาหารมีมากเกินไปก็อาจทำให้แพลงก์ตอนขยายพันธุ์รวดเร็วมาก ทำให้น้ำเน่าเสียได้เช่นกัน

10. **ความขุ่นใสของน้ำ** ความขุ่นในบ่อกุ้งเกิดจากการละลายของดินและเลนตะกอนต่างๆ รวมทั้งปริมาณของแพลงก์ตอนในน้ำด้วย ความขุ่นที่เกิดเนื่องจากดินเลนมากเกินไป ปัญหาแรกอาจทำให้บ่อตื้นเขิน หากความขุ่นมากอาจทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตลดลง ในนากุ้งไม่ควรมีความขุ่นเกิน 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ลักษณะเช่นนี้น้ำในบ่อกุ้งจะมีสีน้ำตาลอ่อนๆ

11. **สภาพพื้นบ่อ** เมื่อเลี้ยงกุ้งไปนานๆ เศษอาหารที่เหลือและสิ่งปฏิกูลต่างๆ จะหมักหมมตามพื้นบ่อ ถ้าทิ้งไว้พื้นบ่อจะมีสีดำและมีกลิ่นเหม็น เป็นพิษต่อกุ้ง การแก้ไขสภาพของน้ำที่เน่าเสียหรือแก้ไขสภาพพื้นบ่อในขณะเลี้ยงกุ้งนั้นทำได้ยาก ดังนั้นจึงควรหาทางป้องกันไม่ให้พื้นบ่อเน่าเสียโดยการดูแลควบคุมอาหารที่ให้ และควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อ

2.2 โรคกุ้งและการรักษา

โรคเหงือกแดงหรือโรคแก้มแดงหรือโรคลอยหัว

เกิดจากการมีโปรโตซัว Suotamnium เข้าเกาะในเหงือก ทำให้เกิดอาการอักเสบ เหงือกทำงานไม่สะดวก และถ้าโปรโตซัวเพิ่มปริมาณมากขึ้นจะทำให้เหงือกยุ่ย เนื้อเยื่อเหงือกตายลง ทำให้

แก้มมีสีแดงกว่าปกติ กุ้งจะว่ายขึ้นมาตามขอบบ่อและทยอยตายลงเรื่อยๆ โดยเฉพาะเวลาเช้ามืดจะเห็นกุ้งลอยหัวขึ้นมาตามขอบบ่อจำนวนมาก

การป้องกัน

1. รักษาคุณภาพน้ำในบ่อให้ดีอยู่เสมอ มีการถ่ายเทน้ำในบ่อเลี้ยงทุกวัน
2. กำจัดตะกอนสาหร่ายออกจากบ่อกุ้งให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
3. พยายามให้อาหารในปริมาณที่พอเหมาะ เพื่อป้องกันการตกค้างของอาหาร
4. ควรมีการให้ออกซิเจนอย่างทั่วถึง
5. ล้างบ่อและตากบ่อก่อนเลี้ยงกุ้งครั้งต่อไป

การรักษา

1. ใช้ฟอร์มาลีน 30 มิลลิลิตรต่อน้ำหนึ่งตัน โดยผสมฟอร์มาลีนลในถังน้ำแล้วสาดให้ทั่วบ่อ
2. ใช้กากชาประมาณ 30 กรัมต่อน้ำหนึ่งตัน

โรคเหงือกดำ

มักพบเป็นกับกุ้งโตเต็มวัย สาเหตุเกิดจากการติดเชื้อรา *Fusarium* sp. เข้าเกาะทำลายอยู่ภายในซี่เหงือกของกุ้ง ลักษณะที่สังเกตง่ายๆ คือเหงือกจะมีสีดำ ลักษณะอาการของกุ้งที่เป็นโรคนี้เริ่มแรกจะมีอาการอ่อนแอกินอาหารน้อยลงและซี่เหงือกจะมีสีดำคล้ายมีดินโคลนติดอยู่ แต่จะล้างไม่ออกเนื่องจากในซี่เหงือกมีเส้นใยของเชื้อฟูซาเรียมเข้าทำลาย กุ้งที่เป็นโรคนี้จะตายในเวลาประมาณ 7 – 10 วัน ถ้ามีอาการหนักจะว่ายน้ำมาตายที่ขานบ่อ และจะทยอยตายมากขึ้นเรื่อยๆ

การป้องกัน ควรระวังเรื่องการให้อาหารกุ้งให้พอดี เพราะการตกค้างของอาหารจะทำให้สภาพของน้ำเสียหรือการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมากและติดต่อกันเป็นเวลานาน จนสภาพของพื้นบ่อเสีย อันเป็นเหตุทำให้ลูกกุ้งอ่อนแอและติดโรคได้ง่าย

การรักษา วิธีที่ดีที่สุดในการรักษาเมื่อพบว่าเกิดโรคเหงือกดำขึ้นกับกุ้งที่เลี้ยง ให้จับกุ้งขึ้นให้หมด แล้วล้างบ่อทำลายสปอร์ของเชื้อรา โดยใช้คลอรีนผงโรยให้ทั่วบ่อ ตากบ่อให้แห้ง จากนั้นก็ปล่อยน้ำเข้าหลายๆครั้งเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดด่างให้พอดีก่อนทำการเลี้ยงครั้งต่อไป ซึ่งจะช่วยยับยั้งการระบาดของสปอร์ราได้ หรืออาจรักษาได้โดยการแยกกุ้งที่เป็นโรคแช่ในน้ำยาฟูราโซลิโคนเข้มข้น 1 – 3 ส่วนในหนึ่งล้านส่วน เป็นเวลา 48 – 96 ชั่วโมง

โรคจุดดำหรือเสี้ยนดำ

ลักษณะอาการคล้ายเสี้ยนดำที่มแทงในกล้ามเนื้อ สาเหตุเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio* sp. ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับโรคเรืองแสงที่มีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติ และพบตามปกติในตัวกุ้ง แต่จะทำอันตรายต่อกุ้งเมื่อสภาวะแวดล้อมเสื่อมโทรม หรือกุ้งเกิดบาดแผลขึ้น โดยเชื้อจะเข้าสู่ร่างกายกุ้งแล้วถูกกระบวนการป้องกันตัวของกุ้งห่อเอาไว้ จนเกิดลักษณะเป็นเสี้ยนดำดังกล่าว และสาเหตุที่พบเชื้อเป็นบางช่วงโดยเฉพาะในฤดูฝน ทำให้น้ำในบ่อกุ้งมีความเค็มลดลง ส่งผลให้กุ้งเกิดความเครียดและอ่อนแอ ประกอบกับการเลี้ยงกุ้งในบ่ออย่างหนาแน่นจึงทำให้กุ้งติดโรคได้ง่ายขึ้น

