รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
เรื่อง

การจัดการและการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เพื่อทำให้การเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

(Management of wastewater discharge from the culture of black tiger prawn (*Penaeus monodon*) before releasing into environment for sustainable and environment friendly black tiger prawn culture)

โดย
ผศ. ดร. สุบัณฑิต นิ่มรัตน์ [1]
รศ. ดร. วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย [2]
อ. สาลินี ผลมาตย์ [3]

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[2]ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[3]โครงการจัดตั้งคณะทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยบูรพา

เสนอต่อ
สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547

คำนำ

ในปัจจุบันมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นจำนวนมากในประเทศไทยจึงทำให้เกิดปัญหาของน้ำเสียและปัญหาน้ำขาดแคลนเพื่อใช้ในการลี้ยงกุ้งกุลาดำจึงทำให้เกิดการจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการและบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างเหมาะสมเพื่อที่จะมีปริมาณเพียงพอในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและสามารถนำเอาน้ำที่ผ่านการบำบัดนำมาใช้ในการมาใช้ใหม่อย่างไม่มีผลกระทบอื่นใดรวมทั้งเป็นการอนุรักษ์น้ำที่มีความขาดแคลนเกิดขึ้นเรื่อย ๆ เพราะมีประชาชนเพิ่มมากขึ้นรวมทั้งมีการประกอบอาชีพทางเกษตรกรรมที่ต้องมีการใช้น้ำปริมาณมาก นอกจากนั้นยังเป็นการป้องกันการเกิดภาวะมลพิษทางน้ำที่เกิดจากการปล่อยน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ รายงานการวิจัยเล่มนี้จึงได้เริ่มต้นขึ้น โดยมีการปูพื้นเริ่มตั้งแต่ชีววิทยาของกุ้งกุลาดำรูปแบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ของเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ คุณลักษณะของน้ำทิ้งนากุ้ง ผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อสิ่งแวดล้อมการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งและมาตรฐานน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ความรู้ในงานวิจัยเล่มนี้ผู้เขียนหวังว่าผู้อ่านสามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการและการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยวิธีที่เหมาะสมต่อพื้นที่ด้วยวิธีการประหยัดค่าใช้จ่ายและมีประสิทธิภาพ ท้ายนี้ผู้เขียนหวังว่างานวิจัยเล่มนี้น่าจะมีประโยชน์บ้างไม่มากก็น้อย และผู้เขียนขอน้อมรับคำแนะนำต่าง ๆ เพื่อนำมาปรับปรุงหนังสือเล่มนี้ต่อ ๆ ไป

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์

ธันวาคม 2547

สารบัญ

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

สารบัญรูป (ต่อ)

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน

การจัดการและการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เพื่อทำให้การเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

(Management of wastewater discharge from the culture of black tiger prawn (*Penaeus monodon*) before releasing into environment for sustainable and environment friendly black tiger prawn culture)

บทนำ

ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าเทคโนโลยีการเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทยมีความเจริญก้าวหน้าอยู่ในแนวหน้าของโลกไม่ว่าจะเป็นเทคนิคการอนุบาล และการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องและยาวนาน อย่างไรก็ตามปัญหาหนึ่งที่มักเกิดขึ้นอยู่เสมอในระหว่างการเลี้ยงสัตว์น้ำก็คือ น้ำเสียปริมาณมากที่ปล่อยออกมาจากฟาร์มเลี้ยงได้ถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยไม่มีการบำบัดอย่างถูกวิธีทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมเป็นห่วงโซ่มากมายตามมาเช่น ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลงและไม่เหมาะต่อการนำน้ำเหล่านั้นกลับมาใช้เลี้ยงสัตว์น้ำอีกครั้ง ทำให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคชนิดต่าง ๆ ในสัตว์น้ำ ทำให้มีการสะสมของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์จำนวนมากในสิ่งแวดล้อม และยังทำให้คุณภาพน้ำไม่เหมาะสมต่อการท่องเที่ยวอีกด้วย ซึ่งการควบคุมและแก้ไขปัญหาดังกล่าวเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีการดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อทำให้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นไปได้อย่างยั่งยืน (Sustainable aquaculture) และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยที่สิ่งแวดล้อมยังคงมีความสมดุลย์ของระบบนิเวศวิทยา

โดยทั่วไปการเลี้ยงสัตว์น้ำระบบพัฒนา (Intensive culture) ซึ่งมีการเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างหนาแน่นและมีการให้อาหารสำเร็จรูปปริมาณมากนั้น จะมีการสะสมของสารอินทรีย์หรือของเสียในระบบมากกว่าการเลี้ยงแบบดั้งเดิม (Extensive culture) ที่เลี้ยงสัตว์น้ำไม่หนาแน่น และพึ่งพาอาหารธรรมชาติเป็นหลัก ของเสียเหล่านี้ได้แก่ แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ที่ตาย เศษอาหารที่เหลือซึ่งสัตว์น้ำกินไม่หมด และปัสสาวะและมูลของสัตว์น้ำจำนวนมากที่ปล่อยออกมาในแต่ละวัน ซึ่งการสะสมของเสียเหล่านี้ในระบบจะค่อยๆเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เลี้ยง และความหนาแน่นที่เลี้ยงสัตว์น้ำ ด้วยเหตุที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหลาย ๆ ชนิดในปัจจุบันได้นิยมที่จะเลี้ยงในระบบปิด (Closed system) เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการแพร่ระบาดของโรคสัตว์น้ำ และคุณภาพน้ำภายนอกฟาร์มที่มีความไม่แน่นอน ดังนั้นการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิดเป็นเวลานานจึงมีของเสียชนิดต่าง ๆ สะสมอยู่ในบ่อในปริมาณมาก ซึ่งส่งผลโดยตรงทำให้คุณภาพน้ำในบ่อลดเสื่อมโทรมลง เช่นปริมาณของแอมโมเนีย ไนเทรต ไนไทรต์ หรือสารแขวนลอยมีมากขึ้น เป็นต้น แม้ว่าของเสียเหล่านี้จะถูกย่อยสลายด้วยแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ในระบบได้ แต่ก็ต้องใช้เวลาในการบำบัด ซึ่งในขณะนี้เกษตรกรผู้

เลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ และความเข้าใจในการบำบัดของเสียหรือน้ำเสียในฟาร์มก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เช่นพักน้ำเสียไว้ในฟาร์มเพียงระยะสั้น ๆ แล้วปล่อยทิ้งเลย หรือปล่อยน้ำเสียทิ้งไปโดยไม่มีการบำบัด เป็นต้น

กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ชนิดหนึ่งของประเทศไทย การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีการเลี้ยงกันอย่างกว้างขวาง ในหลายจังหวัดบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทยรวมทั้งในภาคตะวันออกโดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดชลบุรี ระยองและจันทบุรี เนื่องจากเป็นการลงทุนที่ให้ผลตอบแทนสูงและใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้น (ประจวบ, 2531) รูปแบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในปัจจุบันเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนาโดยปล่อยลูกกุ้งจำนวนมาก ทำให้ต้องให้อาหารกุ้งอย่างเต็มที่เร่งเพิ่มผลผลิต (รณชัย, 2535) ซึ่งจะมีผลทำให้สารอินทรีย์มีสะสมอยู่ในบ่อในปริมาณที่สูงขึ้น โดยรูปแบบการเลี้ยงในขณะนี้นิยมที่จะนำน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมาถูกนำมาพักไว้ในบ่อบำบัด (Sedimentation pond) ก่อนปล่อยทิ้งสู่สภาพแวดล้อมภายนอก (Discharge) หรือนำกลับมาใช้ใหม่ในฟาร์ม (Recycle) ขึ้นอยู่กับการจัดการของแต่ละฟาร์มซึ่งมีความแตกต่างกันไป และถ้าหากไม่มีการบำบัดน้ำทิ้งเหล่านี้อย่างเหมาะสมก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ก็จะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยตรง เช่นอาจมีผลกระตุ้นให้เกิดการแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอน (Plankton bloom) ทำให้เกิดปรากฏการน้ำเปลี่ยนสี (Red tide) และคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลเสื่อมโทรมลงเป็นต้น โดยที่ได้พบว่ามีปรากฏการน้ำเปลี่ยนสีเกิดขึ้นได้มากขึ้นและความถี่มากขึ้นในแถบชายหาดบางแสนและมักจะแผ่ไปยังชายทะเลบริเวณอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้การท่องเที่ยวของจังหวัดนั้น ๆ ลดลงไปเป็นจำนวนมาก

ในปัจจุบันนี้แม้ว่าผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้หันมานิยมเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิดโดยมีการถ่ายเทน้ำในปริมาณน้อยมากหรือไม่มีการถ่ายเทน้ำเลยตลอดการเลี้ยงเพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่อาจเกิดจากการแพร่ระบาดของโรคกุ้งกุลาดำ เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบเปิดซึ่งเป็นการเลี้ยงในแบบดั้งเดิมนั้นจำเป็นต้องถ่ายน้ำเข้าออกบ่อยครั้ง ทำให้มีความเสี่ยงมากขึ้นที่จะเกิดโรคระบาดในบ่อกุ้ง ดังนั้นการเลี้ยงในระบบปิดจึงเป็นการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคระบาดในกุ้ง ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงกุ้ง เพราะการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำเป็นต้องใช้น้ำในปริมาณสูงมาก เช่น การเลี้ยงกุ้งหนึ่งรุ่นในบ่อเลี้ยง 0.9-6 ไร่ได้ผลผลิตกุ้ง 0.4-2.5 ตันต่อไร่จำเป็นต้องใช้น้ำ 6,000 – 168,000 ตันต่อรุ่น (คณิตและพุทธ, 2535) นอกจากนี้การขยายพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างรวดเร็วในหลายพื้นที่แม้จะเลี้ยงในระบบปิดก็มีผลทำให้สารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้งถูกปล่อยลงในแหล่งน้ำธรรมชาติมากขึ้น เช่นบริเวณชายฝั่งและปากแม่น้ำจนจุลินทรีย์ในธรรมชาติไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้นได้ทันทำให้คุณภาพน้ำชายฝั่งเสื่อมโทรมและมีส่งผลทำให้มีการขยายพื้นที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำเข้ามาเลี้ยงในบริเวณน้ำจืดหรือบริเวณน้ำที่มีความเค็มต่ำในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรีและนครนายก เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อการปลูกข้าวในบริเวณพื้นที่เหล่านั้น ดังนั้นปัญหามลภาวะน้ำเน่าเสียในบ่อกุ้งจึงเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้พื้นที่การ

เลี้ยงกุ้งกุลาดำได้รับความเสียหาย ทำให้เกษตรกรย้ายแหล่งเลี้ยงกุ้งไปยังบริเวณที่ไม่มีปัญหามลภาวะของแหล่งน้ำ ซึ่งแม้ว่าจะแก้ไขปัญหาได้ในระดับหนึ่ง แต่ถ้าผู้ประกอบการได้มีส่วนร่วมช่วยกันในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างเป็นระบบก็จะทำให้สามารถเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้อย่างยั่งยืนในทุกพื้นที่

การควบคุมและแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจึงจำเป็นที่จะต้องมีแนวทางหรือมาตรการบังคับควบคุม โดยในขณะนี้รัฐได้เริ่มกำหนดให้มีมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งสำหรับฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งตามกฎหมายนี้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งต้องมีการบำบัดน้ำทิ้งเพื่อให้น้ำทิ้งมีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามกฎหมายที่กำหนดก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม แนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวได้จำเป็นต้องการมีการสร้างจิตสำนึกให้เกษตรกรเข้าใจถึงผลเสียของการปล่อยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีคุณภาพไม่เหมาะสมลงสู่สิ่งแวดล้อม และทำการฝึกอบรมเกษตรกรให้มีความรู้ ความเข้าใจในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างถูกหลักวิชาการอย่างบูรณาการตั้งแต่ความรู้พื้นฐานและการตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างง่าย ๆ การสร้างระบบบำบัดน้ำทิ้งในฟาร์มก่อนปล่อยออก และการใช้สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ เช่นสาหร่าย ปลา หรือหอย เป็นต้น ในการบำบัดน้ำเสียจาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งจะทำให้การเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความยั่งยืน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การฝึกอบรมให้ความรู้แก่เกษตรกรในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จะทำให้เกษตรกรมีความเข้าใจถึงสาเหตุและความจำเป็นในการบำบัดน้ำ และสร้างจิตสำนึกของการคงอยู่ร่วมกันระหว่างการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลที่ตามมาอย่างเป็นรูปธรรมคือ การเลี้ยงกุ้งกุลาดำจะมีความยั่งยืน ทำให้เกษตรกรสามารถประกอบอาชีพได้ยั่งยืน และมีรายได้จากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้ตราบนานเท่าที่คุณภาพน้ำยังเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ นอกจากนี้ความยั่งยืนของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำก็จะช่วยให้อุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งกุลาดำของประเทศซึ่งมีมูลค่าปีละนับแสนล้านบาทมีส่วนช่วยทำให้มีการนำรายได้เข้าประเทศ และก่อให้เกิดธุรกิจต่อเนื่อง และการจ้างแรงงานในท้องถิ่นตามมาอีกมาก

1. ชีววิทยาของกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) เป็นสัตว์ที่กินได้ทั้งพืชและสัตว์กุ้งกุลาดำเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีความสำคัญในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และประเทศไทยในปัจจุบันเป็นประเทศที่มีการส่งออกกุ้งกุลาดำเป็นอันดับที่ 1 ในมูลค่า 89,230 ล้านบาท (304,987 ตัน) ในปี ค.ศ. 2000 (Department of Fisheries, 2000) จากในสภาพธรรมชาติกุ้งกุลาดำมีการแพร่กระจายในเขตอินโดเวส-แปซิฟิค (Indo-West Pacific) ซึ่งได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น ไต้หวัน ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย สิงคโปร์ อินโดนีเซีย ศรีลังกา อินเดีย นิวกินี ออสเตรเลีย บริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทยของประเทศไทย

อนุกรมวิธาน

กุ้งกุลาดำ เป็นกุ้งที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในวงศ์พีนีไอดี้ (Penaeidae) และอนุกรมวิธานของกุ้งกุลาดำ เป็นดังนี้ (Motoh, 1985)

Phylum Artropoda

Class Crustacea

Order Decapoda

Suborder Natantia

Family Penaeidae

Genus Penaeus

Species monodon

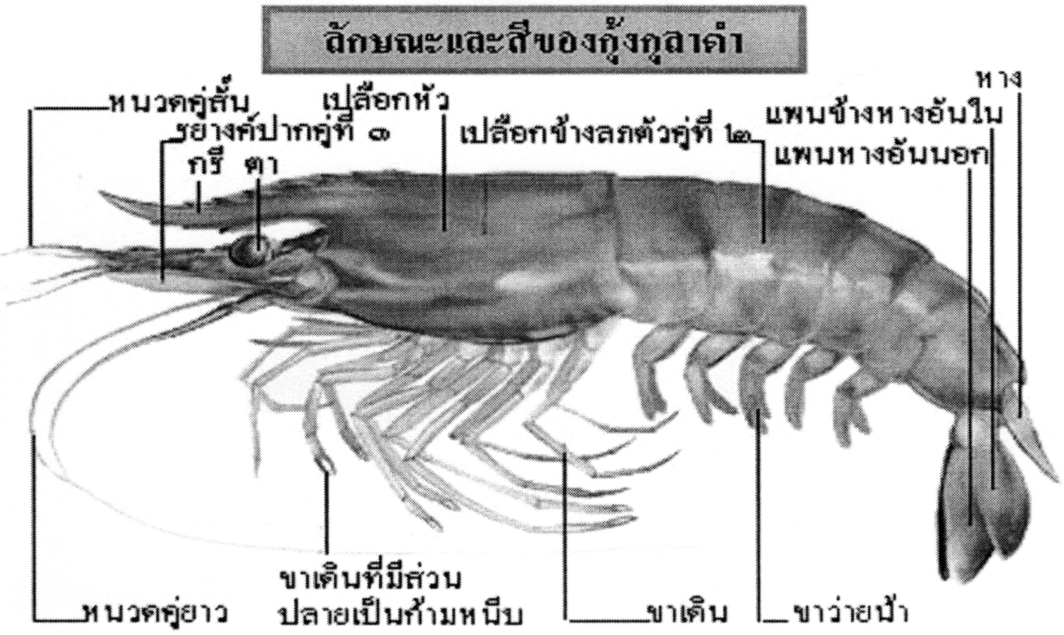
ดังนั้นกุ้งกุลาดำจึงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Penaeus monodon frabricius* และมีชื่อสามัญคือ Giant Tiger Prawn (English), Camaron Tiger Giante (Spanish) และ Sugpo (Phillipines)

ลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะของกุ้งกุลาดำที่แตกต่างจากกุ้งชนิดอื่นที่ชัดเจน คือ บริเวณปล้องท้องจะมีแถบสีดำหรือสีเทาเข้มพาดขวางสลับกับสีขาว จึงมีชื่อว่า กุ้งกุลาดำ และมีลักษณะทางกายภาพอื่น ๆ ดังสรุปในตารางที่ 1 และรูปที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของกุ้งกุลาดำ

ลักษณะ	
กรี	ยาวโค้งขึ้น ลักษณะเป็นรูปซิกมอยด์ ปลายกรีสิ้นสุดบริเวณปลายก้านหนวดคู่ที่ 1
ขอบด้านบน	มีฟัน 7 ถึง 8 ซี่
ขอบด้านล่าง	มีฟัน 3 ซี่
สันหลังกรี	ยาวเกือบถึงด้านหลังเปลือกหุ้มหัว
ผิวด้านบน	ไม่เรียบ มีลักษณะเป็นร่องตื้น ๆ
สันข้างกรี	ยาวประมาณฟันกรีซี่ที่อยู่เหนือกระเพาะอาหาร
ลำตัว	มีสีซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามขนาดหรือสภาพแวดล้อม เช่น สีน้ำตาลเข้มแถบน้ำเงิน สีน้ำเงินแถบม่วง สีแดงคล้ำ สีม่วงหรือสีเทาโดยทั่วไปกุ้งที่พบมีความยาวลำตัวทั้งหมดระหว่าง 80 ถึง 337 มิลลิเมตร
ขาว่ายน้ำ	มีสีน้ำตาลปนสีน้ำเงิน ส่วนโคนมีแต้มสีขาว ส่วนปลายมีขนสีแดงอยู่โดยรอบ
ขาเดิน	มีสีแดงดำ มีสีขาวปนอยู่ประปราย
แพนหางและหาง	มีสีเดียวกับลำตัว
หนวดคู่ที่ 2	มีสีดำ มีลายแต่เห็นไม่ชัดเจน



รูปที่ 1 ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของกุ้งกุลาดำ (http://kanchanapisek.or.th)

วงจรชีวิตของกุ้งกุลาดำ

วงจรชีวิตของกุ้งกุลาดำ (รูปที่ 2) เริ่มต้นจาก

1. พ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำที่มีขนาดประมาณ 90-120 กรัม ทำการวางไข่ที่ระดับน้ำลึกประมาณ 30-40 เมตรใกล้พื้นทราย ซึ่งกุ้งขนาดนี้จะมีไข่ประมาณ 500,000-1,000,000 ฟอง (Platon, 1978) ไข่ของกุ้งกุลาดำเป็นประเภทไข่จม