วิธีป้องกันและแก้ไขคือ ตรวจสอบดูว่ากุ้งมีจุดดำหรือเสี้ยนดำตามเปลือกหรือไม่ ในช่วงแรกที่พบถ้าหากมีการกระตุ้นให้กุ้งลอกคราบ เสี้ยนดำนี้จะหลุดออกไปพร้อมกับการลอกคราบ หรือใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษาด้วย แต่ถ้าปล่อยไว้จนเสี้ยนดำฝังตัวลึกเข้าไปในเนื้อกุ้งแล้ว การแก้ไขคงเป็นไปได้ยาก ส่วนแนวทางป้องกันคือ พยายามรักษาความเค็มให้มากกว่า 20 ส่วนในหนึ่งพัน และวิธีที่ดีที่สุดคือหลีกเลี่ยงการเลี้ยงอย่างหนาแน่น ซึ่งนอกจากจะเป็นการป้องกันอาการเสี้ยนดำแล้วยังช่วยป้องกันโรคอื่นอีกด้วย อย่างไรก็ตามกุ้งกุลาดำที่ติดโรคเสี้ยนดำเชื้อแบคทีเรียนี้จะไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคแต่อย่างใด เนื่องจากแบคทีเรียชนิดนี้สามารถถูกทำลายด้วยความร้อนสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส

โรคเหงือกกร่อน โรคหางเปื่อย ขาเปื่อยดำ หรือเปลือกเปื่อยดำ

เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย มักจะเป็นกับพ่อแม่พันธุ์กุ้งที่เลี้ยงไว้นานๆ อาการของโรคจะเห็นได้ชัดเจน โดยครั้งแรกบริเวณที่ติดเชื้อจะมีสีน้ำตาล และสีจะเข้มขึ้นเรื่อยๆ ถ้าเป็นที่ระยางค์หางหรือขาหรือหนวดจะเปื่อยกุดทีละน้อย กุ้งบางตัวอาจกินอาหารน้อยลงและถ้าเป็นมากๆจะตายในที่สุด

การป้องกัน

1. เมื่อจับกุ้งมาครั้งแรกควรจะแช่ในยาปฏิชีวนะ เช่น ออกซิเตตราไซคลิน ในอัตรา 20 กรัมต่อน้ำหนึ่งตัน โดยแช่เป็นระยะเวลานาน 1 วัน

2. เมื่อมีการขนย้ายหรือจับกุ้งขึ้นมาตรวจไข่บ่อยๆ อาจจะทำให้กุ้งช้ำ จึงควรแช่ยาตามข้อ 1 ทุกครั้งเมื่อมีการขนย้ายหรือจับกุ้ง

การรักษา แยกกุ้งที่เป็นโรคออกจากบ่อ ทำการรักษากุ้งที่เป็นโรคโดยการแช่น้ำยาฟอร์มาลินผสมน้ำ ในอัตราส่วนฟอร์มาลิน 150 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ตัน แล้วแช่กุ้งนาน 20 นาที จากนั้นนำไปแช่ในยาปฏิชีวนะในอัตราส่วนยา 10 กรัม ต่อน้ำ 1 ตัน เป็นเวลา 3 วัน

โรคขาดสารอาหาร

สาเหตุของโรคเกิดจากการขาดธาตุอาหารพวกกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหรือขาดวิตามินซี ซึ่งจะเป็นกับกุ้งที่เลี้ยงในระบบปิด ในบ่อซีเมนต์หรือในตู้ และมีการให้อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงกุ้ง กุ้งที่เป็นโรคจะมีสีดำ และบริเวณที่มีสีดำนี้จะลามจากส่วนผิวหุ้มลำตัวไป กล้ามเนื้อกระเพาะอาหาร ลำไส้ เหงือก รวมทั้งก้านตาและโดยเฉพาะเนื้อเยื่อที่อยู่ใต้เปลือกบริเวณรอยต่อและลำตัวกับระยางค์ส่วนต่างๆ ถ้ากุ้งขาดสารอาหารอย่างรุนแรง จะทำให้อันตรายถึงตายได้

การป้องกัน เลี้ยงกุ้งในอาหารที่มีสาหร่ายขึ้นในบ่อ หากไม่สามารถเลี้ยงในบ่อสาหร่ายได้ควรหาสาหร่ายมาเป็นอาหารให้กุ้งกิน

การรักษา โดยการผสมวิตามินซีหรือกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายลงในอาหารกุ้งให้เพียงพอกับความต้องการของกุ้ง เนื่องจากวิตามินซีมีความคงตัวต่ำสามารถถูกทำลายได้ในระหว่างกระบวนการผลิตอาหารกุ้ง ดังนั้นจึงต้องใช้วิตามินซี 2,000 – 3,000 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

โรคกุ้งหลังหักและกุ้งตัวแดง

มักพบในกุ้งกุลาดำ ตั้งแต่ออกจากไข่จนถึงระยะวัยรุ่น สาเหตุยังไม่เป็นที่ทราบแน่นอน อาจเกิดจากการติดเชื้อราที่ขึ้นตามเปลือกกุ้ง หรืออาจเกิดจากสาเหตุอื่นๆ เช่น ความหนาแน่นในการเลี้ยงมากเกินไป ความเครียดที่เกิดจากการตกใจ หรืออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงกระทันหัน อาการที่เกิดกับลูกกุ้งวัยอ่อนระยะแรก คือ ลูกกุ้งจะอ่อนแอไม่กินอาหาร ว่ายน้ำช้าลง และจมลงไปนอนที่ก้นบ่อ และลูกกุ้งวัยรุ่นจะมีอาการหลังหักตัวงอและลำตัวจะเปลี่ยนเป็นสีแดงผิดปกติ การเคลื่อนไหวช้าลง ในบางครั้งจะว่ายน้ำวนเวียนไปมาเหมือนอาการควงสว่าน ซึ่งถ้าเป็นกับลูกกุ้งวัยอ่อนลูกกุ้งจะตายจนหมดบ่อภายใน 2 – 3 วัน

การป้องกัน ยังไม่มีวิธีป้องกันที่แน่นอนนัก อาจทำได้โดยรักษาสภาพแวดล้อมในบ่ออนุบาลให้เหมาะสม มีสภาพดีอยู่เสมอ เช่น การให้อาหารในปริมาณที่พอเหมาะไม่มากจนเกินไป รักษาคุณภาพน้ำให้ดีอยู่เสมอ

โรคเรืองแสง

สาเหตุเกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียเรืองแสงในน้ำทะเล ซึ่งมักเป็นกับกุ้งวัยอ่อนจนถึงระยะก่อนเข้าไมซิส ลักษณะของกุ้งที่ติดโรคจะมีลำตัวขุ่นขาว กุ้งไม่ค่อยว่ายน้ำ ถ้าติดเชื้อมากบริเวณหลังจะหักงอและจมลงไปก้นบ่อ ถ้าสังเกตในเวลากลางคืนจะสามารถเห็นการเรืองแสงของกุ้งที่ติดโรค สามารถทำให้กุ้งตายได้

การรักษาโรคนี้คือทำการฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำที่ใช้เลี้ยงด้วยฟอร์มาลีน 37 เปอร์เซ็นต์ หรืออาจใช้ คลอรีน 20 กรัมต่อน้ำ 1 ตัน พร้อมกับให้อากาศตลอดเวลา ทิ้งไว้ประมาณ 3 วัน

โรคที่เกิดจากโมโนดอน แบคคิวโลไวรัส หรือ เอ็มบีวี (Monodon Baculovirus)

สามารถพบไวรัสดังกล่าวได้ทุกระยะของการเลี้ยงกุ้ง แต่พบมากในกุ้งระยะ PL 20 จนถึงอายุ 3 เดือน ระยะที่มีผลกระทบมากที่สุดคือกุ้งในระยะวัยอ่อน กุ้งในบ่อเลี้ยงที่มีการติดเชื้อไวรัสชนิดนี้อาจยังไม่แสดงอาการให้เห็น จนกระทั่งเมื่อสภาพแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่แย่ลง ส่งผลให้กุ้งเกิดความเครียด ทำให้กุ้งตายได้ โรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสชนิดนี้สามารถติดต่อได้ทางขี้กุ้ง หรือเมื่อกุ้งกินซากกุ้งที่ติดเชื้อ

การป้องกัน วิธีที่ดีที่สุดคือ ควรคัดเลือกกุ้งก่อนนำมาเลี้ยง (จิราพร เกษรจันทร์, 2537)

โรคที่เกิดจากเฮปพาโตแพนครีเอติก พาโว-ไลค์ไวรัส (Hepatopancreatic Parvo-like virus)

ไวรัสชนิดนี้พบระบาดในกุ้งกุลาดำในช่วงต้นปี 2537 และพบเชื้อชนิดนี้ในกุ้งที่มีอายุเดือนครึ่งขึ้นไป กุ้งที่ติดเชื้อกินอาหารลดลง ตับและตับอ่อนจะบวม กุ้งไม่โตและตายในที่สุด

การป้องกัน ยังไม่มียาหรือสารเคมีใดๆที่สามารถรักษาโรคที่เกิดจากไวรัสชนิดนี้ได้ ดังนั้นการป้องกันทำได้โดยการจัดการบ่อที่ดี ควบคุมคุณภาพน้ำ คัดเลือกลูกกุ้งก่อนนำมาเลี้ยงและป้องกันให้กุ้งเกิดความเครียดน้อยที่สุด (จิราพร เกษรจันทร์, 2537)

โรคที่เกิดจากไวรัสหัวเหลือง หรือวายบีวี (Yellow-head Baculovirus หรือ YBV)

ไวรัสชนิดนี้เป็นไวรัสที่มีความรุนแรงมาก ก่อความเสียหายให้กับอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมากที่สุด พบว่าไวรัสชนิดนี้สามารถพบได้ตั้งแต่ปล่อยกุ้งลงบ่อเลี้ยงจนจับขาย ลักษณะอาการคือ กุ้งจะกินอาหารมากขึ้นกว่าปกติในช่วงแรก และจะค่อยๆลดลง กุ้งจะลอยตัวอยู่ผิวหน้าน้ำ

บริเวณส่วนหัวจะมีสีเหลืองโดยเฉพาะตับและตับอ่อนจะมีสีเหลืองและบวมโต เหงือกมีสีเหลืองและจะตายอย่างรวดเร็ว

การป้องกัน ไม่มียาหรือสารเคมีที่รักษาโรคหัวเหลืองได้ ดังนั้นการป้องกันทำได้โดยการจัดการบ่อที่ดี ควบคุมคุณภาพน้ำ คัดเลือกลูกกุ้งก่อนนำมาเลี้ยง และป้องกันให้กุ้งเกิดความเครียดน้อยที่สุด (จิราพร เกษรจันทร์, 2537)

โรคที่เกิดจากไวรัสวีเซพ หรือวีวี (V-shaped virus)

ไวรัสชนิดนี้พบในช่วงต้นปี 2537 มีขนาดเล็กว่าไวรัสวายบีวี ลักษณะของโรคคือ กุ้งจะทยอยขึ้นมาตาย และพบแบคทีเรียบริเวณกล้ามเนื้อ ตับละตับอ่อนร่วมด้วย

การป้องกัน ไม่มียาหรือสารเคมีที่รักษาโรคหัวเหลืองได้ ดังนั้นการป้องกันทำได้โดยการจัดการบ่อที่ดี ควบคุมคุณภาพน้ำ คัดเลือกลูกกุ้งก่อนนำมาเลี้ยง และป้องกันให้กุ้งเกิดความเครียดน้อยที่สุด (จิราพร เกษรจันทร์, 2537)

โรคตัวแดงดวงขาว (Systemic Ectodermal and Mesodermal Baculovirus **หรือ** SEMBV)