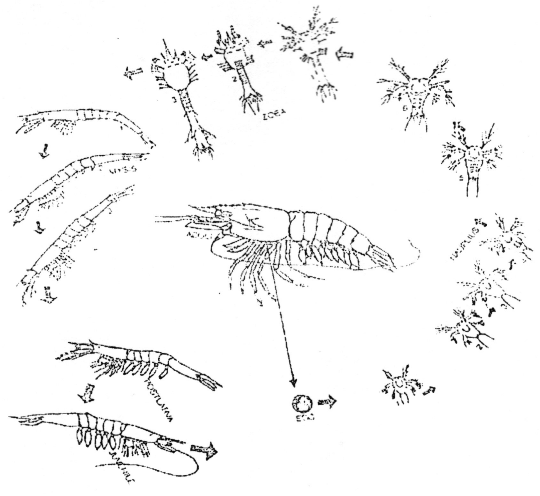
2. ไข่ที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้วจะฟักออกเป็นตัวอ่อนระยะแรกภายในเวลา 14-15 ชั่วโมง เรียกวัยอ่อนระยะแรกว่า นอเพลียส (Nauplius) และในช่วงนี้จะใช้ชีวิตแบบแพลงก์ตอน

3. ระยะนอเพลียสจะมี 6 ระยะและมีการลอกคราบ 5 ครั้ง ภายในเวลา 48-56 ชั่วโมง เป็นระยะโซเอีย (Zoea)

4. ระยะโซเอียซึ่งประกอบด้วยขั้นต่างๆ 3 ขั้น มีการลอกคราบ 3 ครั้ง ภายในเวลา 4-5 วัน ต่อไปถึงขั้นไมซิส (Mysis)

5. ระยะไมซิสมีการลอกคราบ 3 ครั้ง เป็นวัยอ่อนขั้นสุดท้าย (Postlavae) ในเวลา 4-5 วัน นับตั้งแต่เป็นวัยอ่อนขั้นสุดท้าย

6. เมื่อพ้นระยะโพสลาวา (หรือตัวอ่อนขั้นสุดท้าย) ก็จะพัฒนาไปเป็นลูกกุ้งวัยรุ่น ลูกกุ้งชำ ลูกกุ้งวัยเจริญพันธุ์และเป็นกุ้งโตเต็มที่ต่อไปซึ่งในช่วงตั้งแต่กุ้งวัยรุ่นนี้จะปรับตัวเปลี่ยนจากการอยู่ในสภาพของแพลงก์ตอนมาเป็นกลุ่มที่อาศัยอยู่บริเวณหน้าดินของปากแม่น้ำ



รูปที่ 2 วิวัฒนาการของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) (Platon, 1978)

2. รูปแบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

รูปแบบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอาจแบ่งได้แบบต่าง ๆ คือ (ชลอ, 2534)

2.1 การเลี้ยงแบบธรรมชาติ (Extensive system)

เป็นการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยการสูบน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติเข้ามายังบ่อเลี้ยงที่มีขนาดบ่อตั้งแต่ 60-200 ไร่ โดยมีพันธุ์กุ้งอยู่ในแหล่งน้ำนั่นเองรวมทั้งมีอาหารตามธรรมชาติ ดังนั้นจึงไม่มีการให้อาหารเม็ดและไม่มีการใช้เครื่องให้อากาศ แต่มีข้อเสียคือมีระยะเวลาในการเลี้ยงไม่แน่นอนและผลผลิตที่ได้อยู่ระหว่าง 5-50 กิโลกรัม/ไร่ (รูปที่ 3)

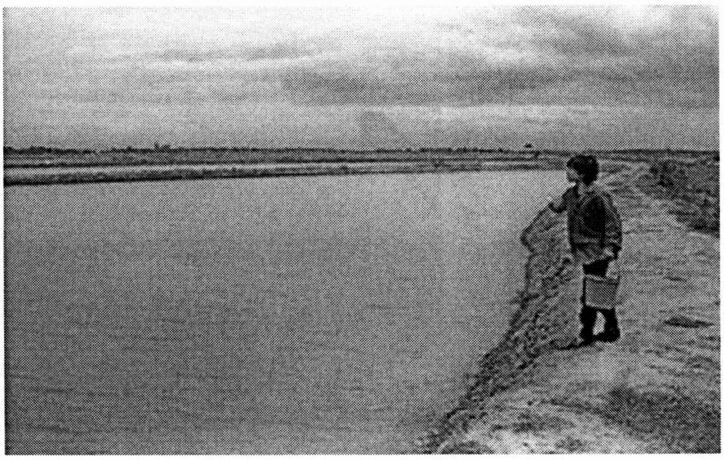
(a)

(b)

รูปที่ 3 การเลี้ยงแบบธรรมชาติ

2.2 การเลี้ยงแบบกึ่งธรรมชาติ (Semi-intensive system)

เป็นการเลี้ยงกุ้งกุลาดำคล้ายกับการเลี้ยงแบบธรรมชาติ แต่จะมีขนาดของบ่อลดลงมาเป็นบ่อประมาณ 15-60 ไร่ต่อบ่อ (รูปที่ 4) รวมทั้งมีการปล่อยลูกกุ้งลงเสริมประมาณ 5-12 ตัวต่อตารางเมตร และมีการให้อาหาร 1-2 มื้อต่อวัน โดยใช้อาหารสดหรืออาหารเม็ด ไม่มีการใช้เครื่องให้อากาศ และได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการเลี้ยงแบบธรรมชาติโดยอยู่ระหว่าง 600-1800 กิโลกรัมต่อไร่

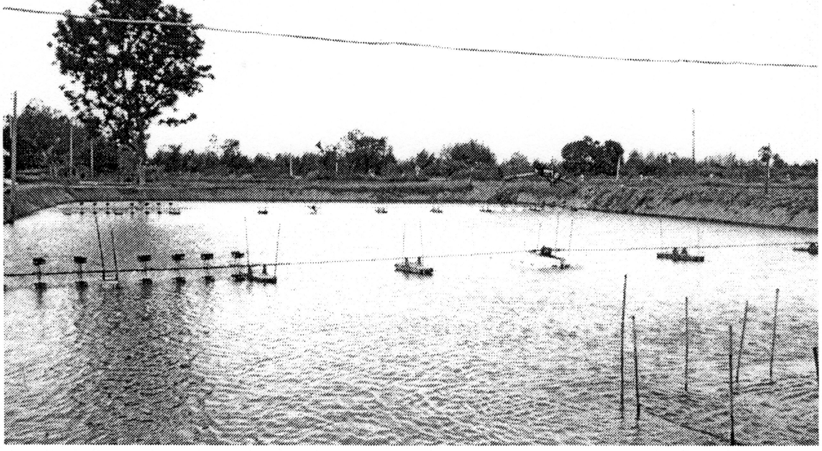


รูปที่ 4 การเลี้ยงแบบกึ่งธรรมชาติ

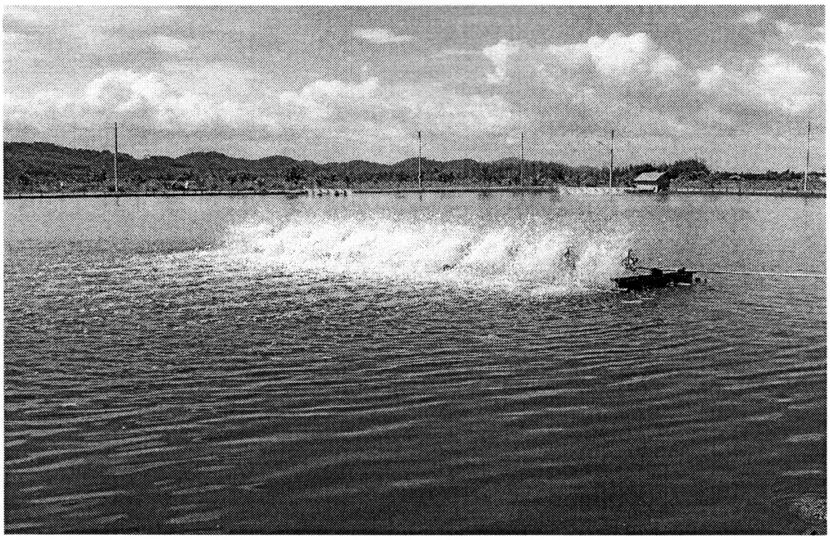
(http://www.dec.ctu.edu.vn/cdrom/cd3/general%20aspects/introduc/les15/a1236.jpg)

2.3 การเลี้ยงแบบพัฒนา (Intensive system)

เป็นการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีขนาดบ่อเล็กมากเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงแบบธรรมชาติและการเลี้ยงแบบกึ่งธรรมชาติคือ ประมาณ 2-8 ไร่ต่อบ่อ และมีการปล่อยลูกกุ้งในอัตราประมาณ 25-40 ตัวต่อตารางเมตร (รูปที่ 5) ร่วมกับมีการให้อาหารเม็ด 5-6 มื้อต่อวัน และมีการใช้เครื่องให้อากาศ 1-2 ตัวต่อไร่ ผลผลิตที่ได้จะสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงแบบธรรมชาติและกึ่งธรรมชาติคือปริมาณ 600-1,800 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นจึงทำให้ในประเทศไทยในปัจจุบันมีผู้นิยมเลี้ยงกุ้งกุลาดำกันอย่างมากมาย (Chuntapa et al., 2003) เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงสั้นแต่ให้ผลกำไรที่สูง การเลี้ยงแบบนี้จะมีผลเสียคือหากไม่มีการจัดการฟาร์มที่ดีจะทำให้เกิดปัญหา คือมีคุณภาพน้ำที่แย่ลงและขาดระบบการควบคุมป้องกันของเสียที่ปล่อยส่งผลให้การเลี้ยงต้องมีความเสี่ยงต่อกุ้งเป็นโรคตายสูงมาก รวมถึงมลภาวะต่าง ๆ ที่มาจากการเลี้ยงอย่างหนาแน่นและการปล่อยของเสียต่าง ๆ ลงสู่แหล่งน้ำมากเกินไปทำให้เกิดการหมักหมมในแม่น้ำลำคลองและบริเวณปากแม่น้ำหรือตามแนวชายฝั่งทะเลจนถึงระดับที่การเลี้ยงในหลาย ๆ พื้นที่คงมีความเสี่ยงต่อกุ้งเป็นโรคตายสูงมาก จนในบางพื้นที่บางช่วงเวลาถึงกับต้องหยุดการเลี้ยง เช่น ในจังหวัดชลบุรีในช่วงต้นปี พ.ศ. 2547 นี้



รูปที่ 5 การเลี้ยงแบบพัฒนา (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

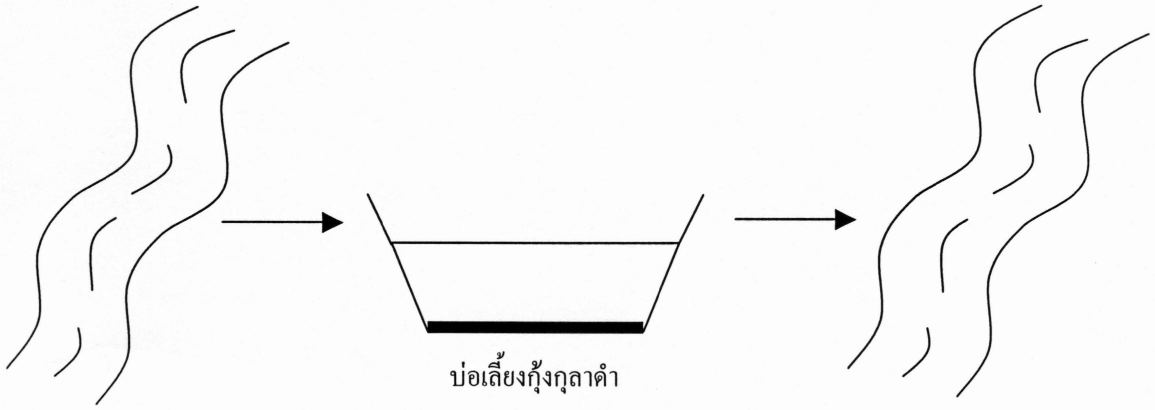


รูปที่ 6 การเลี้ยงแบบพัฒนา (ภาพโดย วีรพงศ์ วุฒิพันธ์ชัย)

3. ระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบ่งเป็น 3 ระบบ (อนันต์, 2537)

3.1 การเลี้ยงระบบเปิด (Open water system)

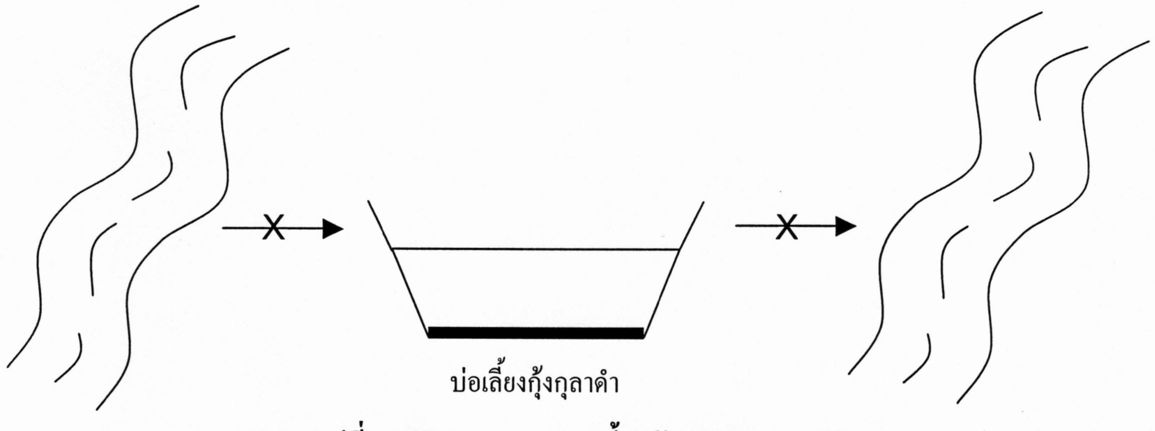
การเลี้ยงแบบระบบเปิดเป็นการเลี้ยงที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในระยะสั้น ๆ เพื่อควบคุมคุณสมบัติของน้ำภายในบ่อให้มีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ดังนั้นการเลี้ยงระบบเปิดจะมีการใช้น้ำปริมาณมากจากแหล่งน้ำภายนอก ซึ่งอาจจะทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากแหล่งน้ำ รวมทั้งยังก่อให้เกิดปัญหาการเกิดโรคจากการติดเชื้อก่อโรคจากแหล่งน้ำที่ปนเปื้อน นอกจากนั้นน้ำทิ้งออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำที่รองรับน้ำเสียดังกล่าว



รูปที่ 7 ลักษณะการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบเปิด

3.2 การเลี้ยงระบบปิด (Close water system)

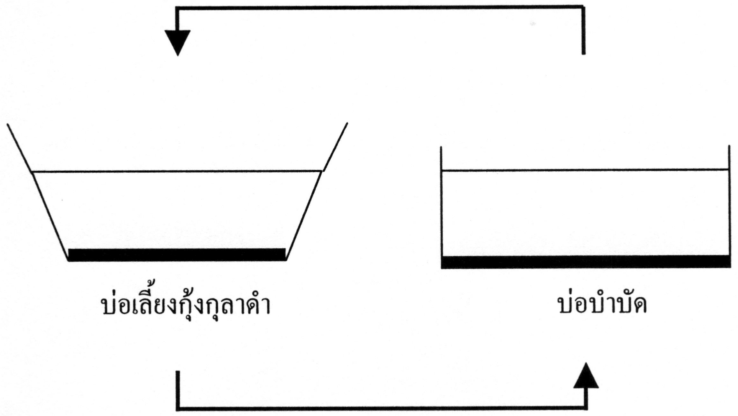
การเลี้ยงกุ้งแบบระบบปิดเป็นการเลี้ยงโดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำแต่มีการชดเชยน้ำในส่วนที่ระเหยไปรวมทั้งส่วนที่รั่วซึม และส่วนที่นำ ๆ ไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ โดยใช้กระบวนการต่าง ๆ ทั้งทางชีวเคมี และทางกายภาพในการควบคุมรักษาคุณสมบัติของน้ำ โดยการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของคุณภาพน้ำภายในบ่อ ระหว่างการเลี้ยงให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต



รูปที่ 8 ลักษณะการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด

3.3 การเลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle water system)

การเลี้ยงหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่เป็นการเลี้ยงแบบระบบปิด แต่น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งหลังจากการ เมื่อนำกุ้งออกจากบ่อ จะได้รับการบำบัดแล้วนำน้ำที่ผ่านการบำบัดหมุนเวียนกลับไปใช้ใหม่อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำในระหว่างการเลี้ยงจะน้อยกว่าการเลี้ยงในระบบเปิด ประมาณ 50-60 เท่า การบำบัดน้ำเก่าเพื่อนำมาใช้ใหม่นั้นมีอยู่หลากหลายวิธีดังจะกล่าวในหัวข้อที่ 8 คือการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งต่อไป



รูปที่ 9 ลักษณะการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่

4. คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในปัจจุบันนิยมใช้วิธีการเพาะเลี้ยงแบบพัฒนาหรือแบบหนาแน่น (Rosenberry, 1996) ดังนั้นถ้าหากไม่มีการจัดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างมีประสิทธิภาพอาจจะก่อให้เกิดปัญหาในด้านต่างๆ ของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และการจัดการเรื่องคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความสำคัญมาก โดยผู้เลี้ยงต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ตลอดจนแนวทางในการป้องกันและแก้ไขเพื่อลดปัญหาต่าง ๆ ที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตและสุขภาพของกุ้ง คุณสมบัติของน้ำที่มีความสำคัญในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีดังนี้

4.1 ความเค็ม

ในความเป็นจริงแล้วกุ้งกุลาดำเป็นกุ้งที่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มได้ในช่วงกว้างและทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างช้า ๆ ได้ โดยสามารถปรับตัวอยู่ที่ความเค็มเกือบศูนย์หรือความเค็มที่เพิ่มขึ้นจนถึง 45 ppt. ได้เป็นระยะเวลานาน แต่จะไม่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างกะทันหัน ดังนั้นในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำจึงควรรักษาความเค็มของบ่อให้คงที่ หรือถ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเค็มก็ควรให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ช่วงความเค็มที่เหมาะ

สมต่อการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำอยู่ระหว่าง 10-15 ppt. แต่อย่างไรก็ตามพบว่ามีความเค็มอยู่ในช่วง 3-10 ppt จะทำให้การเกิดโรคกุ้งลดลง โดยเฉพาะปัญหาจากโรคแบคทีเรียเรืองแสงในบ่อกุ้ง เป็นต้น

4.2 pH หรือความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความสำคัญต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมาก เพราะความเป็นกรด-ด่างของน้ำนั้นมีผลต่อคุณภาพทางเคมีของน้ำชนิดอื่น ๆ เช่น มีผลต่อความเป็นพิษของก๊าซแอมโมเนียและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ รวมทั้งมีผลกระทบต่อสุขภาพของกุ้งโดยตรง ดังสรุปในตารางที่ 2 ดังนั้นความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในรอบวันไม่ควรแตกต่างมากกว่า 0.5 เพราะการเปลี่ยนแปลง ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในรอบวันที่มากเกินไปจะมีผลทำให้กุ้งเครียด และส่งผลต่อการเจริญเติบโตด้วย

ตารางที่ 2 ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง

ความเป็นกรด-ด่าง	ผลต่อการเจริญของกุ้ง
7.5-8.5	เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต
8.0-8.5	กุ้งเจริญเติบโตดีที่สุด
9-11	กุ้งจะเริ่มไม่กินอาหาร อ่อนแอ ติดเชื้อโรคง่าย
> 11	กุ้งจะเริ่มตาย

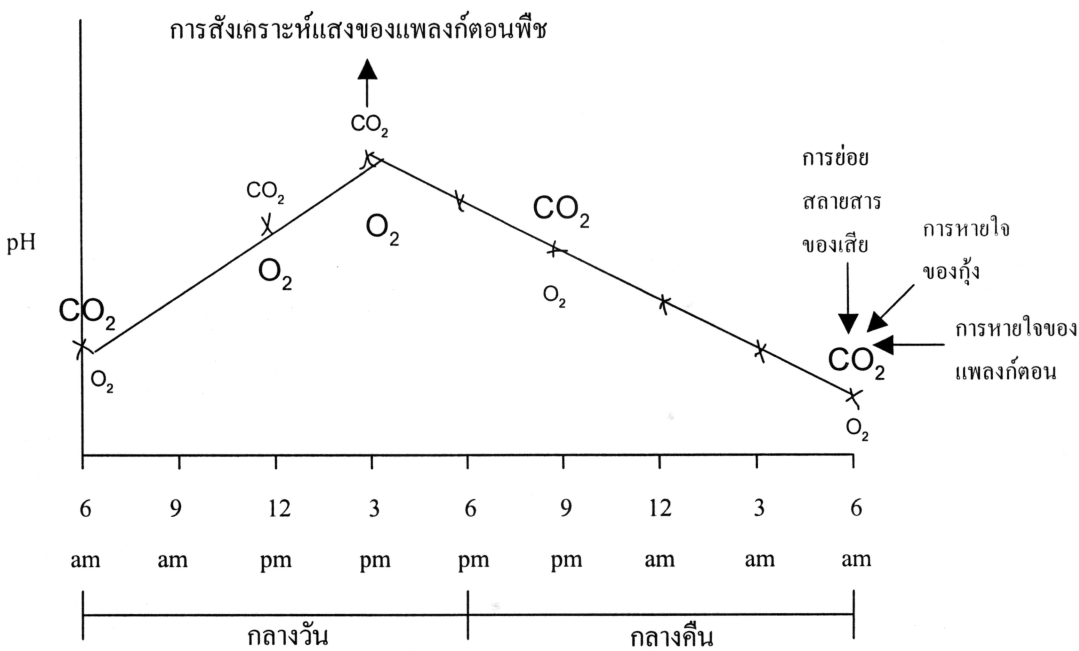
ปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

1. คุณสมบัติของดิน

2. การผลิตและการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำซึ่งส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับปริมาณแพลงก์ตอนพืช โดยแพลงก์ตอนพืชในบ่อมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ ความเป็นกรด-ด่าง ในรอบวัน โดยค่า ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำจะต่ำสุดในตอนเช้ามืด เมื่อมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเน่าสลายของเสียและการหายใจของกุ้งและแพลงก์ตอนรวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในบ่อ ส่วนในตอนบ่ายค่า ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำจะสูงที่สุดเนื่องจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชจะมีการดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 10

4.3 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อกุ้งกุลาดำซึ่งก็เหมือนกับสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป เพราะการขาดก๊าซออกซิเจนอย่างฉับพลันจะทให้การหายใจแบบออกซิเดทีฟผิดปกติทำให้เกิดอนุมูลอิสระของออกซิเจน (Singlet oxygen) (Ranby and Rabek, 1978) รวมทั้ง Reactive oxygen species (ROS; Pan et al., 2003) สารเหล่านี้จะทำให้ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและนิวคลีโอไทด์ซึ่งเป็นสารที่สำคัญของเซลล์ ทั้งส่วนเซลล์เมมเบรน เอนไซม์ และดีเอ็นเอผิดปกติ (Yu, 1994) สำหรับกุ้งกุลาดำก๊าซออกซิเจนจะมีผลต่อการเจริญเติบโต การกินอาหารและสุขภาพของกุ้งกุลาดำ ถ้าปริมาณออกซิเจนไม่เหมาะสมดังตารางที่ 3 อาจจะทำให้กุ้งมีอาการตั้งแต่ยังมีอาการไม่มากจนถึงกับกุ้งตายได้ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในบ่อเลี้ยงจะมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง คือ มีค่าต่ำสุดในตอนเช้ามืดเนื่องจากตลอดทั้งคืนนั้นจุลินทรีย์และแพลงก์ตอนพืชจะใช้ก๊าซออกซิเจนเพื่อการหายใจรวมทั้งจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายของเสียและสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ หลังจากนั้นแพลงก์ตอนพืชเริ่มมีการสังเคราะห์แสงตั้งแต่ช่วงที่มีแสงสว่างขึ้นจะทำให้ปริมาณออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นและสูงสุดในตอนบ่ายดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แผนภาพแสดงถึงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) โดยถ้าแสดงเป็นตัวใหญ่แสดงถึงปริมาณสูง และถ้าแสดงเป็นตัวเล็กแสดงถึงปริมาณต่ำ

ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำขึ้นอยู่กับ

1. อุณหภูมิของน้ำ
2. ความเค็มของน้ำโดยน้ำที่มีความเค็มและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นออกซิเจนจะละลายน้ำได้น้อยลง

ปัญหาการขาดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำจะพบใน

(1) บ่อที่ปล่อยกุ้งไปในปริมาณมากหรือมีกุ้งติดมากแต่มีเครื่องให้อากาศไม่เพียงพอโดยเฉพาะในช่วงเดือนสุดท้าย

(2) ในบ่อที่มีกุ้งหนาแน่นเมื่อมีการให้อาหารในปริมาณที่มากในแต่ละวัน เศษอาหารที่เหลือและของเสียที่กุ้งขับถ่ายออกมาจะมีปริมาณมาก ดังนั้นการดึงก๊าซออกซิเจนไปใช้ในการย่อยสลายสิ่งเหล่านี้ รวมทั้งการหายใจของแพลงก์ตอนที่มีหนาแน่นและการหายใจของกุ้งที่มีขนาดใหญ่ขึ้นในบ่อ จะมีผลทำให้ก๊าซออกซิเจนในตอนเช้าลดต่ำลงมามาก ถ้าเครื่องให้อากาศไม่เพียงพอ กุ้งอาจจะลอยตามผิวน้ำในตอนกลางคืนจนถึงตอนเช้ามืดเมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดต่ำลงจนอยู่ในช่วง 1.7 –2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และผลกระทบของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของกุ้งในบ่อแสดงในตารางที่ 3

(3) ในช่วงที่กุ้งกำลังลอกคราบ ถ้าระดับก๊าซออกซิเจนต่ำกุ้งอาจจะลอกคราบแล้วตายได้ (ตารางที่ 3)

ดังนั้นควรจะทำการวัดค่าก๊าซออกซิเจนอย่างสม่ำเสมอเป็นประจำวัน อย่างน้อยวันละครั้งในช่วงเช้า หรือวันละหลาย ๆ ครั้ง สำหรับบ่อที่มีการเลี้ยงกุ้งอย่างหนาแน่น เพื่อเป็นข้อมูลในการเลี้ยง และเป็นแนวทางในการเลี้ยงกุ้งในรุ่นต่อ ๆ ไป การวัดค่าออกซิเจนควรจะวัดในบริเวณที่ลึกที่สุดของบ่อหรือก้นบ่อ เนื่องจากกุ้งกุลาดำจะใช้เวลาส่วนใหญ่ที่บริเวณพื้นบ่อ

ตารางที่ 3 ผลกระทบของออกซิเจนในน้ำที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของกุ้งในบ่อ (บรรจง, 2542)

ระดับก๊าซออกซิเจนในน้ำ (mg/L)	ผลกระทบที่มีต่อกุ้ง
สูงกว่า 12	กุ้งอาจจะลอยหัวตอนเช้ามืด
5.1 – 11.9	ปริมาณแพลงก์ตอนพืชสูง
3.6 – 5.0	เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของกุ้ง
3.1 – 3.5	มีอาการเครียด กินอาหารน้อย
ต่ำกว่า 3.0	ไม่กินอาหาร อ่อนแอ ติดเชื้อ (โรค) ง่าย
2.6 – 2.9	กุ้งลอยหัว
ต่ำกว่า 2.5	กุ้งเริ่มตาย

4.4 ก๊าซแอมโมเนีย

แอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อกุ้งและสัตว์น้ำอื่น ๆ ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาหรือแบบหนาแน่นจะมีปริมาณของสารประกอบไนโตรเจนที่ก้นบ่อเป็นจำนวนมากซึ่งอาจเกิดจากขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่มีออกซิเจนโดยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชันจะเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เปลี่ยนเป็นก๊าซแอมโมเนีย รวมทั้งของเสียจากสัตว์น้ำในรูปของ

แอมโมเนียที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำที่พบอยู่ในน้ำจะพบได้ 2 รูปแบบซึ่งจะเปลี่ยนกลับไปกลับมาตามความเป็นกรด-ด่างของน้ำและอุณหภูมิของน้ำคือ (1) แอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำสูง (Chin and Chen, 1987; Allan et al., 1990) ถ้าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่สูงขึ้นอัตราส่วนของแอมโมเนีย (NH_3) จะสูงขึ้น ทำให้ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำมีมากขึ้น และ (2) แอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

โดยทั่วไปจะวัดแอมโมเนียรวมทั้งสองรูป แต่ถ้าความเป็นกรด-ด่างของน้ำลดลง แอมโมเนียในรูปแอมโมเนียมอิออนจะมีในอัตราส่วนที่มากขึ้น ทำให้ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำลดลง ทั้งแอมโมเนียและไนไทรต์ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์ของแอมโมเนีย (NH_3) ณ ความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของน้ำในระดับต่าง ๆ กัน

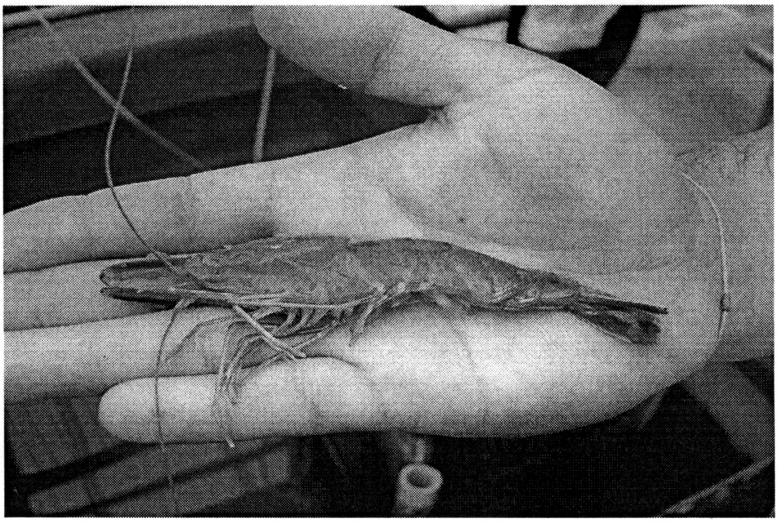
	อุณหภูมิ							
ความเป็นกรด-ด่าง	18	20	22	24	26	28	30	32
7.0	0.34	0.40	0.46	0.52	0.60	0.70	0.81	0.95
7.2	0.54	0.63	0.72	0.82	0.95	1.10	1.27	1.51
7.4	0.86	0.99	1.14	1.30	1.50	1.73	2.00	2.36
7.6	1.35	1.59	1.79	2.05	2.35	2.72	3.13	3.69
7.8	2.12	2.45	2.80	3.21	3.68	4.24	4.88	5.72
8.0	3.32	3.83	4.37	4.99	5.71	6.55	7.52	8.77
8.2	5.16	5.94	6.76	7.68	8.75	10.00	11.41	13.22
8.4	7.94	9.09	10.30	11.65	13.20	14.98	16.96	19.46
8.6	12.03	13.68	15.40	17.28	19.42	21.83	24.45	27.68
8.8	17.82	20.08	22.38	24.88	27.64	30.68	33.90	37.76
9.0	25.57	28.47	31.37	34.42	37.71	41.23	44.84	49.02
9.2	35.25	38.69	42.01	45.41	48.96	52.65	56.30	60.38
9.4	46.32	50.00	53.45	56.86	60.33	63.79	67.12	70.72
9.6	57.77	61.31	64.54	67.63	70.67	73.63	76.39	79.29
9.8	68.43	71.53	74.25	75.81	79.25	81.57	83.68	85.85
10.0	77.46	79.92	32.05	84.00	85.82	87.52	89.05	90.58
10.2	84.48	86.32	87.87	89.27	90.56	91.75	92.80	93.84

4.4.1 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่มีปริมาณสูง จะมีผลต่อกุ้งคือ มีผลทำลายเหงือกและความสามารถในการขนส่งก๊าซออกซิเจน และทำให้กุ้งอ่อนแอติดโรคได้ง่าย

4.4.2 การขับถ่ายแอมโมเนียของกุ้งลดลง ทำให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อ ส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่างของเลือดเพิ่มขึ้นและมีผลต่อการทำงานของเอ็นไซม์

4.4.3 แอมโมเนียจะทำให้การใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อสูงขึ้น

4.4.4 ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ทำให้สัตว์ตายโดยปกติอยู่ในช่วง 0.4 –2.0 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ NH_3 แต่สำหรับกุ้งมีรายงานว่า แอมโมเนียที่ความเข้มข้น 1.29 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูป NH_3 จะทำให้กุ้งตายได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง



รูปที่ 11 ผลของแอมโมเนียที่มีผลทำลายเหงือกและความสามารถในการขนส่งก๊าซออกซิเจน (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

4.5 ไนไทรต์

ความเป็นพิษของไนไทรต์ต่อสัตว์น้ำเกิดจากการที่ไนโตรท์ไปออกซิไดซ์เหล็ก ซึ่งเป็นองค์ประกอบฮีโมโกลบิน ทำให้กลายเป็นเมทธีโมโกลบินซึ่งไม่สามารถขนถ่ายก๊าซออกซิเจนได้ ทำให้เกิดการตายเนื่องจากการขาดออกซิเจน และคาดว่าขบวนการเช่นเดียวกันนี้อาจเกิดกับฮีโมไซยานินของกุ้ง

ค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง ของไนไทรต์ในกุ้งอยู่ระหว่าง 8.5-15.4 มิลลิกรัมต่อลิตร (Armstrong, 1981) ระดับความเป็นพิษของไนไทรต์จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) และค่าความเป็นกรด-ด่างน้ำลดลง นอกจากนี้ความเป็นพิษของไนไทรต์จะถูกยับยั้งโดยคลอไรด์ในน้ำ ดังนั้นในน้ำทะเลซึ่งมีคลอไรด์ของความเป็นพิษของไนไทรต์ต่อสัตว์น้ำจึงค่อนข้างต่ำ สำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งที่ใช้น้ำทะเลโดยตรงนั้นปัญหาของความเป็นพิษของไนไทรต์ต่อกุ้งจะน้อย แต่สำหรับการเลี้ยงกุ้งในระบบความเค็มต่ำซึ่งน้ำในบ่อมีปริมาณของคลอไรด์ในน้ำน้อย ปัญหา

ความเป็นพิษของไนไทรต์ในบ่อกุ้งจึงเกิดได้ง่ายกว่า ดังนั้นการเติมเกลือลงในบ่อเพาะเลี้ยงจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถลดค่าไนไทรต์ในบ่อที่สูงให้ลดต่ำลงได้

4.6 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นก๊าซที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดรวมทั้งกุ้งกุลาดำด้วยและการเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำเกิดจากเศษอาหารที่เหลือและมีการหมักหมมรวมทั้งซากของแพลงก์ตอนพืชที่ตายเป็นจำนวนมากเกิดการย่อยสลายด้วยแบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเปลี่ยนสารทั้งหลายที่สะสมอยู่ก้นบ่อให้เปลี่ยนเป็นสารประกอบซัลไฟด์ (H_2S, HS, HS และ S) ซึ่งอัตราส่วนจะขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของน้ำ โดยน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างต่ำจะมีเปอร์เซ็นต์ของ H_2S สูงซึ่งจะทำให้เกิดการเป็นพิษสูงขึ้นตามปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ แต่เมื่อความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น เปอร์เซ็นต์ H_2S จะลดลง แต่มี HS และ S มากขึ้นความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำก็จะลดลงด้วย

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์ของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสภาวะความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ กันที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ชะลอ, 2543)

ความเป็นกรด-ด่าง	เปอร์เซ็นต์
5.0	99.0
5.5	97.0
6.0	91.1
6.5	76.4
7.0	50.6
7.5	24.4
8.0	9.3
8.5	3.1
9.0	1.0

ความเป็นพิษของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อกุ้งกุลาดำ จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับการขาดก๊าซออกซิเจนของกุ้งกุลาดำ แต่ความเป็นพิษของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์นั้นจะมีความรุนแรงกว่าการขาดก๊าซออกซิเจน เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไปขัดขวางก๊าซออกซิเจนภายในเซลล์ทำให้

ปริมาณแลกเตท (Lactate) ในเลือดสูงขึ้น ระดับความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุดที่ไม่เป็นอันตรายต่อกุ้งกุลาดำคือ 0.033 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.7 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

สัตว์น้ำสามารถอยู่ได้ในน้ำที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 60 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อมีปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่มากจะส่งผลให้เกิดการย่อยสลายสารต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว การควบคุมปริมาณการให้อาหารและการเปลี่ยนถ่ายน้ำ จะช่วยรักษาระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมได้

4.8 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ คือ

(1) การเจริญเติบโตของกุ้ง อุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำจะอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิของน้ำลดลงกุ้งจะกินอาหารน้อยลง และพบว่าถ้าต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียสกุ้งจะไม่กินอาหาร

(2) อุณหภูมิมีผลเกี่ยวเนื่องกับปริมาณออกซิเจนในน้ำ

(3) อินทรียสารที่เกิดขึ้นในบ่อ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในบ่อได้แก่

(1) ระดับความลึกของน้ำ

(2) ฤดูกาลที่เลี้ยง

(3) ช่วงเวลาของวัน การเคลื่อนไหวของน้ำในบ่อ

(4) ความโปร่งใสของน้ำ

4.9 สารแขวนลอยและสารอินทรีย์

สารแขวนลอยและสารอินทรีย์มักจะมีการปนเปื้อนมาจาก น้ำที่สูบมาจากแม่น้ำลำคลองเพื่อนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยง หากมีการปนเปื้อนในปริมาณที่มากเกินไปสารแขวนลอยต่าง ๆ จะทำให้เกิดตะกอนซึ่งจะทำให้บ่อตื้นเขิน และเหนี่ยวนำให้เกิดก๊าซพิษได้ง่าย (ชะลอ, 2543; ฝ่ายวิชาการ บริษัทออลเวท จำกัด, 2546a)

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ลักษณะ	สภาวะที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	สภาวะที่ทำให้กุ้งเจริญเติบโตได้ดีที่สุด
ความเค็ม	10-15 ppt	3-10 ppt
ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ	7.5-8.5	8.0-8.5
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	> 4 มก.ต่อลิตร	-
แอมโมเนีย	< 0.4 มก.ต่อลิตร	-
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	< 0.033 มก.ต่อลิตร	-
อุณหภูมิ	25-30 °C	-
สารแขวนลอยและสารอินทรีย์	มีน้อย	-