ไวรัสชนิดนี้พบระบาดอย่างกว้างขวางในทวีปเอเชีย และพบในประเทศไทยช่วงปลายปี 2537 ทางภาคตะวันออกและภาคใต้ ลักษณะอาการคือ กุ้งที่ติดเชื้อไวรัสชนิดนี้จะมีจุดขาวในเนื้อเยื่อใต้ชั้นเปลือกที่บริเวณส่วนหัว กุ้งบางตัวอาจมีสีแดง แต่ส่วนใหญ่จะมีสีปกติ สามารถพบการติดเชื้อได้ในกุ้งทุกระยะ กุ้งที่ติดเชื้อจะตายหมดภายใน 7 – 10 วัน

การป้องกัน ป้องกันพาหะ ได้แก่ ปูชนิดต่างๆ นก แมลง นำไวรัสชนิดนี้มาปะปนในระบบการเพาะเลี้ยง และควรมีการจัดการบ่อและสภาพแวดล้อมในบ่อเลี้ยงให้ดีอยู่เสมอ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2539)

โรคเรืองแสงที่เกิดจาก *Vibrio harveyi*

V. harveyi เป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative) รูปรางเป็นท่อนสั้นโค้ง มีแฟลกเจลลา (flagella) 1 เส้นพบที่ด้านข้างของเซลล์ ไม่สร้างสปอร์ ไม่สร้างซีสต์ สามารถเจริญได้ดีในน้ำทะเลช่วงอุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่า ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7-9 และ

ในช่วงความเค็มระหว่าง 10-40 พีพีที สามารถใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งอาหารและแหล่งพลังงานในการเจริญ การก่อโรคของแบคทีเรียนี้ คือเข้าไปเจริญในตัวกุ้งและทำให้กุ้งเกิดการเรืองแสง ซึ่งเป็นลักษณะที่สังเกตได้ง่ายของโรคนี้ กุ้งจะเปล่งแสงสีเขียวแกมเหลือง หรือแสงสีเขียวแกมฟ้าออกมา

เมื่อกุ้งติดแบคทีเรีย *V. harveyi* แบคทีเรียจะเพิ่มจำนวนและเคลื่อนที่ไปอาศัยอยู่ในตับ (hepatopancreas) ทำให้ตับมีอาการอักเสบ นอกจากนี้แบคทีเรียนี้ยังกระจายตัวเข้าสู่กระแสเลือดของกุ้งและทำให้เกิดอาการ septicemia กุ้งที่ติดโรคเรืองแสงจะกินอาหารน้อยลง มีทิศทางการว่ายน้ำไม่แน่นอน จนในที่สุดกุ้งตาย กุ้งกุลาดำที่ตายจากโรคเรืองแสงจะมีเปลือกหัวและลำตัวสีแดง กล้ามเนื้อขุ่น และสามารถสังเกตการเรืองแสงได้ในที่มืด

2.3 โพรไบโอติก (Probiotics)

โพรไบโอติก (Probiotic) มาจากภาษากรีก แปลว่า "เพื่อชีวิต" และต่อมามีคนให้ความหมายของโพรไบติกอีกมากมาย ดังนี้

Lilley และ Stellwell (1965) ได้อธิบายถึงโพรไบโอติกว่าคือ สารที่ขับออกมาโดยจุลินทรีย์ซึ่งมีผลต่อการเจริญของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ

Parker (1974) ให้คำจำกัดความของโพรไบโอติกว่า โพรไบโอติกคือจุลินทรีย์ที่มีชีวิตและสารซึ่งสนับสนุนให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร

Fuller (1989) ให้ความหมายของโพรไบโอติกว่า จุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่ใช้เสริมในอาหารและก่อให้เกิดประโยชน์กับสัตว์เจ้าบ้าน โดยช่วยปรับสมดุลจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารของสัตว์เจ้าบ้าน

โพรไบโอติกที่ดีควรมีลักษณะดังนี้ (Fuller, 1989)

1. ควรเป็นสายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสัตว์ที่ได้รับโพรไบโอติก เช่น เพิ่มการเจริญเติบโตของสัตว์ หรือต้านทานการเกิดโรคในสัตว์
2. ไม่เป็นสายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรค
3. เป็นเซลล์ที่มีชีวิต และสามารถเพิ่มจำนวนได้มาก
4. สามารถมีชีวิตอยู่รอดและทำงานได้ในกระเพาะอาหาร
5. มีความคงทนและสามารถรอดชีวิตได้ในสภาพการเก็บรักษาและในขณะทำการทดลอง

ความแตกต่างระหว่างโพรไบโอติกและสารปฏิชีวนะได้ถูกรวบรวมและแสดงไว้ในตารางที่ (Parker, 1974 และ Fuller, 1989)

ตารางที่ 2.1 แสดงสมบัติและกลไกการออกฤทธิ์ของโพรไบโอติกและสารปฏิชีวนะ (Parker, 1974 และ Fuller, 1989)

โพรไบโอติก (Probiotics)	**สารปฏิชีวนะ** (Antibiotics)
สมบัติ 1. เป็นสิ่งมีชีวิต 2. ไม่ดูดซึมในทางเดินอาหาร 3. เพิ่มการเจริญและประสิทธิภาพการใช้อาหาร 4. ไม่มีการตกค้างในเนื้อเยื่อ 5. ไม่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์หรือการดื้อราของจุลินทรีย์ **กลไกการออกฤทธิ์** 1. ให้ฤทธิ์ในการต้านเชื้อเฉพาะที่ 2. เจริญได้ในทางเดินอาหารและแข่งการเจริญกับเชื้อก่อโรคได้	**สมบัติ** 1. เป็นสารเคมีบริสุทธิ์ 2. ดูดซึมได้ในทางเดินอาหาร 3. เพิ่มการเจริญและประสิทธิภาพในการใช้อาหาร 4. ตกค้างในเนื้อเยื่อได้ 5. อาจทำให้เชื้ออื่นเกิดการกลายพันธุ์และดื้อยา **กลไกการออกฤทธิ์** 1. ให้ฤทธิ์การต้านเชื้อได้ทั่วร่างกายและออกฤทธิ์ต่อเชื้อต่างๆได้มากชนิด 2. ขัดขวางการสังเคราะห์ผนังเซลล์ DNA RNA และโปรตีน