5. ของเสียจากนากุ้งกุลาดำ

มาตรา 4 ใน พ.ร.บ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ. 2535 ได้ให้คำนิยามของ "น้ำเสีย" หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลวรวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลว ทำให้ก่อให้เกิดมลภาวะทางน้ำในแหล่งน้ำที่สำคัญทั้งนี้เพราะของเสียส่วนใหญ่ได้ถูกระบายลงแหล่งน้ำโดยไม่ผ่านการบำบัดและมีปริมาณมากเกินกว่าที่แหล่งน้ำสามารถปรับสภาพตามธรรมชาติหรือทำความสะอาดด้วยตนเอง (Self purification) ตามธรรมชาติของแหล่งน้ำนั้นๆ ทำให้ระบบนิเวศในแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไปจนถึงขั้นที่แม่น้ำลำคลองเน่าเสีย ทำให้ไม่สามารถนำน้ำจากแหล่งน้ำเหล่านี้มาใช้อุปโภคบริโภคหรือนำมาใช้ในทางเกษตรกรรมหรือทางอุตสาหกรรมไม่ได้อีกต่อไป

น้ำจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จัดว่าเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดมลพิษทางน้ำและสามารถนำไปสู่ปัญหามลพิษทางดินได้อีกด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะขาดการจัดการระบบฟาร์มที่ดีและไม่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม ทำให้มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำโดยยังไม่ได้ผ่านการบำบัด ทำให้แหล่งน้ำมีภาระรับของเสียมากขึ้นเกินที่กลไกทางธรรมชาติจะบำบัดได้จนก่อให้เกิดปัญหาดังกล่าวข้างต้น ของเสียที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ได้แก่

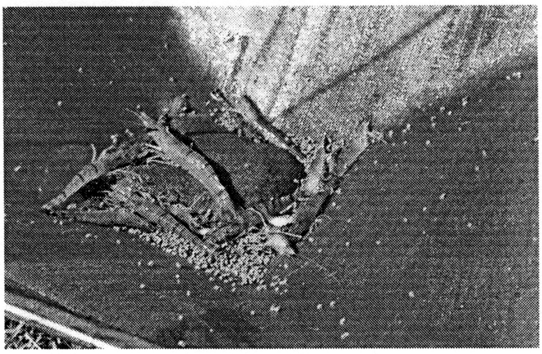
5.1 อาหารละลายน้ำ อาหารที่บดจนละเอียดหรือมีชิ้นที่เล็กมาก ๆ ส่วนหนึ่งจะละลายน้ำเมื่อใส่ลงไปในน้ำ หรือมีสารอาหารบางตัว เช่น คาร์โบไฮเดรต ซึ่งอยู่ในรูปละลายน้ำได้ ส่วนนี้ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ขึ้นอย่างรวดเร็วและก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดน้ำเสีย (รูปที่ 12)

รูปที่ 12 ตัวอย่างของอาหารกุ้งกุลาดำ (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

5.2 อาหารที่จมในขี้เลน ในบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีขี้เลนอยู่หนาเมื่อมีการให้อาหารกุ้งที่เป็นเม็ดที่มีน้ำหนักมาก อาหารก็จะจมลงไปในขี้เลนก่อนที่กุ้งจะกินอาหารหมด อาหารส่วนจมหายไปในขี้เลนก็จะเกิดการหมักหมมและเกิดเป็นก๊าซพิษต่าง ๆ ที่เป็นอันตรายต่อกุ้ง ซึ่งปัญหาดังกล่าว

สามารถแก้ไขได้โดยการผสมอาหารกับกลิ่นคาวที่สามารถดึงดูดให้กุ้งตามกินอาหารจนหมดและควรทำพื้นบ่อให้สะอาดเพื่อจะได้ไม่มีขี้เลนที่มากเกิน

5.3 อาหารที่เหลือ อาหารเหลือนี้เกิดจากการหว่านอาหารลงในบ่อเลี้ยงกุ้งมากเกินไป และอาจกระจายอาหารไปไม่ทั่วถึงทำให้บางจุดกุ้งก็ไม่ได้กินและบางพื้นที่อาหารก็มากเกินทำให้อาหารกุ้งเหลืออยู่ ซึ่งอาหารที่เหลือนี่เองต่อไปก็บูดเน่าเสียหาย (รูปที่ 13)



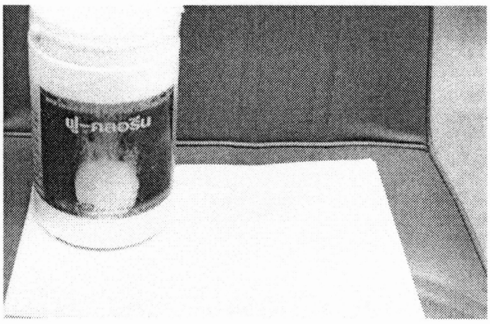
รูปที่ 13 กุ้งในยอและอาหารที่เหลือ (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

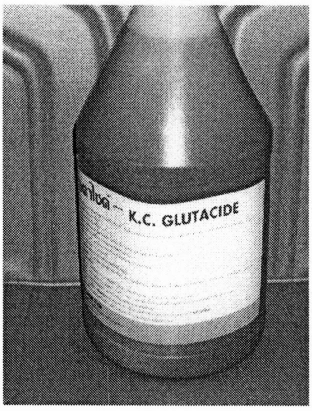
5.4 อาหารสดที่บูดเน่าเสีย เกษตรกรบางรายนิยมซื้ออาหารสด เช่น พวกปลาเป็ดมาให้กุ้งกินซึ่งในส่วนนี้บางครั้งเวลาที่เกษตรกรซื้ออาหารสดมา กว่าจะมาถึงอาหารส่วนหนึ่งก็อาจเสียไปแล้วและก็ยังคงนำมาเป็นอาหารกุ้งอยู่นั่นเอง เมื่อใส่อาหารนี้ลงไปในบ่อเลี้ยงกุ้ง ส่วนที่เน่าเสียนั้นมักจะละลายน้ำได้ง่ายมีทั้งตัวอาหารและจุลินทรีย์จำนวนมาก เมื่อนำของเหล่านี้ลงน้ำก็เท่ากับเอาของเสียมาละลายน้ำส่วนหนึ่งแล้วยังเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่จะไปทำให้อาหารเสียอย่างรวดเร็วด้วย ดังนั้นถ้าต้องการจะให้อาหารสด ควรเป็นอาหารที่สดจริง ๆ ไม่ใช่ของที่ตกค้างมานานหลายวันแล้ว และควรที่จะจัดสัดส่วนในการให้ให้พอเหมาะ

5.5 ขี้กุ้งและสิ่งขับถ่าย เนื่องจากกุ้งกินอยู่ในน้ำ แล้วก็ต้องขับถ่ายออกมาอยู่ในน้ำเช่นกัน ของเสียเหล่านี้ถึงแม้จะถูกย่อย ถูกดูดซึมไปใช้บ้างแล้วทั้งขี้กุ้งและสิ่งขับถ่ายก็ยังคงเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกแบคทีเรีย แบคทีเรียจะเข้าทำการย่อยสลายอาหารต่าง ๆ ที่เหลือ ทำให้แบคทีเรียเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผลกระทบทั้งจากแบคทีเรียเองที่แย่งออกซิเจนและผลกระทบจากสารต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการย่อยของแบคทีเรีย

5.6 ขี้แดด คือสาหร่ายแผ่น ซึ่งเกิดจากการที่แสงส่องลงไปถึงพื้นก้นบ่อ ทำให้เกิดสาหร่ายและตะไคร่ที่ก้นบ่อ เมื่อสาหร่ายเจริญเติบโตขึ้นเป็นแผ่นหนา ในเวลากลางวันจะเกิดฟองอากาศเมื่อมีมากขึ้นก็จะดันแผ่นสาหร่ายขึ้นมาบนผิวน้ำ

5.7 สารเคมี ถ้ากุ้งเป็นโรคเกษตรกรส่วนใหญ่จะทำการรักษาโรคด้วยการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ ได้แก่ บี.เค.ซี (ดังรูปที่ 12 ในรูปของนีโอ 80) ฟอร์มาลีน คลอรีน (ฟู-คลอรีน) ด่างทับทิม กลูทาไซด์ (Glutacide ดังแสดงในรูปคือ K.C. Glutacide) และไอโอดีน เป็นต้น แต่ผลเสียของการใช้สารเคมี คือมักจะเกิดการตกค้างของสารเคมีเหล่านี้ในบ่อเลี้ยงกุ้งและอาจจะทำให้เกิดผลกระทบเพราะอาจจะปนเปื้อนสารพิษดังกล่าวในตัวกุ้งได้ (รูปที่ 14)



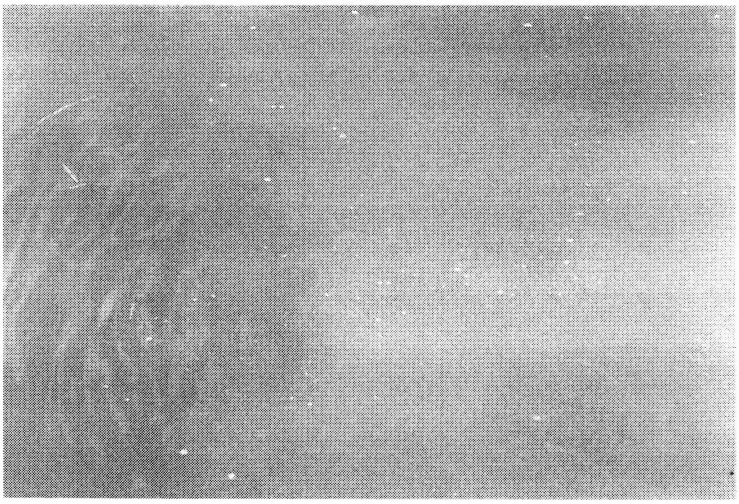


รูปที่ 14 สารฆ่าเชื้อชนิดต่างๆ (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

5.8 ตะกอนดินเลน ตะกอนดินเลนเกิดจากการย่อยสลายของสารในข้อ 5.1 –5.6 ที่สะสมบริเวณพื้นบ่อให้กลายเป็นสารกรดอินทรีย์ต่าง ๆ รวมทั้งก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซแอมโมเนีย เนื่องจากเป็นการย่อยสลายภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนนั่นเอง การกำจัดตะกอนดินเลนในประเทศไทยมีอยู่หลายวิธี เช่น การฉีดเลน ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมา

5.9 ก๊าซพิษ การเกิดก๊าซพิษนั้นสืบเนื่องมาจากการย่อยสลายดังที่กล่าวในข้อ 5.8 นอกจากจะเกิดตะกอนดินเลนและก๊าซพิษ ยกตัวอย่างเช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และแอมโมเนียจะลดความสามารถของเลือดในการขนส่งก๊าซออกซิเจนสัตว์น้ำมีโอกาสติดโรคได้ง่ายขึ้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีปริมาณสูงเมื่อในบ่อเลี้ยงเกิดการเน่าสลายอย่างรุนแรง เป็นต้น

5.10 แพลงก์ตอน สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อยู่ในน้ำนี้ อาจแยกได้เป็นแพลงก์ตอนพืช ได้แก่ สาหร่าย และแพลงก์ตอนสัตว์ ได้แก่ โพรโทซัว เศษอาหารจะเป็นอาหารของแพลงก์ตอน หากมีแพลงก์ตอนเกิดมากขึ้น สังเกตได้จากสีของน้ำ



รูปที่ 15 ลักษณะของสีน้ำ (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

คุณภาพทั่วไปของน้ำทะเลที่สูบเข้ามาเลี้ยงกุ้งและคุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำพบว่า ค่าเฉลี่ยตัวแปรคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ ปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายน้ำ ไนไทรต์ แอมโมเนีย ออร์โธฟอสเฟส บีโอดี คลอโรฟิลล์ เอ บี และซี ส่วนตัวแปรคุณภาพน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงลดลงได้แก่ ความโปร่งแสง การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการให้อาหารในปริมาณมากทำให้มีของเสียและเศษอาหารสะสมอยู่ในบ่อตามระยะเวลาการเลี้ยง ซึ่งปริมาณของเสียที่ขับถ่ายออกมาจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณอาหารที่กุ้งกินเข้าไป ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุหลักที่ถูกปลดปล่อยออกมา เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้ง ซึ่งกุ้งจะนำไปใช้เพียง 21.08+2.63 และ 5.81+0.76 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนที่เหลือจะตกค้างอยู่ในบ่อเลี้ยงกุ้ง (จันทร์ประภา, 2546; ฝ่ายวิชาการ บริษัท ออลเวท จำกัด, 2546 b)

6. คุณลักษณะของน้ำทิ้งนากุ้ง

ของเสียที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงกุ้ง เช่น เศษอาหารเหลือตกค้าง สิ่งขับถ่าย จะสะสมอยู่ในบ่อมากขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง คุณภาพของน้ำในบ่อจะเลวลง (รตีวรรณ และคณะ, 2542) ซึ่งของเสียจากนากุ้งแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่

6.1 ของเสียที่เป็นของแข็ง (Solid matter) ส่วนใหญ่เกิดจากอาการกุ้งที่ตกค้างในบ่อ ของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายและการลอกคราบ ซากแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์และแบคทีเรีย

6.2 ของเสียละลายได้ (Disoved matter) เช่น แอมโมเนีย ยูเรีย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฟอสฟอรัส กรดอะมิโน โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่และแบคทีเรีย

โดยทั่วไปความสกปรกของน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำเมื่อเปรียบเทียบน้ำเสียจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมแล้วน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความสกปรกไม่มากกว่าน้ำเสียจากชุมชนและน้ำเสียจากอุตสาหกรรมคือ ประกอบไปด้วยสารกลุ่มไนไทรต์ ไนเทรต ก๊าซแอมโมเนียหรือแอมโมเนียมอิออน (Boyd, 1985; Gross *et al.*, 2000; Csaras, 1994; Currie, 1994) ซึ่งถ้าไม่มีการบำบัดให้สารเหล่านี้ก่อนที่ทำการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายหรือพืชน้ำในแหล่งน้ำเหล่านั้นเรียกว่า สาหร่ายบลูม ดังแสดงในรูปที่ 13 และจะเกิดผลกระทบต่อเนื่องคือ ทำให้เกิดน้ำเน่าเสียได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหน้าแล้งที่มีน้ำน้อยในแหล่งน้ำ รวมทั้งในปัจจุบันได้มีการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา (Intensive system) อย่างมาก ดังนั้นปริมาณน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำก็ย่อมจะมีปริมาณสูงขึ้นด้วย (Rosenberry, 1996) นอกจากนั้นปัญหาของสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำคือน้ำเสียที่ปล่อยออกมามีความเค็มซึ่งจะมีผลกระทบต่อนาข้าวหรือการทำเกษตรกรรมชนิดอื่น ๆ รวมทั้งยาปฏิชีวนะและสารเคมีที่นำมาใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำก็สามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์และสัตว์น้ำต่อไปได้ ลักษณะน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำสรุปได้ดังตารางที่ 7

รูปที่ 16 สาหร่ายบลูม (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

ตารางที่ 7 ลักษณะของน้ำเสียที่ปลดปล่อยจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (Nimrat *et al.*, 2003)

ข้อมูล	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.28-8.80	7.54
อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	31.06-31.57	31.19
ความเค็ม (ppt)	-	0.80
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ลิตร)	4.62-7.51	7.35
แอมโมเนีย (มก./ลิตร)	-	0.09
ไนไทรต์ (มก./ลิตร)	1.98-2.43	2.16
ไนเทรต (มก./ลิตร)	-	0.01
ฟอสเฟต (มก./ลิตร)	0003-0.05	0.04

ตัวอย่างน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่แสดงในรูปที่ 17 มีสีเขียวเข้มเพราะเป็นน้ำเลี้ยงกุ้งที่ผ่านขบวนการนำกุ้งออกจากบ่อแล้ว ดังนั้นน้ำเสียในระยะนี้จะมีค่าบีโอดีสูงกว่าก่อนที่นำกุ้งออกจากบ่อ (Boyd, 1985; Gross *et al.*, 2000; Csavas, 1994; Currie, 1994) นอกจากนั้นยังเป็นน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกันไปโดยขึ้นอยู่กับระบบการเลี้ยงและน้ำที่นำเข้ามาเลี้ยงในบ่อเลี้ยงกุ้งนั่นเอง

รูปที่ 17 น้ำเสียในบ่อเลี้ยงกุ้งก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ
(ภาพโดย วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย)

นอกจากนี้ยังมีการระบายน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบหนาแน่น ดังแสดงในรูปที่ 7 จากบ่อเลี้ยงกุ้งหลังจากการเก็บเกี่ยวกุ้งออกไปแล้ว โดยการดูดน้ำผ่านท่อข้ามบ่อมาลงที่คลองข้าง ๆ

บ่อเลี้ยงกุ้ง ซึ่งการกระทำดังกล่าวทำให้เกิดการคละคลุ้งของขี้เลนเกิดน้ำสีดำเหม็นและสกปรกมาก น้ำสีดำเหล่านี้จะสะสมในคลองข้างบ่อเลี้ยงกุ้งก่อนจะไหลผ่านท่อเล็กๆ ออกไปสู่คูคลองที่จะไหลต่อไปยังทะเล

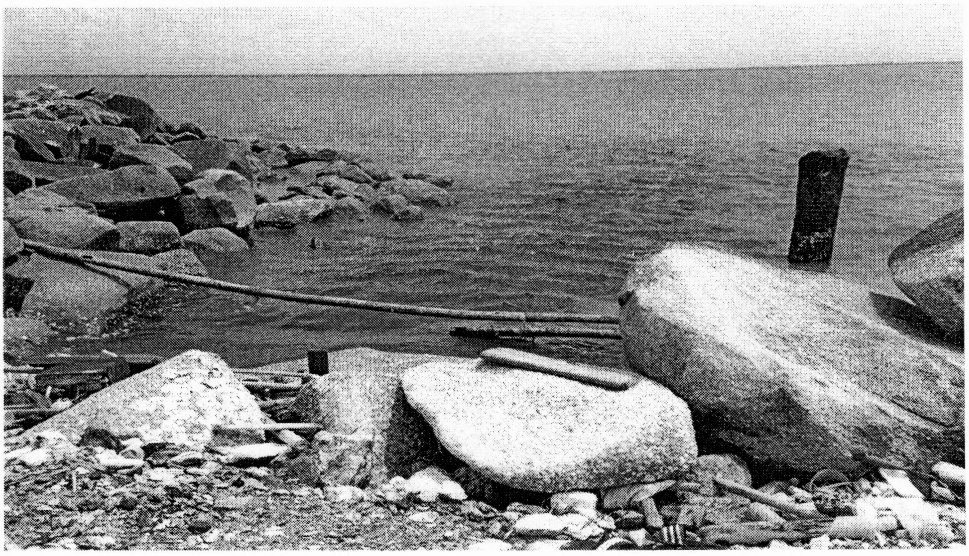
รูปที่ 18 น้ำเสียจากบ่อกุ้งที่ถูกดูดผ่านท่อและปล่อยลงสู่คลองก่อนปล่อยสู่ทะเล (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

รูปที่ 19 น้ำเสียจากบ่อกุ้งผสมขี้เลนไหลออกจากคลองเพื่อไหลลงสู่ทะเล (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

รูปที่ 20 น้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาจากคูคลองเปรียบเทียบกับน้ำทะเลที่อยู่บริเวณป่าชายเลนข้างเคียง (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

ความแตกต่างของลักษณะน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงกุ้งที่ปล่อยออกมาเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทะเลดังแสดงในป่าชายเลนข้าง ๆ คูคลองในรูปที่ 20 นอกจากนั้นน้ำเสียเหล่านี้ก่อให้เกิดน้ำที่เหม็นไหลผ่านไปตามบ้านเรือนอื่น ๆ (รูปที่ 18) ก่อนที่จะปล่อยลงสู่ทะเล (รูปที่19)