การเกิด colonization ของโพรไบโอติกในลำไส้

ศักยภาพของการเกิด colonization ของแบคทีเรียเป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการคัดเลือกแบคทีเรียโพรไบโอติก บางครั้งแบคทีเรียโพรไบโอติกอาจเป็นแบคทีเรียที่นอกเหนือจากแบคทีเรียประจำถิ่น แต่อาจเป็นแบคทีเรียที่ให้กับสัตว์เจ้าบ้านในปริมาณมากและให้แบคทีเรียชนิดนั้นอย่างต่อเนื่อง จนพัฒนาไปเป็นแบคทีเรียประจำถิ่นของสัตว์เจ้าบ้านนั้นๆ (Gournier-Chateau et al.,1994)

การทดลองการเกิด adhesion ของแบคทีเรียโพรไบโอติกโดย Joborn et al., 1997 แสดงให้เห็นว่า *Carnobacterium* sp. สามารถยึดเกาะกับผนังลำไส้ของ rainbow trout ได้โดยทำการทดลองใน *in vitro* และ Olsson et al., 1992 ทดลองเปรียบเทียบการเกิด adhesion ของแบคทีเรียกับผนังลำไส้ระหว่างแบคทีเรียในทางเดินอาหารกับแบคทีเรียที่อยู่บริเวณผิวหนังของปลา turbot พบว่าแบคทีเรียที่สามารถเกิด adhesion กับผนังของลำไส้ของ turbot จะมีความจำเพาะมาก ดังนั้นแบคทีเรียที่อยู่ในทางเดินอาหารจึงยึดเกาะกับผนังลำไส้ได้ดีกว่าแบคทีเรียที่ผิวหนังของปลา turbot การเกิด adhesion ของแบคทีเรียโพรไบโอติกกับบริเวณผนังของลำไส้ของสัตว์เจ้าบ้านสามารถช่วยป้องกันการติดเชื้อก่อโรคได้ เนื่องจากบริเวณผนังของลำไส้เป็นบริเวณหนึ่งที่สามารถเกิดการติดโรคได้ง่าย (Evelyn, 1996) ซึ่งกลไกที่อาจเกี่ยวข้องคือการแก่งแย่งอาหารที่จำเป็นในการเจริญของเชื้อก่อโรครวมทั้งแบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถสร้างสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรค (Dolfing and Gottschal, 1997) นอกจากนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับความต้องการเหล็กในรูปอิสระยังมีผลต่อการก่อโรคและความรุนแรงของโรคที่เกิดจาก *Vibrio* sp. ในสัตว์น้ำเค็ม โดยพบว่าการแก่งแย่งเหล็กในรูปอิสระระหว่างแบคทีเรียโพรไบโอติกกับ *Vibrio* sp. มีผลยับยั้งการเจริญของ *Vibrio* sp. ในปลา turbot วัยอ่อนได้ (Gatesoupe, 1997) การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของสัตว์เจ้าบ้านโดยส่วนของผนังเซลล์ของแบคทีเรีย เช่น muramyl dipeptide, glucan และ lipopolysaccharides ซึ่งทดลองในปลาและ shellfish ช่วยให้ป้องกันการเกิดโรคจากเชื้อก่อโรคกับระบบทางเดินอาหารได้ (Anderson, 1997)

มีรายงานการทดลองใช้โพรไบโอติกแบคทีเรียหลายชนิดในการเลี้ยงปลาซัลมอน, หอยและกุ้งกุลาดำเพื่อป้องกันการเกิดโรคจากแบคทีเรีย *Vibrio* sp. ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำและทดสอบการยับยั้งเชื้อก่อโรค คัดลอกจาก Gatesoupe, 1999.

Probiotics	Host	Pathogens
Aeromonas media	*Crassostrea gigas*	*V. tubiashii*
Alteromonas haloplanktis	*Argopecten purpuratus*	*V. anguillarum*
Bacillus sp.	*Penaeus monodon*	*V. harveyi*
Candida divergen	*Gadus morhua*	*V. anguillarum*
Carnobacterium sp.	*Sanctus maximus*	*V. splendidus*
Lactobacillus lactis	*Brachionus plicatilis*	*V. anguillarum*
Pseudomonas fluorescens	*Oncorhynchus mykiss*	*V. anguillarum*
Ps. fluorescens	*Salamandridae salar*	*Ae. salmonicida*
Vibrio alginolyticus	*Sa. salar*	*Ae. salmonicida*
		V. anguillarum
		V. ordalii
V. pelagius	*Sc. maximus*	*Aeromonas caviae*
Vibrio sp.	*Ar. purpuratus*	*V. anguillarum*
Vibrio sp.	*Sc. maximus*	*V. splendidus*

2.4 **แบคเทอริโอซิน** (bacteriocin)

แบคเทอริโอซิน (bacteriocin) เป็นสายเปปไทด์หรือโปรตีนขนาดเล็กซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่มีความไวต่อสารดังกล่าวแต่ไม่ทำลายหรือเป็นพิษต่อเซลล์ที่ผลิต โดยแบคเทอริโอซินแต่ละชนิดจะมีจำนวนและชนิดของกรดอะมิโนภายในโมเลกุลที่แตกต่างกัน ในบางครั้งอาจพบกรดอะมิโนที่ไม่ค่อยพบในโปรตีนทั่วไป เช่นพบ dehydroalanine, dehydrobutyrin ในไนซิน (nisin) ซึ่งเป็นแบคเทอริโอซินชนิดหนึ่ง นอกจากนี้แบคเทอริโอ่ซินสามารถถูกทำลายได้ด้วยเอนไซม์ย่อยสลายโปรตีน (proteolytic enzyme) แบคเทอริโอซินสามารถสร้างได้แบคทีเรียหลายจีนัส ได้แก่ *Acetobacter, Actinobacillus, Bacillus, Brevibacterium, Clostridium, Erwinia, Haemophilus, Haloferax, Listeria, Leuconostoc, Pseudomonas, Salmonella, Propionibacterium, Serratia,*

Shigella, *Staphylococcus* และ *Yersinia* (Montville and Kaiser, 1993) โดยแบคเทอริโอซินจัดเป็นสารยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่แตกต่างจากสารปฏิชีวนะ (antibiotics) ซึ่งสามารถสรุปความแตกต่างระหว่างแบคเทอริโอซินและสารปฏิชีวนะได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงความแตกต่างระหว่างแบคเทอริโอซินและสารปฏิชีวนะ (Cleveland et al., 2001)

ลักษณะและคุณสมบัติ	แบคเทอริโอซิน	สารปฏิชีวนะ
- การนำไปใช้งาน	ทางอาหาร	ทางการแพทย์
- กระบวนการสังเคราะห์	ผลิตจากไรโบโซม	ผลิตผ่านสารทุติยภูมิ (secondary metabolite)
- ความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียเป้าหมายที่หลากหลาย	น้อย	มาก
- การสร้างระบบภูมิคุ้มกันตนเองของเซลล์ผู้ผลิต	มี	ไม่มี
- การต่อต้านของเซลล์เป้าหมาย	ปรับสภาพองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์	การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม
- ปฏิกิริยาต่อเซลล์เป้าหมาย	ทำให้เกิดรูที่เยื่อหุ้มเซลล์	ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์หรือโครงสร้างภายในเซลล์
- ความเป็นพิษหรือผลข้างเคียง	ยังไม่มีรายงาน	มี

การจัดประเภทของแบคเทอริโอซิน

ในปี ค.ศ.1993 Klaenhammer ได้แบ่งประเภทของแบคเทอริโอซินโดยพิจารณาจากโครงสร้างพื้นฐานของโมเลกุลและคณสมบัติด้านอื่นๆออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่ม lantibiotic เป็นแบคเทอริโอซินที่เป็นสายเปปไทด์ขนาดเล็ก ประกอบด้วยจำนวนกรดอะมิโนระหว่าง 19 – 38 โมเลกุล โดยทั่วไปมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 5,000 ดาลตัน มีชนิดของกรดอะมิโนที่แตกต่างจกกรดอะมิโนทั่วไป เช่น dehydrobutyrine, dehydroalanine มีวงแหวนที่เกิดจากพันธะระหว่างโมเลกุลของสารประกอบซัลเฟอร์ภายในโมลกุลที่เรียกว่า lantionine และ

β - methyl lantionine และเป็นแบคเทอริโอซินที่มีคุณสมบัติทนต่อความร้อน ตัวอย่างเช่น nisin, mesacidin

2. กลุ่ม non lantibiotic ที่มีขนาดเล็กโดยมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 15,000 ดาลตัน และสามารถทนต่อความร้อนได้ดี สามารแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่

2.1 กลุ่มแบคเทอริโอซินที่สามารถทำลาย *Listeris* sp. ได้ดี โดยในขั้นแรกจะถูกสร้างขึ้นมาในลักษณะที่เป็น precursor peptide ที่ยังไม่สามารถทำลายเซลล์เป้าหมายได้ หลังจากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยตัดบางส่วนของเปปไทด์ออกในตำแหน่งที่มีกรดอะมิโนไกลซีน 2 โมเลกุลติดกัน ได้เป็นสายเปปไทด์ที่สมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น pediocin PA-1, sakacin A

2.2 กลุ่มแบคเทอริโอซินที่ประอบด้วยสายเปปไทด์ 2 สายที่แตกต่างกัน (two-peptide bacteriocin) ในการทำลายเซลล์เป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของสายเปปไทด์ดังกล่าว ตัวอย่างเช่น brochocin C, enterocin L50, lactococcin G

3. กลุ่ม non lantibiotic ที่มีขนาดใหญ่ โดยมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 15,000 ดาลตัน และไม่ทนความร้อน ตัวอย่างเช่น helveticin J, acidophilucin A, lactacins A, lactacin B

4. กลุ่มที่รวมตัวเป็นารประกอบเชิงซ้อนขนาดใหญ่กับสารอื่นๆ เช่น ไขมันหรือคาร์โบไฮเดรท

กลไกในการทำลายเซลล์แบคทีเรียเป้าหมายของแบคเทอริโอซิน

การทำลายเซลล์เป้าหมายของแบคเทอริโอซินเกิดจากการที่แบคเทอริโอซินแต่ละโมเลกุลร่วมกันทำให้เกิดเป็นรูหรือช่องว่างบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์เป้าหมาย รูดังกล่าวจะทำให้เกิดการเสียสมดุลของไอออน สูญเสียกรดอะมิโนและสารประกอบอนินทรีย์ในกลุ่มฟอตเฟตซึ่งเป็นสารปาะกอบสำคัญในการสร้างพลังงานของเซลล์ ซึ่งขั้นตอนและกลไกในการทำลายเซลล์เป้าหมายจะแตกต่างกันไปตามชนิดของแบคเทอริโอซิน เช่น ไนซิน ซึ่งเป็นแบคเทอริโอซินในกลุ่ม lantibiotic ที่สร้างจาก *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* พบว่าเป็นสายเปปไทด์ที่มีประจุสุทธิเป็นเป็นบวกจะเข้าจับกับเซลล์ของแบคทีเรียเป้าหมายทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ถูกรบกวน ส่งผลให้เกิดการรั่วออกขององค์ประกอบต่างๆภายในเซลล์ ในกรณีที่เป็นสปอร์พบว่า เยื่อหุ้มเซลล์จะถูกทำลายอย่างรวดเร็ว ในระหว่างที่สปอร์เกิดการงอกออกมาและยังพบว่าไนซินที่มีความเข้มข้นสูงๆสามารถยับยั้งการสร้าง peptidoglycan ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ (Davison and Hoover, 1993; Muriana, 1996) ส่วนในแบคเทอริโอซินกลุ่ม non lantibiotic ที่มีขนาดเล็กและทนความร้อน พบว่าในขั้นตอน