รูปที่ 21 น้ำเสียจากรูปที่ 19 ไหลผ่านคูคลองก่อนลงสู่ทะเล (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)



รูปที่ 22 น้ำเสียที่ผสมขี้เลนและมีกลิ่นเหม็นได้ไหลผ่านชุมชนก่อนลงสู่ทะเล (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

การทิ้งน้ำเสียเหล่านี้จึงมีผลกระทบต่อทะเลที่มีการปลดปล่อยน้ำเสียลงมา เพราะน้ำเสียที่ปล่อยออกมาจะมีปริมาณมากและประกอบด้วยสารปนเปื้อนชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวในปริมาณมาก และถูกปล่อยลงสู่ทะเล ณ จุดเดียว

7. ผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อสิ่งแวดล้อม

ในปัจจุบันนี้แม้ว่าผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้หันมานิยมเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด โดยมีการถ่ายเทน้ำในปริมาณน้อยมากหรือไม่มีการถ่ายเทน้ำเลยตลอดการเลี้ยงเพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่อาจเกิดจากการแพร่ระบาดของโรคกุ้งกุลาดำ เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบเปิดซึ่งเป็นการเลี้ยงในแบบดั้งเดิมนั้นจำเป็นต้องถ่ายน้ำเข้าออกบ่อยครั้ง ทำให้มีความเสี่ยงมากขึ้นที่จะเกิดโรคระบาดในบ่อกุ้ง ดังนั้นการเลี้ยงในระบบปิดจึงเป็นการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคระบาดในกุ้ง ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงกุ้ง เพราะการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำเป็นต้องใช้น้ำในปริมาณสูงมาก เช่น การเลี้ยงกุ้งหนึ่งรุ่นในบ่อเลี้ยง 0.9-6 ไร่ได้ผลผลิตกุ้ง 0.4-2.5 ตันต่อไร่จำเป็นต้องใช้น้ำ 6,000 – 168,000 ตันต่อรุ่น (คณิตและพุทธ, 2535) นอกจากนี้การขยายพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างรวดเร็วในหลายพื้นที่แม้จะเลี้ยงในระบบปิดก็มีผลทำให้สารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้งถูกปล่อยลงในแหล่งน้ำธรรมชาติมากขึ้น เช่นบริเวณชายฝั่งและปากแม่น้ำจนจุลินทรีย์ในธรรมชาติไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้นได้ทันทำให้คุณภาพน้ำชายฝั่งเสื่อมโทรมและมีส่งผลทำให้มีการขยายพื้นที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำเข้ามาเลี้ยงในบริเวณน้ำจืดหรือบริเวณน้ำที่มีความเค็มต่ำในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรีและนครนายก เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อการปลูกข้าวในบริเวณพื้นที่เหล่านั้น ดังนั้นปัญหามลภาวะน้ำเน่าเสียในบ่อกุ้งจึงเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้พื้นที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้รับความเสียหาย ทำให้เกษตรกรย้ายแหล่งเลี้ยงกุ้งไปยังบริเวณที่ไม่มีปัญหามลภาวะของแหล่งน้ำ ซึ่งแม้ว่าจะแก้ไขปัญหาได้ในระดับหนึ่ง แต่ถ้าผู้ประกอบการได้มีส่วนร่วมช่วยกันในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างเป็นระบบก็จะทำให้สามารถเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้อย่างยั่งยืนในทุกพื้นที่

การควบคุมและแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจึงจำเป็นที่จะต้องมีแนวทางหรือมาตรการบังคับควบคุม โดยในขณะนี้รัฐได้เริ่มกำหนดให้มีมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งสำหรับฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งตามกฎหมายนี้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งต้องมีการบำบัดน้ำทิ้งเพื่อให้น้ำทิ้งมีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามกฎหมายที่กำหนดก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม แนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวได้จำเป็นต้องการมีการสร้างจิตสำนึกให้เกษตรกรเข้าใจถึงผลเสียของการปล่อยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีคุณภาพไม่เหมาะสมลงสู่สิ่งแวดล้อม

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาหรือแบบหนาแน่นเป็นจำนวนมากหากไม่มีการจัดการที่ดีย่อมก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมขึ้น ซึ่งสรุปได้ดังนี้ การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในปัจจุบันนิยมใช้วิธีการเพาะเลี้ยงแบบพัฒนาหรือแบบหนาแน่น (Rosenberry, 1996) ดังนั้นถ้าหากไม่มีการจัดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างมีประสิทธิภาพอาจจะก่อให้เกิดปัญหาในด้านต่างๆ ของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และการจัดการเรื่องคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความสำคัญมาก โดยผู้เลี้ยงต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ตลอดจนแนวทางในการ

ป้องกันและแก้ไขเพื่อลดปัญหาต่าง ๆ ที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตและสุขภาพของกุ้ง คุณสมบัติของน้ำที่มีความสำคัญในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีดังนี้

7.1 ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากการรองรับน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (สินีนุช, 2535) ผลกระทบต่อแหล่งน้ำจืด เนื่องจากการปล่อยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นปริมาณมากรวมถึงตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งซึ่งมีความเค็มและสารอาหารปริมาณสูง ส่งผลให้แหล่งน้ำจืด แหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำใต้ดินไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการอุปโภคบริโภคได้อีกต่อไป

7.2 ผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องมาจากการขาดการจัดการระบบน้ำที่ดี มีการปล่อยน้ำจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งสู่ลำคลองสาธารณะส่งผลให้ดินบริเวณใกล้เคียงเปลี่ยนสภาพกลายเป็นดินเค็ม ซึ่งดินเค็มจะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ทำการเกษตรกรรม เช่น พื้นที่ทำนาข้าว ทำให้ผลผลิตต่ำจนถึงขั้นไม่สามารถทำนาได้ (แสงไทย, 2544)

รูปที่ 23 นากุ้งที่แตกระแหง (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

7.3 ผลกระทบต่อพื้นที่ป่าชายแลน

7.3.1 ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในป่าชายเลน การเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีผลโดยตรงต่อคุณภาพน้ำบริเวณป่าชายแลนและชายฝั่งทะเล โดยทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำมากกว่า 8 ซึ่งธรรมชาติแล้วดินบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนจะมีสภาพเป็นกรดอ่อน นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียไนโตรเจนบริเวณพื้นที่ป่าชายแลน และริมฝั่งทะเล เมื่อค่าความเป็นกรดด่างของน้ำมีค่าสูงกว่า 8.2 จะพบว่าแอมโมเนียในรูปแอมโมเนียอิสระ (Unionized ammonia, NH_3) ซึ่งจะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (ชนินทร์, 2536)

7.3.2 ผลกระทบต่อคุณภาพดินในป่าชายเลน_การเปลี่ยนพื้นที่ป่าชายเลนมาเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งจะทำให้สารประกอบกำมะถัน (Pyrite) ในดินตะกอนชั้นล่างถูกเคลื่อนย้ายขึ้นมาสัมผัสกับอากาศเกิดเป็นกรดกำมะถันทำให้ค่าปฏิกิริยาดินลดลงอยู่ในระดับเป็นกรดอย่างรุนแรง ทั้งยังทำให้สูญเสียแหล่งให้อินทรีย์ วัตถุแก่ดิน และมีความสัมพันธ์กับการลดลงของฟอสฟอรัสปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน นอกจากนี้การปล่อยน้ำเสียลงสู่ป่าชายเลนมากเกินไปอาจทำให้สมดุลของ Aerobic – anaerobic system ของแบคทีเรียในดินเสียสมดุลและเปลี่ยนไปเป็น Anacrobic system ซึ่งมีประสิทธิภาพในการหมุนเวียนธาตุอาหารต่ำ (ธนินทร์, 2536)

7.3.3 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในป่าชายเลน ปริมาณและคุณสมบัติของดินตะกอนของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีผลกระทบต่อโครงสร้างและการเจริญเติบโตของไม้ชายเลนบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี คือ พบชนิดพันธุ์ไม้น้อยลง และทำให้การขึ้นอยู่ของพรรณไม้เปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ ไม้ตะบูนจะขึ้นอยู่ห่างจากริมอ่าวมากขึ้น การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติโดยรวมลดลง (ศิริพร, 2540)

7.3.4 ปริมาณและชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ ในป่าชายเลนที่มีการทำนากุ้ง ต.อ่างศิลา จ.ชลบุรี มีจำนวนลดลงทั้งชนิดและปริมาณ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสมบูรณ์ของป่าชายเลนลดลงด้วย นอกจากนั้นของเสียพวกอนินทรีย์ที่ปล่อยลงสู่ทะเลทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งจะมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำและส่งผลกระทบต่อปริมาณสัตว์ (ศรินทร์ และณิฎฐารัตน์, 2534)

การทำนากุ้งทำให้เกิดผลกระทบต่อพวกครัสเชียนที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนทำให้มีจำนวนลดน้อยลง โดยการทำลายวงจรชีวิตของสัตว์น้ำวัยอ่อน เช่น ปู กุ้ง และกั้ง (ไพบูลย์, 2534)

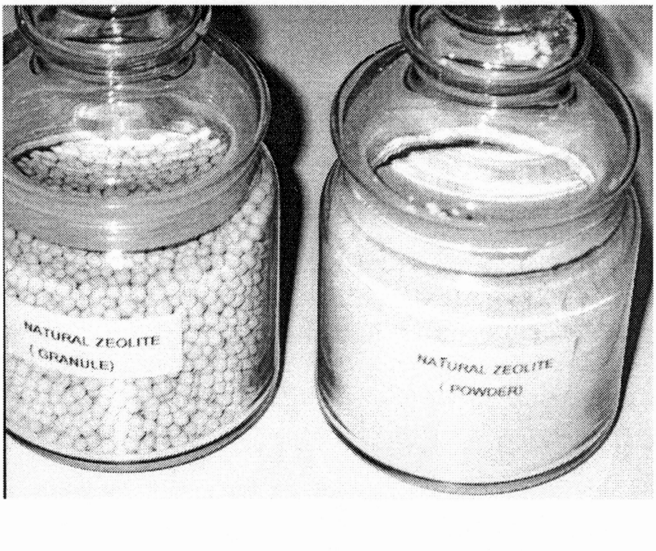
7.3.5 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติชายฝั่งทะเล น้ำทิ้งและตะกอนดินเลนจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ปล่อยออกสู่ชายฝั่งทะเลทำให้มีผลกระทบต่อชายฝั่งทะเลคือจะทำให้เกิดแพลงก์ตอนพืชจำนวนมากตามบริเวณชายฝั่งทะเล ถ้าการเพิ่มธาตุอาหารบริเวณชายฝั่งมีไม่มากจะไม่เป็นโทษและก่อให้ประโยชน์ต่อระบบนิเวศวิทยา โดยเฉพาะพวกแพลงก์ตอนแต่เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา ดังนั้นสารอาหารและธาตุอาหารจึงมีมากเกินกว่าที่ทะเลบริเวณชายฝั่งรับไว้ได้ ทั้งนี้อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แพลงก์ตอนตาย เกิดสะสมย่อยสลายแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนในบริเวณพื้นที่ท้องทะเลจนเกิดการไฮไดรเจนซัลไฟด์ขึ้น (รตีวรรณ, 2541)

8. การบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้ง

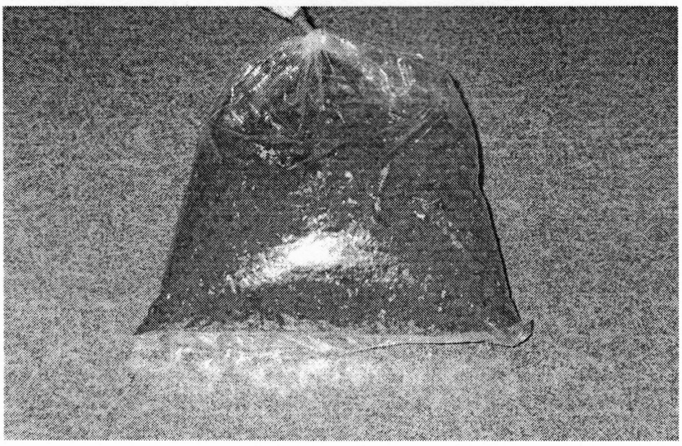
น้ำเสียหลังจากที่มีการนำกุ้งออกไปขายแล้วนั้นส่วนใหญ่แล้วน้ำเสียที่ปล่อยออกจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ส่วนใหญ่แล้วเป็นน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกไม่สูงมากนักคล้ายน้ำเสียจากชุมชนทั่ว ๆ ไป แต่จะมีปริมาณของสารกลุ่มไนโตรเจนและยังมีปริมาณสารอินทรีย์มากอีกด้วย ดังนั้นจึงควรที่จะผ่านระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม หากจะปล่อยสู่แหล่งรองรับน้ำธรรมชาติโดยไม่ผ่านการบำบัดจะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งจึงเป็นสิ่งสำคัญ และเป็นกระบวนการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่อาจเกิดขึ้นได้จากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำรวมทั้งน้ำเสียหลังการบำบัดยังสามารถนำมาใช้ใหม่ได้ในการเลี้ยงครั้งต่อไป สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี ได้แก่

8.1. การบำบัดโดยวิธีทางกายภาพ ได้แก่ การกรองหรือการทำบ่อตกตะกอน โดยบ่อนี้จะต้องมีขนาดเพียงพอที่จะรองรับน้ำทิ้งในแต่ละวัน และปล่อยให้น้ำที่เปลี่ยนถ่ายจากนากุ้งมีเวลาตกตะกอนอยู่ในบ่อนี้ 1 ถึง 2 วัน เพื่อให้แพลงก์ตอน สารอาหาร ตะกอนแขวนลอยและสาร ต่าง ๆ เกิดการตกตะกอน ก่อนปล่อยน้ำลงสู่แหล่งรองรับน้ำตามธรรมชาติต่อไป (สินีนุช, 2535)

8.2. การบำบัดโดยวิธีทางเคมี ได้มีการนำเอาสารเคมีชนิดต่าง ๆ มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในนากุ้งและการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้ง ได้แก่ แคลเซียมเปอร์ออกไซด์ เหล็กออกไซด์ ด่างทับทิม คลอรีน โอโซน ซีโอไลท์ ไคโตซาน (พัฒนา, 2539) เป็นต้น



รูปที่ 24 ซีโอไลท์ **(ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)**



รูปที่ 25 คอปเปอร์ซัลเฟต (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

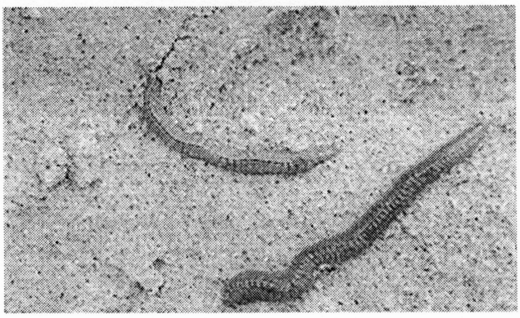
8.3. การบำบัดโดยวิธีทางชีวภาพ วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการลดค่าความสกปรกและกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำได้ดี วิธีบำบัดทางชีวภาพที่ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การเลี้ยงสัตว์น้ำ การใช้พืชน้ำ และการใช้จุลินทรีย์ ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะมีความสามารถในการดูดซึมของเสียไปใช้เป็นแหล่งสารอาหารสำหรับการเจริญเติบโตได้ จากการศึกษาพบว่า วิธีการบำบัดเหล่านี้สามารถช่วยลดปริมาณของแข็งแขวนลอย ทำให้ความเข้มข้นของไนเทรต ไนไทรต์ แอมโมเนียลดลง และสามารถช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายน้ำส่งผลให้คุณภาพน้ำดีขึ้นจนสามารถหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้เป็นผลให้การใช้น้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลดลงและไม่ปล่อยน้ำเสียไปปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันจึงได้มีการศึกษาและพัฒนาการนำเอาวิธีทางชีววิทยามาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงกุ้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รวมทั้งลดต้นทุนในการผลิต ยกตัวอย่างเช่น

8.3.1 การใช้สัตว์น้ำ

8.3.1.1 ไส้เดือนทะเล

ไส้เดือนทะเล (รูปที่ 26) เป็นสัตว์น้ำชนิดหนึ่งที่ได้มีการศึกษาว่ามีความสามารถในการช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำหรือไม่ที่จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ พบว่าไส้เดือนทะเลสามารถช่วยในการย่อยสารอินทรีย์ที่หน้าดินหรือบริเวณพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมีสิ่งมีชีวิตจำนวนน้อยที่ทนต่อสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนในบริเวณนั้น ไส้เดือนทะเลสามารถทนต่อสภาวะดังกล่าวและยังทำการขุดเจาะเสมือนกับการพรวนดิน ทำให้เกิดท่อลงไปในดินและเหนี่ยวนำให้ก๊าซออกซิเจนในน้ำซึมลงไปตามท่อขุดของไส้เดือนทะเล ทำให้การย่อยสลายของแบคทีเรียกลุ่มที่ใช้ออกซิเจนสารอินทรีย์ที่สะสมเร็วขึ้นเป็นการลดปริมาณสารอินทรีย์และลด

ปริมาณการเกิดก๊าซพิษจากการย่อยสลายภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน รวมทั้งสามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยแบคทีเรียกลุ่มซัลไฟด์ออกซิไดส์ซิง



รูปที่ 26 ไส้เดือนทะเล (www.talaythai.com)

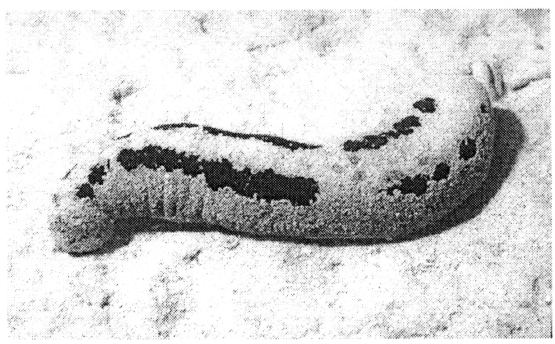
8.3.1.2 ปลิงทะเล

ปลิงทะเลเป็นสัตว์น้ำอีกชนิดหนึ่งที่นำมาศึกษาถึงการนำไปปรับปรุงคุณภาพดินเลนบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา โดยชนินทร์และนิวัติ ในปี พ.ศ. 2535 พบว่าปลิงทะเล *Holothuria atra* สามารถปรับปรุงคุณภาพตะกอนดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ทำให้สารอินทรีย์ในตะกอนดินจากบ่อกุ้งกุลาดำลดลง 9.67-59.38% นอกจากนั้นนิวัติและอัจฉรา ในปี พ.ศ. 2538 ได้ทำการศึกษาการนำปลิงทะเลชนิดเดียวกันมาใช้เพื่อปรับปรุงดินเลนบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา พบว่าการดูดซับธาตุอาหารในดินเลนก้นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำของปลิงทะเลชนิด *Holothuria atra* สามารถลดความเข้มข้นของธาตุอาหารและคุณสมบัติของตะกอนดินได้มาก ซึ่งมีประสิทธิภาพของการดูดซับเฉลี่ยเท่ากับ 51.34% จากผลการศึกษาทั้ง 2 รายงานในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าปลิงทะเลชนิด *Holothuria atra* สามารถดูดซับธาตุอาหารของตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้และปรับปรุงสภาพของตะกอนเลนให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น (ตารางที่ 8)