พระบรมราชูปถัมภ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แรกปลายด้าน N-terminal ของโมเลกุลแบคเทอริโอซินซึ่งมีประจุบวกจะเข้าจับกับส่วนหัวของฟอสโฟลิปิดที่เยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียเป้าหมาย หลังจากนั้นปลายด้าน C-terminal ในโมเลกุลของแบคเทอริโอซิน ซึ่งมีสมบัติเป็น hydrophobic จะทำปฏิกริยากับ acyl group ของไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดเป็นรูที่เยื่อหุ้มเซลล์ส่งผลให้เกิดการสูญเสียสมดุลของไอออนและสารประกอบฟอตเฟตภายในเซลล์ (Ennahar et al., 2000) ในการยับยั้งการเจริญของเซลล์เป้าหมายโดยแบคเทอริโอซินนอกจากจะมีผลในการยับยั้งเซลล์เป้าหมายแบบฆ่าทำลาย (bactericidal) แล้วอาจยังมีผลยับยั้งการเจริญของของเซลล์แบคทีเรียเป้าหมาย (bacteriostatic) ทั้งนี้ขึ้นกับความบริสุทธิ์และความเข้มข้นของแบคเทอริโอซิน สภาพแวดล้อมรวมถึงชนิดและปริมาณของเซลล์เป้าหมาย

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของแบคเทอริโอซิน

1. ชนิดของแบคทีเรียเป้าหมาย โดยแบคเทอริโอซินแต่ละชนิดจะสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้แตกต่างกันไป เช่น ไนซินสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวกได้หลายชนิด, enterocin1146 สามารถยับยั้งการเจริญของ *Lactobacillus sake* และ *Listeria* sp. ส่วน piscicocin V1 และ divercin V41 สามารถยับยั้งการเจริญของ *L. monocytogenes*, *L. innocua* และ *C. tyrobutyricum*

2. สภาวะที่ก่อให้เกิดการเสียสภาพทางชีวภาพของแบคเทอริโอซินนั้นจะเหมือนกับโปรตีนทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ เอนไซม์ ย่อยสลายโปรตีน การเกิดปฏิกริยาการเติมออกซิเจน โลหะหนัก การกวนที่รุนแรงรวมทั้งการเกิดการขาดของโมเลกุลของแบคเทอริโอซิน

3. การรวมกันของแบคเทอริโอซินกับองค์ประกอบภายนอกที่อยู่ในสภาพแวดล้อม พบว่าเกลือไนเตรต กรดอินทรีย์ สารจับโลหะและสารอิมัลซิไฟเออร์ มีส่วนทำให้การทำงานของไนซินยับยั้งเซลล์เป้าหมายได้ดีขึ้น แต่ในส่วยของไขมัน เนย ฟอสโฟลิปิด โปรตีน ละสารในกลุ่มฟีนอลจะมีผลในการลดกิจกรรมของไนซิน

4. ค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายหรือตัวกลาง ซึ่งจะมีผลในการละลายและกิจกรรมของแบคเทอริโอซิน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Maeda และ Liao (1992) รายงานการใช้แบคทีเรียจากดิน PM-4 ที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) โดยแบคทีเรียสายพันธุ์ดังกล่าวแสดงผลการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของ*Vibrio anguillarum* ใน *in vitro* และเมื่อเติม PM-4 ลงในบ่อเพาะเลี้ยง ผลที่ได้พบว่าตัวอ่อนของกุ้งกุลาดำมีการรอดชีวิต 57% หลังจากเลี้ยง 13 วัน ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเติม PM-4 พบว่าตัวอ่อนตายหมดภายในเวลา 5 วัน

Nogami และ Maeda (1992) คัดแยกแบคทีเรียจากบ่อเลี้ยงปูและพบว่าเชื้อที่แยกได้ช่วยปรับปรุงการเจริญเติบโตของตัวอ่อนปู (*Portunus trituberculatus*) และยังพบว่าเชื้อดังกล่าวสามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียก่อโรคอื่นๆโดยเฉพาะ *Vibrio* spp. แต่ไม่ฆ่าหรือยับยั้งการเพิ่มจำนวนของสาหร่ายขนาดเล็ก นอกจากนั้นเมื่อเติมแบคทีเรียชนิดนี้ลงในบ่อที่เพาะเลี้ยงตัวอ่อนปูยังช่วยลดปริมาณของ *Vibrio* spp. และแบคทีเรียในกลุ่มที่มีการสร้างรงควัตถุ เป็นผลให้อัตราการรอดชีวิตของตัวอ่อนปูเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มผลผลิตให้กับการเพาะเลี้ยงปูด้วย ดังนั้นจึงมีการใช้แบคทีเรียชนิดนี้ในการควบคุมแบคทีเรียก่อโรคโดยใช้วิธีการควบคุมทางชีวภาพในการเพาะเลี้ยงปู

Smith และ Davey (1993) รายงานถึง Pseudomonad ที่สามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนของ *Aeromonas salmonicida* เชื้อก่อโรคในปลา โดยแสดงการยับยั้งเชื้อก่อโรคเมื่อนำมาทดสอบในอาหารเลี้ยงเชื้อและทดสอบโดยการเหนี่ยวนำทำให้เกิดโรคโดย *A. salmonicida* พบว่า *Pseudomonad* ดังกล่าวสามารถลดการติดโรคของปลาได้เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

Austin et al. (1995) รายงานการใช้โพรไบติก *Vibrio alginolyticus* ซึ่งไม่ใช่เชื้อก่อโรคใน Salmonids ทำการทดลองโดยใช้วิธี cross-streaking พบว่าเชื้อโพรไบโอติกดังกล่าวสามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคในปลา และเมื่อนำส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงโพรไบโอติกดังกล่าวมาทดสอบการยับยั้งต่อ *Vibrio ordalii, V. anguillarum, A. salmonicida* โดยปริมาณของเชื้อทดสอบดังกล่าวลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าโพรไบโอติกสามารถมีชีวิตอยู่ในลำไส้ของ Atlantic salmon เป็นเวลานานอย่างน้อย 3 สัปดาห์ รวมทั้งช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของปลา salmon เมื่อทำให้ปลาเกิดโรค ซึ่งจากการทดลองทั้งหมดสามารถคาดเดากลไกของโพรไบโอติกได้ดังนี้

1. สามารถสร้างสารต่อต้านการเจริญของเชื้อก่อโรคได้
2. โพรไบโอติกสามารถ adhesion และ colonization ที่บริเวณลำไส้ของสัตว์เจ้าบ้านได้
3. ช่วยเพิ่มความต้านทานของสัตว์เจ้าบ้านต่อเชื้อก่อโรคได้