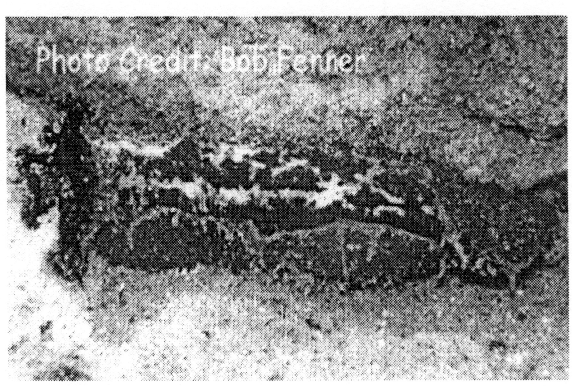
ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารจากดินเลนบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำของปลิงทะเล (นิวัติและอัจฉรา, 2538)

ธาตุอาหาร	C%	N%	C-N%	P_2K%	K_2O%	CaO%	KgO%	S%	Na%
ตะกอนดินเลนบ่อเลี้ยงกุ้ง	3.56	0.194	20	0.018	0.36	1.2	0.96	4.98	1.21
ตะกอนดินเลนหลังดูดซับด้วยปลิงทะเล	2.456	0.143	12	0.004	0.04	0.56	0.36	3.12	0.72
ประสิทธิภาพการดูดซับ	31.17	26.29	40	77.78	88.89	57.78	62.5	37.35	40.5

รูปที่ 27 ปลิงทะเล (www.crm.gov.mp)

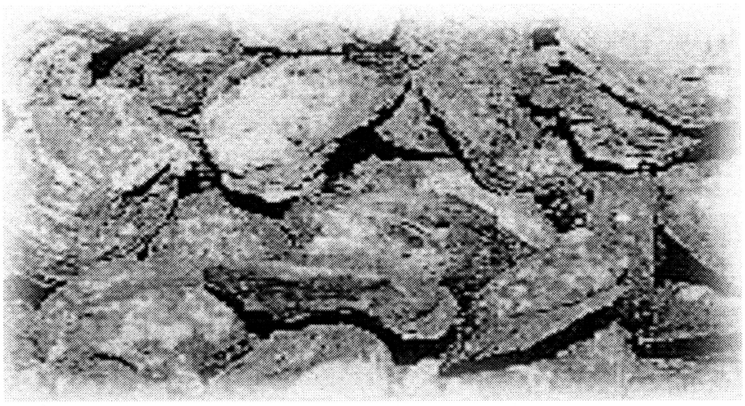


รูปที่ 28 ปลิงทะเล (www.nrm.se/ev/images/ echinoderms/holatra.jpg)



รูปที่ 29 ปลิงทะเล (www.saltcorner.com/.../ seacucumbers/Hatra.jpg)

1.2 หอยตะโกรมกรามขาว



รูปที่ 30 หอยตะโกรมกรามขาว (www.bangkokhealth.com)

หอยจัดเป็นสัตว์น้ำอีกชนิดหนึ่งที่นำมาศึกษาถึงการนำไปปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ทั้งนี้เพราะหอยสามารถกรองกินแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์น้ำขนาดเล็กที่เน่าเปื่อย อนุภาคสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งเป็นการลดมลสารในแหล่งน้ำลงได้ ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาของประทีบ และคณะ (2545) ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) แบบพัฒนาโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว (*Crasstrea belcheri* Sowerby) ดังแสดงในรูปที่ 30 พบว่า หอยตะโกรมกรามขาวสามารถบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดและบีโอดี ลดลง โดยกลไกสำคัญที่ช่วยให้การบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาด้วยหอยตะโกรมกรามขาวในระบบนี้มีประสิทธิภาพ คือ การกรองกินอาหาร ความหนาแน่นของหอยและรวมทั้งระยะเวลาทดลอง โดยความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของหอยกับปริมาณคลอโรฟิลด์ เอ เป็นไปในลักษณะแปรกลับ กล่าวคือ เมื่อหอยมีความหนาแน่นมากขึ้นก็มีการกรองแพลงก์ตอนพืชมากขึ้น นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลด์ยังลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

อัตราความหนาแน่นของหอยตะโกรมกรามขาวที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำระบบนี้ คือ 30 กรัม/ลิตร และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 4 วัน เนื่องจากคุณภาพน้ำทิ้งจากการบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาวในช่วงระยะเวลาดังกล่าวลดลงอยู่ในระดับที่เหมาะสมและไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดยเฉพาะปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำลดลงเหลือ 50.00 มก./ล. และบีโอดีลดลง คือ 3.83 มก./ล. ซึ่งเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำคือ ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดอยู่ในช่วง 25-80 มก./ล. บีโอดีไม่เกิน 4 มก./ล

การพัฒนาการใช้หอยตะโกรมกรามขาวในการบำบัดน้ำทิ้งสามารถทำได้โดย

8.3.1.3 การใช้หอยนางรม

หอยนางรมเป็นสัตว์น้ำอีกชนิดหนึ่งที่มีการนำมาศึกษาในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่ง Sphigel และคณะ (1997) ได้ศึกษาการใช้หอยนางรม (*Crasstrea gigas*) บำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากิลท์เฮดรีม (*Sparus auratus*) โดยการเลือกใช้หอยหลายขนาดรวมกันเพราะน้ำทิ้งมีอนุภาคของอาหารหลายขนาด และหอยแต่ละขนาดย่อมกรองกินอาหารที่ขนาดแตกต่างกัน ปรากฏว่าหอยขนาดน้ำหนักตัว 22 กรัม ลดความขุ่นได้น้อยที่สุด (52 %) หอยขนาดน้ำหนักตัวละ 7 กรัม ลดความขุ่นได้ 64 % ส่วนการผสมหอย ทั้ง 2 ขนาด ในอัตราส่วนที่เท่ากันสามารถลดความขุ่นได้มากที่สุดถึง 66 %

รูปที่ 31 หอยนางรม (ภาพโดย วีรพงศ์ วุฒิพันธ์ชัย)

8.3.1.4 ใช้การบำบัดน้ำทิ้งแบบผสมผสาน

การใช้วิธีการบำบัดน้ำทิ้งแบบผสมผสานเพราะว่าหอยตะโกรมกรามขาวสามารถบำบัดน้ำบางพารามิเตอร์เท่านั้น โดยเฉพาะของแข็งแขวนลอย จึงควรมีบ่อพักน้ำเพื่อให้ของแข็งแขวนลอยบางส่วนตกตะกอน เนื่องจากปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ถูกปล่อยออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีขนาดแตกต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมีขนาดใหญ่และหอยตะโกรมกรามขาวเองกินไม่ได้จะตกตะกอนในบ่อนี้ แล้วนำน้ำผ่านมายังระบบบำบัดสารมลพิษต่าง ๆ ที่ละลายน้ำ เช่น ใช้สาหร่ายผมนาง ช่วยลดปริมาณแอมโมเนีย ไนเทรต ไนไทรต์และฟอสฟอรัสได้ (อภิรักษ์, 2536) จากนั้นจึงนำน้ำผ่านมายังบ่อบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาว ซึ่งสามารถลดปริมาณของคลอโรฟิลด์ เอ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ และบีโอดี ได้เป็นอย่างดี และการใช้หอยแมลงภู่ (*Perna* sp.) ขนาดน้ำหนักตัวละ 20 กรัม อัตราความหนาแน่น

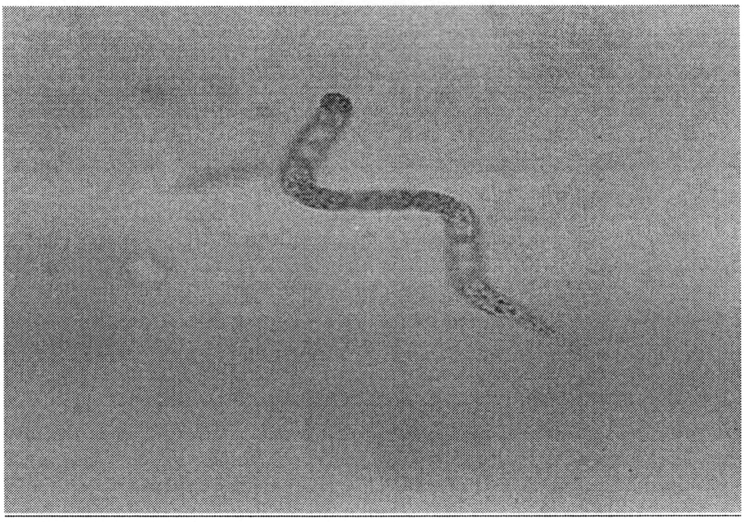
7 กรัม/ลิตร บำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบน้ำนิ่ง ระยะเวลาการทดลอง 10 วัน สามารถลดปริมาณคลอโรฟิลด์ เอ และของแข็งแขวนลอยทั้งหมดได้ 83.40% และ 27.49% ตามลำดับ

8.3.1.5 หอยแมลงภู่และสาหร่ายผมนาง

การใช้หอยแมลงภู่และสาหร่ายผมนางในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งเป็นการผสมผสานอีกวิธีหนึ่งที่มีการนำมาศึกษา ซึ่งคณิตและดุสิต (2535, อ้างถึงในเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม, 2546) ได้ใช้หอยแมลงภู่และสาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) น้ำหนัก 400 กรัม และ 340 กรัม ตามลำดับ บำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 200 ลิตร ผลการทดลองพบว่าภายในเวลา 48 ชั่วโมงการใช้หอยแมลงภู่และสาหร่ายผมนางเพียงชนิดใด ชนิดหนึ่งและการใช้หอยแมลงภู่ผสมกับสาหร่ายผมนาง จะสามารถลดค่าบีโอดีได้ถึง 79-100 เปอร์เซ็นต์ และการใช้สาหร่ายผมนางชนิดเดียวจะลดค่าแอมโมเนีย และไนเทรต ได้ถึง 66 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเสนอให้มีการจัดทำบ่อพักน้ำทิ้งโดยใช้หอยแมลงภู่และสาหร่ายผมนางร่วมกับการให้อากาศจะสามารถลดปริมาณแอมโมเนีย ไนเทรตและสารแขวนลอยได้ดียิ่งขึ้น

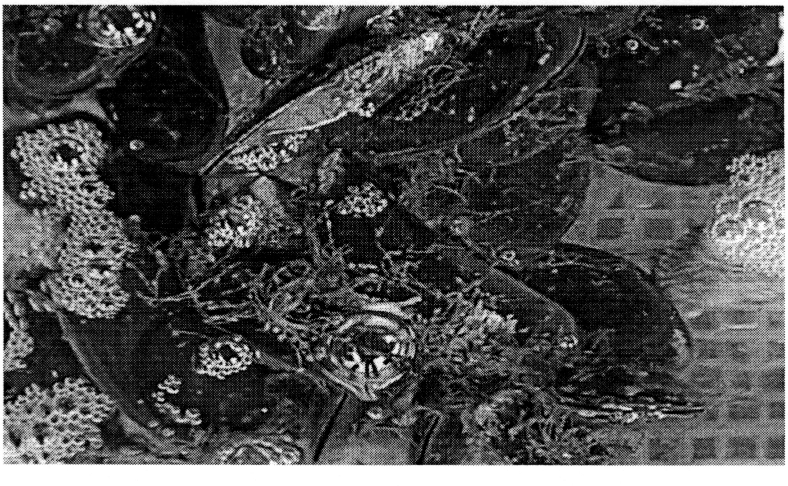
ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพของหอยแมลงภู่และสาหร่ายผมนางในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้ง (คณิตและดุสิต (2535)

ปัจจัยของการวัด	เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารปนเปื้อน
บีโอดี	79-100
แอมโมเนีย	66
ไนเทรต	100

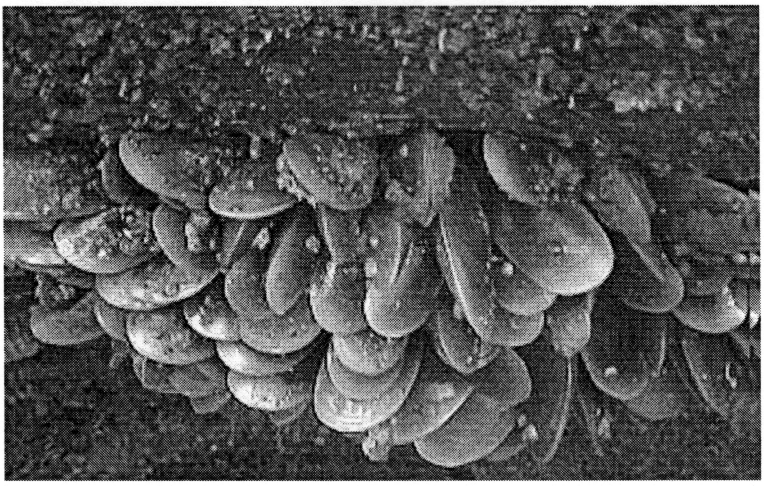


รูปที่ 32 สาหร่ายผมนาง (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

หอยแมลงภู่เป็นสัตว์น้ำอีกชนิดหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งธนิษฐา (2537) ได้ทดลองใช้หอยแมลงภู่เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลแบบพัฒนา โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขนาด 3.46 ไร่ อัตราการปล่อยกุ้ง 34 ตัว/ตารางเมตร อายุ 1 เดือน โดยกำหนดอัตราความหนาแน่นของหอยแมลงภู่ 3 ระดับ คือ 1, 3, 5 และ 7 กิโลกรัมต่อปริมาณน้ำทิ้ง 1 ตัน ผลการศึกษาพบว่า อัตราความหนาแน่นของหอยแมลงภู่ที่ 1 กิโลกรัมเป็นอัตราที่เหมาะสมที่สุดต่อการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง 1 ตัน



รูปที่ 33 หอยแมลงภู่ (www.afcd.gov.hk/)



รูปที่ 34 หอยแมลงภู่ (www.reef.crc.org.au/.../ aboutreef/asiangreen.jpg)

8.3.1.6 ไรสีน้ำตาล

ดุสิต (2534, อ้างถึงในเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม, 2546) ได้ทดลองใช้ไรสีน้ำตาลบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งโดยทดลองเป็นระยะเวลานาน 23 วัน ผลการทดลองพบว่าไรสีน้ำตาลสามารถลดปริมาณบีโอดีและคลอโรฟิลล์ในน้ำทิ้งได้ โดยมีอัตราการบำบัดน้ำเสียในรูปบีโอดีอยู่ในช่วง 0.02-0.11 มก.บีโอดี/ตัว/วัน

8.3.2 การใช้พืชน้ำมาบำบัดน้ำทิ้ง

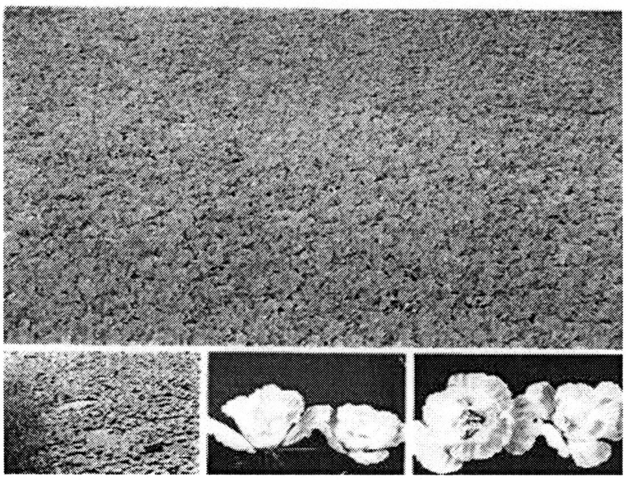
พืชน้ำที่อาศัยอยู่ในน้ำสามารถดูดซึมสารอาหารกลุ่ม แอมโมเนียอิออน ไนเทรต ไนไทรต์ไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต ดังนั้นจึงเป็นการช่วยลดปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำให้ลดน้อยลง ยกตัวอย่าง เช่น

การศึกษาของจันทร์ประภา (2546) ซึ่งได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของพืชน้ำบางชนิด ได้แก่ จอก ผักตบชวา กกสามเหลี่ยม แห้วทรงกระเทียมและธูปฤาษี ในการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำ ผลการศึกษาพบว่า พืชน้ำแต่ละชนิดและบ่อควบคุมมีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำได้แตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดในวันที่ 34 ดังนี้ จอกมีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดี ไนไทรต์ ไนเทรต และออร์โธฟอสเฟตเท่ากับ 86.84% , 26.08%, 87.61% และ 87.32% ตามลำดับ ผักตบชวามีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 88.47% , 46.15%, 83.58% และ 87.13% ตามลำดับ กกสามเหลี่ยมมีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 81.00% , -70.58%, 55.55% และ 18.72% ตามลำดับ แห้วทรงกระเทียมมีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 74.40% , -33.33%, 65.11% และ 25.12% ตามลำดับ ธูปฤาษีมีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 67.93% , -47.36%, 66.66% และ 63.30% ตามลำดับ และบ่อควบคุมมีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 5.71% , -50.00%, 45.04% และ 15.07%

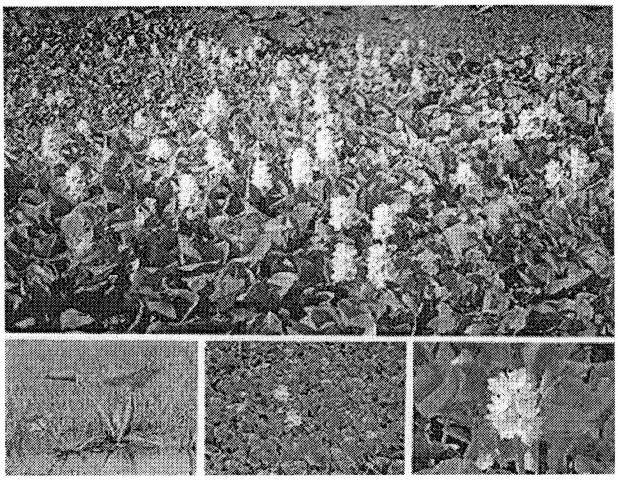
ตามลำดับ แต่ทั้งนี้พืชน้ำและบ่อควบคุมไม่สามารถบำบัดปริมาณซิลิเกต การเจริญเติบโตของพืชน้ำเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเริ่มต้นพบว่า มวลชีวภาพของจอกเพิ่มขึ้น 1.85 เท่า ผักตบชวา 7.53 เท่า กกสามเหลี่ยม 4.48 เท่า แห้วทรงกระเทียม 6.77 เท่า และธูปฤาษี 2.56 เท่า

ตารางที่ 10 ประสิทธิภาพของจอก ผักตบชวา กกสามเหลี่ยม แห้วทรงกระเทียมและธูปฤาษี ในการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำ

ชนิดของพืช	เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารปนเปื้อนในวันที่ 34			
	บีโอดี	ไนไทรต์	ไนเทรต	ออร์โธฟอสเฟต
1. จอก	86.84	26.08	87.61	87.32
2. ผักตบชวา	88.47	46.15	83.58	87.13
3. กกสามเหลี่ยม	81.00	-70.58	55.55	18.72
4. แห้วทรงกระเทียม	74.40	-33.33	65.11	25.12
5. ธูปฤาษี	67.93	-47.36	66.66	63.30
6. ชุดควบคุม	5.71	-50.00	45.04	15.07

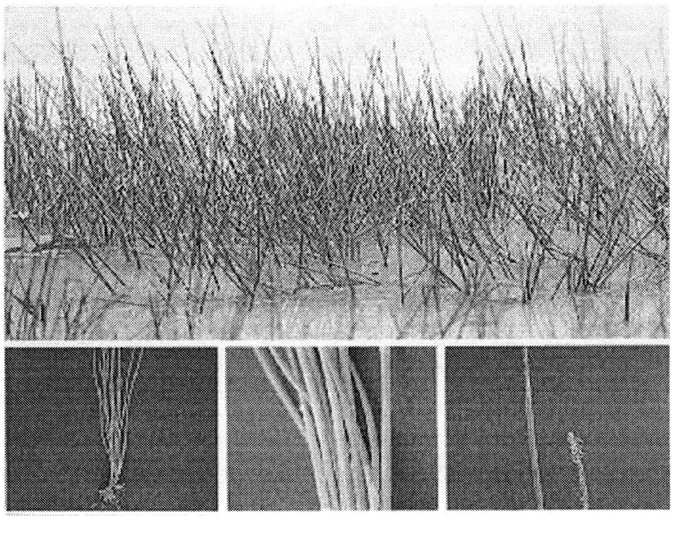


รูปที่ 35 จอก (www.ku.ac.th/.../thaifish/ aqplant/aqpt029.html)



รูปที่ 36 ผักตบชวา (www.ku.ac.th/.../thaifish/ aqplant/aqpt079.html)

รูปที่ 37 กกสามเหลี่ยม (www.ku.ac.th/.../thaifish/ aqplant/aqpt056.html)



รูปที่ 38 แห้วทรงกระเทียม (www.ku.ac.th/.../thaifish/ aqplant/aqpt051.html)

รูปที่ 39 ธูปฤาษี (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

8.3.2.1 หญ้าทะเล (*Halophila ovalis*)

หญ้าทะเล *Halophila ovalis* เป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่ได้นำมาทดลองใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุ้งกุลาดำ โดยทักษิณา (2541) ได้ทำการศึกษา ประสิทธิภาพของหญ้าทะเล *Halophila ovalis* ในการลดปริมาณบีโอดี, แอมโมเนีย, ไนไทรต์, ไนเทรตและออร์โธฟอสเฟต ในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุลาดำ โดยทดลองใช้หญ้าทะเลที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน คือ 1.0 kg/m^2 , 2.0 kg/m^2 และ 3.0 kg/m^2 ในถังไฟเบอร์ขนาด 250 ลิตร และมีปริมาตรน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง 200 ลิตร ผลการศึกษาพบว่า หญ้าทะเล *H. ovalis* ทุก treatment สามารถลดปริมาณบีโอดี, แอมโมเนีย, ไนไทรต์, ไนเทรตและออร์โธฟอสเฟต ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับ control ที่ไม่มีหญ้าทะเล และพบว่าหญ้าทะเล *H. ovalis* มีประสิทธิภาพในการลดบีโอดีได้ตั้งแต่ 56.52-80.20% โดยความหนาแน่นของหญ้าทะเลที่ระดับต่างกันมีประสิทธิภาพในการลดบีโอดีได้ไม่แตกต่างกัน ในส่วนของประสิทธิภาพการลดแอมโมเนีย,ไนไตรท, ไนเทรตและออร์โธฟอสเฟตมีค่าตั้งแต่ 64.64-92.50% จากการทดสอบทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยหญ้าทะเลที่เพาะเลี้ยงด้วยความหนาแน่น 2.0 kg/m^2 มีประสิทธิภาพในการลดแอมโมเนีย, ไนไตรท, ไนเทรตและออร์โธฟอสเฟตได้ดีที่สุด ส่วนถังที่เพาะเลี้ยงหญ้าทะเลด้วยความหนาแน่น 3.0 kg/m^2 และ 1.0 kg/m^2 มีประสิทธิภาพรองลงไปตามลำดับ และการศึกษาอัตราการดูดซึมแอมโมเนีย, ไนไทรต์, ไนเทรตและออร์โธฟอสเฟตของหญ้าทะเลพบว่าอัตราการดูดซึมสารประกอบดังกล่าวจะมากเมื่อเริ่มต้นทดลองและลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

รูปที่ 40 หญ้าทะเล

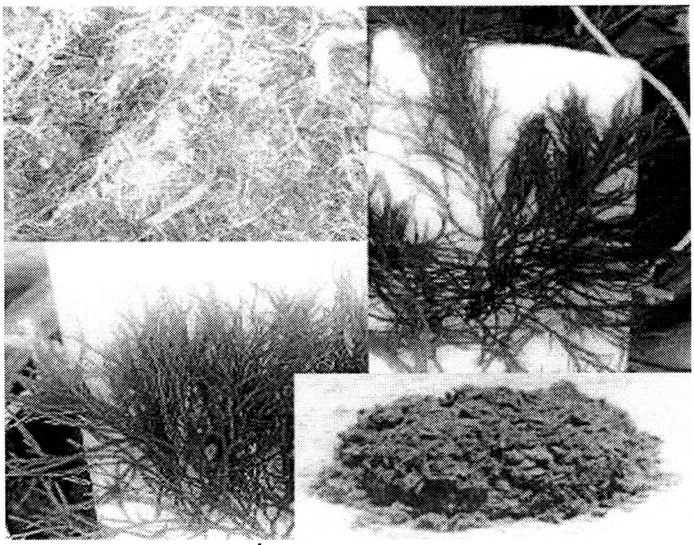
(http://www.tech2u.com.au/~vals/images/halophila%20ovalis.jpg)

รูปที่ 41 หญ้าทะเล (www.talaythai.com)

รูปที่ 42 หญ้าทะเล (www.lib.ru.ac.th/)

8.3.2.2 สาหร่าย (*Graclaria fisheri*)

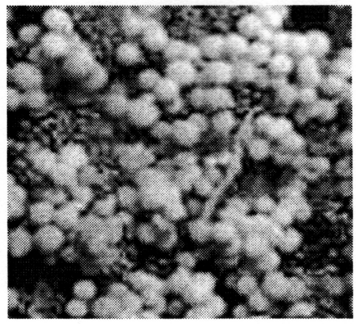
สาหร่าย *Graclaria fisheri* ได้ถูกนำมาศึกษาถึงความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยเกรียงไกร แก้วสุรลิขิต (2537) ได้ศึกษาการใช้สาหร่าย *Graclaria fisheri* ลดปริมาณ แอมโมเนีย ไนไทรต์ ไนเทรต และฟอสเฟต ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งโดยทดลองในบ่อซีเมนต์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.75 เมตร มีระดับความลึก 30 เซนติเมตร โดยเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วย ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือ ความหนาแน่น 0.25, 0.55 และ 1.0 กิโลกรัม/ตาราง เมตร ผลการศึกษาพบว่าสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงด้วยความหนาแน่น 1.0 กิโลกรัม/ตารางเมตร สามารถลดปริมาณความเข้มข้นของ แอมโมเนีย ไนไทรต์ ไนเทรต และฟอสเฟตได้มากที่สุด



รูปที่ 43 สาหร่ายผมนาง

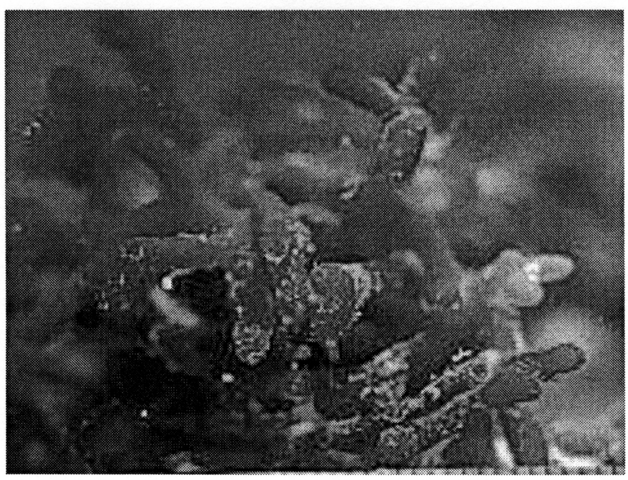
(www.surialink.com/HANDBOOK/Genera/reds/Gracilaria/Gracilaria.htm)

สาหร่ายทะเลกำลังเป็นที่นิยมในการนำมาศึกษาถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการ เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ยกตัวอย่างการศึกษาของศิรวรรณ (2538) ซึ่งได้ศึกษาการใช้สาหร่ายทะเลใน การช่วยลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง โดยการนำสาหร่าย *Caulerpa macrophysa,Sagrassum polycystum* และ *Gracilaria salicornia* แช่ลงในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง กุลาดำในถังพลาสติกที่บรรจุน้ำในปริมาตรเริ่มต้นที่ 100 ลิตร โดยใช้สาหร่ายความหนาแน่น 0 (ชุดควบคุม) 1 , 5 และ 10 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า สาหร่ายทั้ง 3 ชนิด สามารถ ลดปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย และไนไทรต์ได้ โดยสาหร่ายทั้ง 3 ชนิดที่ความหนาแน่น 10 กรัม/ลิตร สามารถลดปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย และไนไทรต์ได้มากที่สุด รองลงมา คือที่ความหนาแน่น 5 และ 1 กรัม/ลิตร ตามลำดับ



รูปที่ 44 ***Caulerpa macrophysa***

(http://e-info.org.tw/topic/fspecies/2001/fs011002012.jpg)



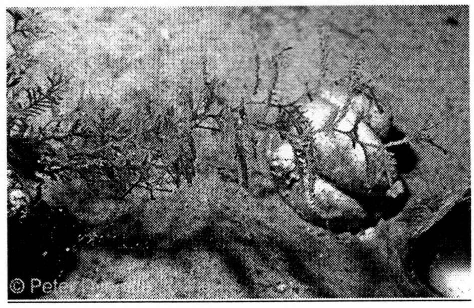
รูปที่ 45 ***Gracilaria salicornia***

(http://www.inchinapinch.com/hab_pgs/marine/coral_reef/images/gracilar.jpg)

การใช้การเร่งตะกอนและสาหร่ายผมนางร่วมกันจัดเป็นวิธีผสมผสานอีกวิธีหนึ่ง ซึ่ง รตีวรรณ (2541) ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งด้วยระบบบำบัดแบบชีวภาพ โดยใช้การเร่งตะกอนและสาหร่ายผมนางร่วมกัน การทดลองได้แบ่งเป็น 2 ชุด โดยป้อนน้ำเสียเข้าแบบ Sequence Batch System กำหนดให้การทดลองชุดที่ 1 มีระยะเวลาในการเก็บกักในถังปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง คิดเป็น Organic loading 72.6 gBOD/m^3.d และระยะเวลาเก็บกักในบ่อสาหร่ายผมนางนาน 24 ชั่วโมง การทดลองชุดที่ 2 มีระยะเวลาในการเก็บกักในถังปฏิกิริยา 4 ชั่วโมง คิดเป็น Organic loading 108.96 gBOD/m^3.d และระยะเวลาเก็บกักในบ่อสาหร่ายผมนางนาน 24 ชั่วโมง พบว่า ระบบบำบัดที่ค่า Organic loading 72.6 gBOD/m^3.d และ Organic loading 108.96 gBOD/m^3.d มีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี 58.10 และ 49.25 เปอร์เซ็นต์

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 42.24 และ 35.69 เปอร์เซ็นต์ และระบบยังสามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ถึง 84.91 และ 73.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สาหร่ายวุ้น (*Gracilaria verrucosa*) จัดเป็นสาหร่ายอีกชนิดหนึ่งซึ่งอภิรักษ์ (2536) ได้นำมาใช้ในการศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุด คือ ชุดการทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยนำน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนามาทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารในน้ำทิ้ง ใช้เวลาในการทดลอง 10 วัน ทำการทดลอง 2 ครั้ง พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเทรต-ไนโตรเจน ไนไทรต์-ไนโตรเจน และฟอสเฟต ลดลงร้อยละ 95-100 ชุดการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยเลี้ยงสาหร่ายวุ้นหนัก 1.0+0.05 และ 2.0+0.05 กรัม (X+S.E.) ในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา แบ่งน้ำทิ้งเป็น 2 ส่วน คือ น้ำทิ้งธรรมดาและน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาด 49 ไมโครมิเตอร์ ใช้เวลาในการทดลอง 4 วัน พบว่า เมื่อใช้สาหร่ายวุ้นหนัก 1 และ 2 กรัม ต่อน้ำทิ้ง 200 มิลลิลิตร เลี้ยงเป็นเวลา 3 วัน สาหร่ายวุ้นสามารถลดปริมาณสารอาหารในน้ำทิ้งได้ดังนี้ คือ ลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลงร้อยละ 77.12 และร้อยละ 100 ไนเทรต-ไนโตรเจนลดลงร้อยละ 79.03 และ 96.77 ไนไทรต์-ไนโตรเจนลดลงร้อยละ 77.27 และ ร้อยละ 100 ส่วนฟอสเฟตลดลงร้อยละ 60.53 และร้อยละ 100 ชุดการทดลองที่ 3 เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยเลี้ยงสาหร่ายวุ้นหนัก 1.0-0.05 และ 2.0+0.05 กรัม (X+S.E.) ในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาโดยนำน้ำทิ้งที่ได้ไปฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ ใช้เวลาในการทดลอง 4 วัน พบว่า เมื่อใช้สาหร่ายวุ้นหนัก 1 และ 2 กรัม ต่อน้ำทิ้ง 200 มิลลิลิตร เลี้ยงเป็นเวลา 3 วัน พบว่า สาหร่ายวุ้นสามารถลดปริมาณสารอาหารในน้ำทิ้งได้ดังนี้ คือ ลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลงร้อยละ 96.82 เท่ากัน ไนเทรต-ไนโตรเจนลดลงร้อยละ 76.92 และ 90.38 ไนไทรต์-ไนโตรเจนลดลงร้อยละ 68.75 และ 87.5 ส่วนฟอสเฟตลดลงร้อยละ 65.11 และ 88.37 ชุดการทดลองที่ 4 เป็นการเลี้ยงสาหร่ายในคลองน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลดำแบบพัฒนา โดยเลี้ยงสาหร่ายวุ้นแบบผูกบนเส้นเชือก ใช้สาหร่ายวุ้นหนัก 100+5 กรัมต่อเส้น เลี้ยง 30 วัน และ 200+5 กรัมต่อเส้น เลี้ยง 55 วัน พบว่าเมื่อเลี้ยงสาหร่ายในคลองน้ำทิ้งปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงร้อยละ 5-20 ไนเทรต-ไนโตรเจนลดลงร้อยละ 13-22 ไนไทรต์-ไนโตรเจนลดลงร้อยละ 0-10 และฟอสเฟตลดลงร้อยละ 16-28 ตามลำดับ



รูปที่ 46 *Gracilaria verrucosa*

(http://www.swan.ac.uk/biodiv/poole/images/Dyrynda%20Poole%20Hydrallmania%20falcata%20WEB.JPG)

ปรงทะเล (*Acrostchum aureum*) เป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้ จากการศึกษาของ Sansanayuth และคณะ (1996) พบว่าปรงทะเล (*Acrostchum aureum*) สามารถลดค่าบีโอดี ค่าของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสได้ถึงร้อยละ 91, 84, 48 และ 31 ตามลำดับ

ตารางที่ 11 การลดลงของสารปนเปื้อนโดยใช้ปรงทะเลในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ปัจจัยของการวัด	เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารปนเปื้อน
BOD	91
SS	84
ไนโตรเจน	48
ฟอสฟอรัส	31

รูปที่ 47 ปรงทะเล (*Acrostchum aureum*)

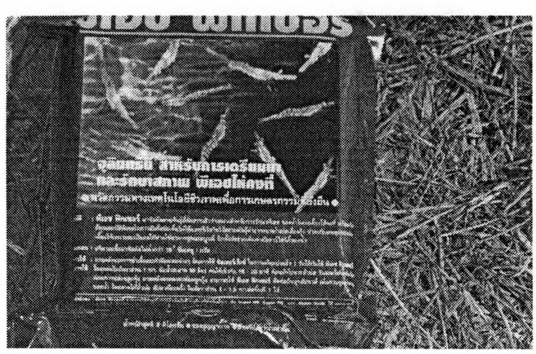
(http://greenfield.fortunecity.com/dreams/198/flora/f12_1.jpg)

2.3 พรรณไม้น้ำ

การใช้พรรณไม้น้ำในการปรับปรุงคุณภาพน้ำจัดเป็นวิธีทางชีวภาพอีกวิธีหนึ่งซึ่งมีผู้สนใจนำมาศึกษา เช่น อนันต์ และคณะ (2539) ได้ศึกษาแนวทางการฟื้นฟูการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและสภาวะแวดล้อมระบบรีไซเคิล โดยใช้บ่อพรรณไม้น้ำ ซึ่งมีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายผมนาง (*Graclaria fisheri*) สาหร่ายเม็ดพริกไท (*Cualerpa* sp.) และหญ้าตะการน้ำเค็ม (*Ruppia* sp.) และมีการเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ ปลากระพงขาว ปลากระบอก ปลานวลจันทร์ทะเล และสัตว์น้ำอื่น ๆ เพื่อทดลองบำบัดเลนและน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งรุ่นที่ 2 แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ในการเลี้ยงกุ้งรุ่นที่ 3 ผลการทดลองพบว่า พรรณไม้น้ำและสัตว์น้ำดังกล่าวสามารถบำบัดเลนและน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งในรุ่นที่ 2 และสามารถนำน้ำมาใช้ในการเลี้ยงกุ้งรุ่นที่ 3 ได้

3. การบำบัดโดยจุลินทรีย์

น้ำตามธรรมชาติจะมีจุลินทรีย์โดยเฉพาะแบคทีเรียอาศัยอยู่จำนวนหนึ่งและแบคทีเรียกลุ่ม Nitrification และ Denitrification เป็นแบคทีเรียที่จะสามารถกำจัดสารอินทรีย์เปลี่ยนแอมโมเนียในน้ำให้กลายเป็นไนไทรต์และไนเทรตด้วยกระบวนการที่ขึ้นว่า ไนตริฟิเคชัน หลังจากนั้นจากไนเทรตจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจรภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนด้วยกระบวนการที่เกิดขึ้นว่า ดีไนตริฟิเคชัน (พัฒนา, 2539)



รูปที่ 48 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัด (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

การศึกษาวิจัยบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาด้วยระบบ Bio-Filter เป็นระบบบำบัดน้ำทิ้งโดยวิธีใช้แบคทีเรียระบบใช้อากาศและไม่ใช้อากาศช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา โดยมีการสูบน้ำจากบ่อกุ้งมาเก็บไว้ในแทงค์ที่มีตัวกรองแพลงก์ตอน ขนาด 30 ไมครอน และปล่อยให้ไหลผ่านถังบำบัดด้วยแบคทีเรียที่มีอากาศ อัตราการไหล 0.25 ลิตร/นาที ใช้เวลา 7 ชั่วโมงและมีปริมาตรน้ำทั้งหมด 100 ลิตร และไหลผ่านถัง

บำบัดที่ไม่มีอากาศด้วยอัตราการไหลเดียวกัน ใช้เวลา 6-8 ชม. ปริมาตรน้ำทั้งหมด 90-120 ลิตร และปล่อยน้ำกลับสู่นากุ้ง (สิริและชนินทร์, 2541)

ผลปรากฏว่าสามารถลดสารอินทรีย์ในรูปของแอมโมเนียได้ 91.15% และค่าความสกปรก (BOD) ได้ 43.4% อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ภายในระยะเวลา 7 ชั่วโมง สิ่งระบบย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจนสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สิริและชนินทร์, 2541)