ดังนั้นจึงมีการใช้โพรไบโอติกในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อใช้เป็นการควบคุมการเกิดโรค

Griffth (1995) รายงานการเกิดโรคในฟาร์มกุ้งวัยอ่อนใน Ecuadorian ว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแบคทีเรีย โดยพบว่าปริมาณของ *V. alginolyticus* ลดลง ในขณะที่ปริมาณของ *V. parahaemolytivus* เพิ่มขึ้น จากนั้นจึงแยกแบคทีเรีย *V. alginolyticus* มาใช้เป็นโพรไบโอติก ซึ่งต่อมามีผลยับยั้งโรคระบาดที่เกิดขึ้นในฟาร์มเลี้ยงกุ้งวัยอ่อนและทำให้ผลผลิตกุ้งเพิ่มขึ้น 35 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งการใช้สารปฏิชีวนะลดลงถึง 94 เปอร์เซ็นต์

Garriques และ Arevalo (1995) ทดสอบการใช้ *V. alginolyticus* ซึ่งแยกได้จากน้ำทะเล ในการเติมในบ่อเลี้ยงตัวอ่อนของ *Litopenaeus vannamei* พบว่าไม่มีการตายเกิดขึ้นเมื่อทำให้เกิดโรคด้วยเชื้อ *V. parahaemolyticus* แต่ในขณะที่พบการตายของ *Litopenaeus vannamei* 100 เปอร์เซ็นต์ในกลุ่มควบคุม หลังจากทำให้เกิดโรคเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

วรรนิภา เพี้ยนภักตร์ (2539) ศึกษาการใช้โพรไบโอติกเสริมในอาหารกุ้งกุลาดำโดยใช้แบคทีเรีย *Bacillus* S11 ที่แยกได้จากลำไส้กุ้งกุลาดำที่มีสุขภาพดีและมีสมบัติเป็นโพรไบโอติก ผสมในอาหารกุ้งและเลี้ยงกุ้งเป็นเวลา 100 วัน พบว่า กุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารที่ผสม *Bacillus* S11 จะมีการเจริญเติบโต อัตราการรอดชีวิต และความต้านทานต่อโรคสูงกว่ากุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสม *Bacillus* S11 อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ได้ทดสอบการเหนี่ยวนำให้เกิดโรคด้วย *Vibrio harveyi* D331 พบว่าหลังจากการเลี้ยง 10 วันกุ้งกุลาดำในกลุ่มควบคุมมีอัตราการรอดชีวิต 26% แต่กุ้งกุลาดำในกลุ่มที่มีการเติม *Bacillus* S11 มีอัตราการรอดชีวิต 100%

Jiravanichpaisal, Chuaychuwong และ Menasaveta (1997) รายงานการใช้ *Lactobacillus* sp. เป็นแบคทีเรียโพรไบโอติกเสริมใน *Penaeus monodon* Fabricius โดยศึกษาผลของ *Lactobacillus* sp. ต่อการต้านการเกิดโรค Vibriosis และ โรค White spot ใน *P. monodon* พบว่า *Lactobacillus* sp. สามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนของ *Vibrio* sp., *E. coli*, *Staphylococcus* sp. และ *Bacillus subtilis* ได้

Rengpipat และคณะ (1998) รายงานการใช้ *Bacillus* S11 เป็นโพรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่ากุ้งกุลาดำที่ได้รับ *Bacillus* S11 ผสมกับอาทิเมียที่ใช้เป็นอาหารกุ้งกุลาดำมีการพัฒนาการเจริญอย่างรวดเร็วทำให้พ้นระยะติดโรคเร็วกว่ากุ้งกุลาดำในกลุ่มควบคุมหลังจากเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นระยะเวลานาน 100 วัน

สมบัติ รักประทานพร (2542) รายงานการใช้ *Bacillus* S11 ในการเสริมภูมิคุ้มกันที่ป้องกันสิ่งแปลกปลอมโดยเซลล์ และสารน้ำในกุ้งกุลาดำ โดยทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อที่มีระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดเป็นเวลานาน 90 วัน พบว่าน้ำหนักตัวและการรอดชีวิตของกุ้งในระยะโพสลาวาสูงขึ้น และพบ

ว่า *Bacillus* S11 มีผลกระตุ้นประสิทธิภาพการกลืนทำลายสิ่งแปลกปลอมโดยวิธีฟาโกไซโตซีสและเพิ่มแอคติวิตีฟีนอลออกซิเดสในเม็ดเลือดกุ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อรุณ ธัญญนันท์ (2544) รายงานการใช้ *Bacillus* S11 เสริมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในระดับทดลองภาคสนาม ในบ่อดินขนาด 1,000 ตารางเมตร พบว่า *Bacillus* S11 สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำระยะโพสลาร์วา โดยมีผลเพิ่มน้ำหนักตัวมากกว่ากุ้งในกลุ่มควบคุม และผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองเลี้ยงกุ้งในกระชังขนาด 2 ตารางเมตรเป็นระยะเวลา 100 วันและจากการทดสอบการเหนี่ยวนำให้เกิดโรคด้วย *V. harveyi* 1526 พบว่ากุ้งกุลาดำในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วย *Bacillus* S11 มีอัตราการตายสะสมน้อยกว่าในกุ้งในกลุ่มควบคุม

จากการตรวจสอบเอกสารเบื้องต้นที่กล่าวมา พบว่าการใช้โพรไบโอติกเสริมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นแนวทางที่เป็นไปได้และน่าจะมีการพัฒนาต่อไป และจากการรายงานการใช้ *Bacillus* S11 เป็นโพรไบโอติก เสริมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่าสามารถช่วยเพิ่มน้ำหนักตัว อัตราการรอดชีวิต เพิ่มประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกันรวมทั้งเพิ่มการรอดชีวิตของกุ้งกุลาดำจากการติดเชื้อโรคเรืองแสงจาก *Vibrio harveyi* ในงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะใช้หลักการควบคุมทางชีวภาพ (Biocontrol) ในการป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรีย *V. harveyi* ในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยคัดแยกโพรไบโอติกแบคทีเรียสายพันธุ์ใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า *Bacillus* S11มาเสริมในอาหารเพาะเลี้ยงกุ้งแทนการใช้สารปฏิชีวนะ