การใช้ปุ๋ยชีวภาพที่เกิดจากการใช้จุลินทรีย์จากผลไม้และสมุนไพรในการบำบัดน้ำทิ้งและพื้นบ่อกุ้งกุลาดำ พบว่าจุลินทรีย์ที่ได้สามารถลดค่าความสกปรกของน้ำทิ้งและดินเลนพื้นบ่อได้ ซึ่งจุลินทรีย์ดังกล่าวได้จากการหมักผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยใช้แตงกวาหรือสัปปะรดไม่ละเอียด : น้ำสะอาด : กากน้ำตาล ในอัตราส่วน 3:1:1 หมักครบ 15 วัน กรองเอากากออก เอาแต่ส่วนน้ำไปใช้ในบ่อบำบัดพักน้ำ 3-5 ลิตร/ไร่ ทุกครั้งที่สูบน้ำเข้าบ่อทิ้งไว้ 1-2 วัน

คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำและแหล่งน้ำในเขตเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (จูจะดี และคณะ, 2544)

ผลการตรวจติดตามคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำของเกษตรกรและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณแหล่งเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตจังหวัดชายฝั่งทะเล 21 จังหวัด ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2540 ถึง 2543 ซึ่งดำเนินการโดยหน่วยติดตามเฝ้าระวังแหล่งเพราะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทั้ง 21 แห่ง ได้รวบรวมรายงานไว้ในเอกสารฉบับนี้ โดยทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำและแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณแหล่งเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตจังหวัดชายฝั่งทะเลทั้ง 21 จังหวัด สังกัดกองเพราะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง 21 แห่ง คือ ศูนย์พัฒนาการเพราะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งฉะเชิงเทรา, ศูนย์พัฒนาการเพราะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสมุทรสาคร, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสตูล, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งพังงา, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งนราธิวาส, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งชลบุรี, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งระยอง, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งตราด, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสมุทรสงคราม, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพชรบุรี, สถานีเพราะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งชุมพร, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งนครศรีธรรมราช, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งปัตตานี, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งตรัง, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งระนอง, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกระบี่ และ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอันดามัน จังหวัดภูเก็ต ค่าพารามิเตอร์ที่ตรวจ BOD ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณแหล่งเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ได้แก่ ความเค็ม, อุณหภูมิ, แอมโมเนีย, ไนไทรต์, ฟอสเฟต, ความเป็นกรด-ด่าง, DO และ BOD

ผลการตรวจติดตามคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตจังหวัดต่าง ๆ ระหว่างเดือน มกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 ได้แก่ ความโปร่งแสง, ความเค็ม, DO, BOD, แอมโมเนีย และไนไทรต์

ความโปร่งแสงของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 16 จังหวัด ระหว่างเดือน มกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 มีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 22.3-59.9 cm โดยน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดสมุทรสาคร มีค่าเฉลี่ยความโปร่งแสงต่ำสุดคือ 22.3±11.02 cm และน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดสตูล มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 59.9 ± 14.0 cm

ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 21 จังหวัด ระหว่างเดือนมกราคม –ธันวาคมปี พ.ศ. 2543 มีค่าเฉลี่ยแต่ละจังหวัดแตกต่างกันอยู่ในช่วง 3.0-24 .8 ppt โดยน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดชลบุรี มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 3.0±6.2 ppt และน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดภูเก็ตมีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 24.8±5.2 ppt

ค่า DO ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 21 จังหวัด ระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 มีค่าเฉลี่ยแต่ละจังหวัดแตกต่างกันอยู่ในช่วง 5.6-8.8 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดสมุทรสงคราม มีค่า DO เฉลี่ยต่ำสุด 5.6 ± 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และในเขตจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 8.8 ±1.6 มิลลิกรัมต่อลิตร

ค่า BOD ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 19 จังหวัด ระหว่างเดือนมกราคม – ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 พบว่าค่าเฉลี่ยละจังหวัดแตกต่างกันอยู่ในช่วง 2.1-12.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่า BOD เฉลี่ยต่ำสุดคือ 2.1 ±1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดเพชรบุรี มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 12.5±16.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณแอมโมเนียของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 21 จังหวัด ระหว่างเดือน มกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 พบว่าค่าเฉลี่ยแอมโมเนียแตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.006-0.52 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดชุมพร มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 0.006±0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดสตูล มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 0.52±0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณไนไทรต์ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 21 จังหวัด ระหว่างเดือน มกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 มีค่าเฉลี่ยแต่ละจังหวัดแตกต่างกันในช่วง 0.025-0.267 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดสมุทรสาคร พบค่าไนไทรต์เฉลี่ยต่ำสุด 0.025±0.021 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 0.267±0.259 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการตรวจติดตามคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งกุลาดำจังหวัดต่าง ๆ ระหว่างเดือน มกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 ได้แก่ อุณหภูมิ, ความเค็ม, ความเป็นกรด-ด่าง, DO, BOD, แอมโมเนีย, ไนไทรต์และฟอสเฟต แสดงไว้ในตารางที่ 41-48 ตามลำดับ

อุณหภูมิของน้ำจากแหล่งน้ำในบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งกุลาดำจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 21 จังหวัดระหว่างเดือน มกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 มีค่าแตกต่างกันอยู่ในช่วง 27.8-32.6 องศาเซลเซียน โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำต่ำสุด 27.8$\pm$2.7 องศาเซลเซียส ตรวจพบในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำสูงสุด 32.6$\pm$3.7 องศาเซลเซียส ตรวจพบในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งจังหวัดนครศรีธรรมราช (ตารางที่ 41)

ความเค็มของน้ำจากแหล่งน้ำในบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งกุลาดำจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 21 จังหวัดระหว่างเดือน มกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 มีค่าเฉลี่ยแต่ละจังหวัดแตกต่างกันอยู่ในช่วง 7.3-28.0 ppt โดยค่าเฉลี่ยต่ำสุด 7.3$\pm$8.3 ppt พบในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งจังหวัดฉะเชิงเทรา และค่าเฉลี่ยสูงสุด 28.0$\pm$2.4 ppt พบในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งจังหวัดภูเก็ต

ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำจากแหล่งน้ำในบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งกุลาดำจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 21 จังหวัดระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 มีค่าเฉลี่ยแต่ละจังหวัดแตกต่างกันอยู่ในช่วง 6.9-8.1 โดยค่าเฉลี่ยต่ำสุด 6.9$\pm$0.5 พบในแหล่งน้ำเขตจังหวัดนราธิวาส และค่าเฉลี่ยสูงสุด 8.1$\pm$0.1 พบในแหล่งน้ำเขตจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

DO ของน้ำจากแหล่งน้ำในบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งกุลาดำจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 21 จังหวัดระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 มีค่าเฉลี่ยแต่ละจังหวัดแตกต่างกันอยู่ในช่วง 3.5-7.3 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยน้ำในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งจังหวัดสมุทรสาคร มีค่า DO เฉลี่ยต่ำสุด 3.5$\pm$0.9 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งจังหวัดจันทบุรี มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 7.3$\pm$0.9 มิลลิกรัมต่อลิตร

BOD ของน้ำในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งกุลาดำจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 19 จังหวัดระหว่างเดือน มกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 มีค่าเฉลี่ยแต่ละจังหวัดแตกต่างกันอยู่ในช่วง 1.0-3.2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบค่า BOD เฉลี่ยต่ำสุด 1.0 $\pm$0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแหล่งน้ำเขตจังหวัดตรัง และค่า BOD เฉลี่ยสูงสุด 3.2 $\pm$1.3 มิลลิกรัมต่อลิตร พบในแหล่งน้ำเขตจังหวัดเพชรบุรี

ปริมาณแอมโมเนียของน้ำในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งกุลาดำจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 21 จังหวัด ระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 มีค่าเฉลี่ยแต่ละจังหวัดแตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.006-0.474 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งจังหวัดระนอง มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 0.006$\pm$0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร และในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งจังหวัดสมุทรสาคร มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 0.474$\pm$0.297 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณไนไทรต์ในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งกุลาดำจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 21 จังหวัด ระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 มีค่าเฉลี่ยแต่ละจังหวัดแตกต่างกันในช่วง 0.006-0.64 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งจังหวัดตราด มีค่าไนไทรต์เฉลี่ยต่ำสุด 0.006±0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร และในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งจังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุด 0.364±0.447 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณฟอสเฟตในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งกุลาดำจังหวัดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 20 จังหวัด ระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 มีค่าเฉลี่ยแต่ละจังหวัดแตกต่างกันในช่วง 0.01-0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งจังหวัดสงขลาและจังหวัดสตูล มีค่าฟอสเฟตเฉลี่ยต่ำสุด 0.01±0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และในแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งจังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุด 0.50 - 0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 12 คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตชายฝั่งทะเล 21 จังหวัด ในระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคมปี พ.ศ. 2543 (จูอะดี และคณะ, 2544)

พารามิเตอร์ที่ทำการวัด	**ระดับช่วงของค่าที่วัดได้**		
	ค่าเฉลี่ย	**ค่าต่ำสุด**	**ค่าสูงสุด**
ความโปร่งแสง (cm.)	22.3-59.9	22.3 ±11.02 (สมุทรสาคร)	59.9 ±14.0 (สตูล)
ความเค็ม (ppt.)	3.0-24.8	3.0 ±6.2 (ชลบุรี)	24.8 ±5.2 (ภูเก็ต)
DO (mg/L)	5.6-8.8	5.6 ± 0.7 (สมุทรสงคราม)	8.8 ±1.6 (สุราษฎร์ธานี)
BOD (mg/L)	2.1-12.5	2.1±1.0 (สุราษฎร์ธานี)	12.5 ±16.3 (เพชรบุรี)
แอมโมเนีย (mg/L)	0.006-0.52	0.006 ±0.003 (ชุมพร)	0.52 ±0.16 (สตูล)
ไนไทรต์ (mg/L)	0.025-0.267	0.025 ±0.021 (สมุทรสาคร)	0.267 ±0.259 (นราธิวาส)

ตารางที่ 13 คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำบริเวณเขตเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2543 (จูจะดี และคณะ, 2544)

พารามิเตอร์ที่ทำการวัด	ระดับช่วงของค่าที่วัดได้		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27.8-32.6	27.8 ±2.7 (ประจวบคีรีขันธ์)	32.6 ±3.7 (นครศรีธรรมราช)
ความเค็ม (ppt.)	7.3-28.0	7.3 ±8.3 (ชลบุรี)	28.0 ±2.4 (ภูเก็ต)
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.9-8.1	6.9 ±0.5 (นราธิวาส)	8.1 ±0.1 (ประจวบคีรีขันธ์)
DO (mg/L)	3.5-7.3	3.5 ± 0.5 (สมุทรสาคร)	7.3 ±0.9 (จันทบุรี)
BOD (mg/L)	1.0-3.2	1.0 ±0.3 (ตรัง)	3.2 ±1.3 (เพชรบุรี)
แอมโมเนีย (mg/L)	0.006-0.474	0.006 ±0.007 (ระนอง)	0.474 ±0.294 (สมุทรสาคร)
ไนไทรต์ (mg/L)	0.006-0.64	0.006 ±0.002 (ตราด)	0.64 ±0.447 (ฉะเชิงเทรา)
ฟอสเฟต (mg/L)	0.01-0.50	0.01 ±0.00 (สงขลาและสตูล)	0.50 ±0.18 (ฉะเชิงเทรา)

จากผลการตรวจติดตามคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตจังหวัดต่าง ๆ และคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำบริเวณเขตเลี้ยงกุ้งกุลาดำของในจังหวัดต่าง ๆ ในรอบปีระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม ในช่วงปี พ.ศ. 2540 – 2543 พบว่ามีความแตกต่างกัน แต่ทั้งนี้คุณภาพน้ำที่ตรวจพบส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

9. มาตรฐานน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

ในปัจจุบันนี้แม้ว่าผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้หันมานิยมเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด โดยมีการถ่ายเทน้ำในปริมาณน้อยมากหรือไม่มีการถ่ายเทน้ำเลยตลอดการเลี้ยงเพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่อาจเกิดจากการแพร่ระบาดของโรคกุ้งกุลาดำ เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบเปิดซึ่งเป็นการเลี้ยงในแบบดั้งเดิมนั้นจำเป็นต้องถ่ายน้ำเข้าออกบ่อยครั้ง ทำให้มีความเสี่ยงมากขึ้นที่จะเกิดโรคระบาดในบ่อกุ้ง ดังนั้นการเลี้ยงในระบบปิดจึงเป็นการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคระบาดในกุ้ง ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงกุ้ง เพราะการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำเป็นต้องใช้น้ำในปริมาณสูงมาก เช่น การเลี้ยงกุ้งหนึ่งรุ่นในบ่อเลี้ยง 0.9-6 ไร่ได้ผลผลิตกุ้ง 0.4-2.5 ตันต่อไร่จำเป็นต้องใช้น้ำ 6,000 – 168,000 ตันต่อรุ่น (คณิตและพุทธ, 2535) นอกจากนี้การขยายพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างรวดเร็วในหลายพื้นที่แม้จะเลี้ยงในระบบปิดก็มีผลทำให้สารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้งถูกปล่อยลงในแหล่งน้ำธรรมชาติมากขึ้น เช่นบริเวณชายฝั่งและปากแม่น้ำจนจุลินทรีย์ในธรรมชาติไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้นได้ทันทำให้คุณภาพน้ำชายฝั่งเสื่อมโทรมและมีส่งผลทำให้มีการขยายพื้นที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำเข้ามาเลี้ยงในบริเวณน้ำจืดหรือบริเวณน้ำที่มีความเค็มต่ำในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรีและนครนายก เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อการปลูกข้าวในบริเวณพื้นที่เหล่านั้น ดังนั้นปัญหามลภาวะน้ำเน่าเสียในบ่อกุ้งจึงเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้พื้นที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้รับความเสียหาย ทำให้เกษตรกรย้ายแหล่งเลี้ยงกุ้งไปยังบริเวณที่ไม่มีปัญหามลภาวะของแหล่งน้ำ ซึ่งแม้ว่าจะแก้ไขปัญหาได้ในระดับหนึ่ง แต่ถ้าผู้ประกอบการได้มีส่วนร่วมช่วยกันในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างเป็นระบบก็จะทำให้สามารถเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้อย่างยั่งยืนในทุกพื้นที่

การควบคุมและแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจึงจำเป็นที่จะต้องมีแนวทางหรือมาตรการบังคับควบคุม โดยในขณะนี้รัฐได้เริ่มกำหนดให้มีมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งสำหรับฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งตามกฎหมายนี้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งต้องมีการบำบัดน้ำทิ้งเพื่อให้น้ำทิ้งมีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามกฎหมายที่กำหนดก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม แนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวได้จำเป็นต้องการมีการสร้างจิตสำนึกให้เกษตรกรเข้าใจถึงผลเสียของการปล่อยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีคุณภาพไม่เหมาะสมลงสู่สิ่งแวดล้อม

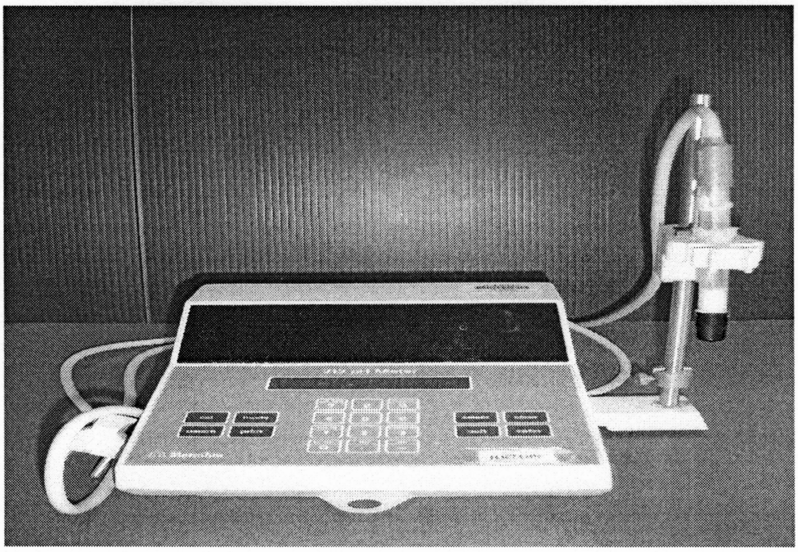
จากที่ได้กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับผลกระทบของน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อสิ่งแวดล้อมมาแล้วนั้นจึงทำให้ประเทศไทยได้มีมาตรการณ์ต่าง ๆ ที่จะช่วยลดมลภาวะทางน้ำ ยกตัวอย่างเช่นในการให้ความรู้และตระหนักถึงปัญหาและให้ความร่วมมือแก้ไขอย่างจริงจังร่วมกับการใช้มาตรการทางกฎหมายเพื่อช่วยในการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำให้ประสบผลสำเร็จสำหรับมาตรฐานน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดยกองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกรมประมง ได้ออกมาตรการดังกล่าวดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 14 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, 2546)

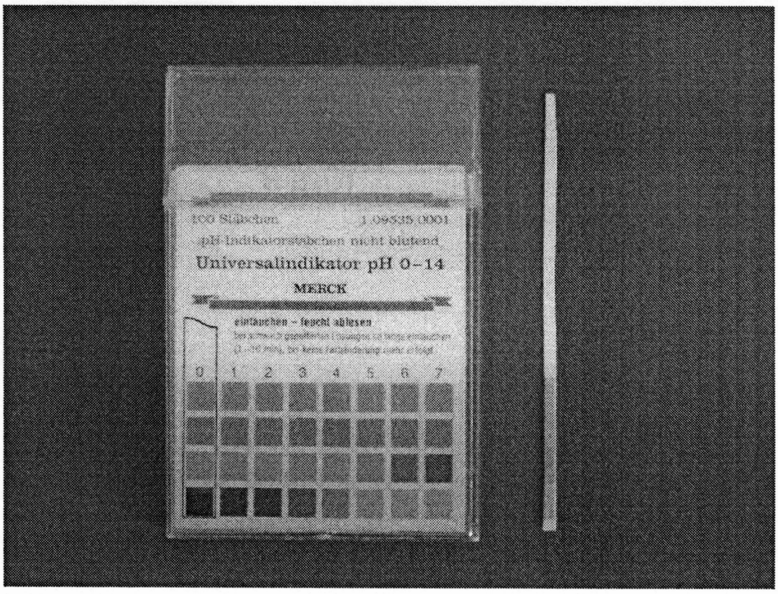
พารามิเตอร์	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง	-	6.5 – 9.0	เครื่อง pH-meter แบบ electrometric
2. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)	มก./ล	20	วิธี azide modification ที่ 20 °C / 5 วัน โดยใช้ synthetic seawater
3. สารแขวนลอย (Suspended Solid)	มก./ล.	70	กรองผ่านแผ่นกรองใยแก้วขนาดตากรอง 1.2 ไมโครเมตร
4. แอมโมเนีย (NH_3-N)	มก./ล.	1.1	วิธี modifled idophenol blue
5. ฟอสฟอรัสรวม (Total phosporus)	มก./ล.	0.4	วิธี ascorbic acid
6. ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	มก./ล.	0.01	วิธี methylene blue
7. ไนโตรเจนรวม (Total nitrogen) ก) ไนโตรเจนละลาย (Total dissolved nitrogen) ข) ไนโตรเจนแขวนลอย (particulate mitrogen)	มก./ล.	4.0	ก) วิธี persulfate digestion ข) ตะกอนแขวนลอยบนแผ่นกรองใยแก้วขนาดตากรอง 0.7 ไมโครเมตร และวิเคราะห์ด้วย nitrogen analyer

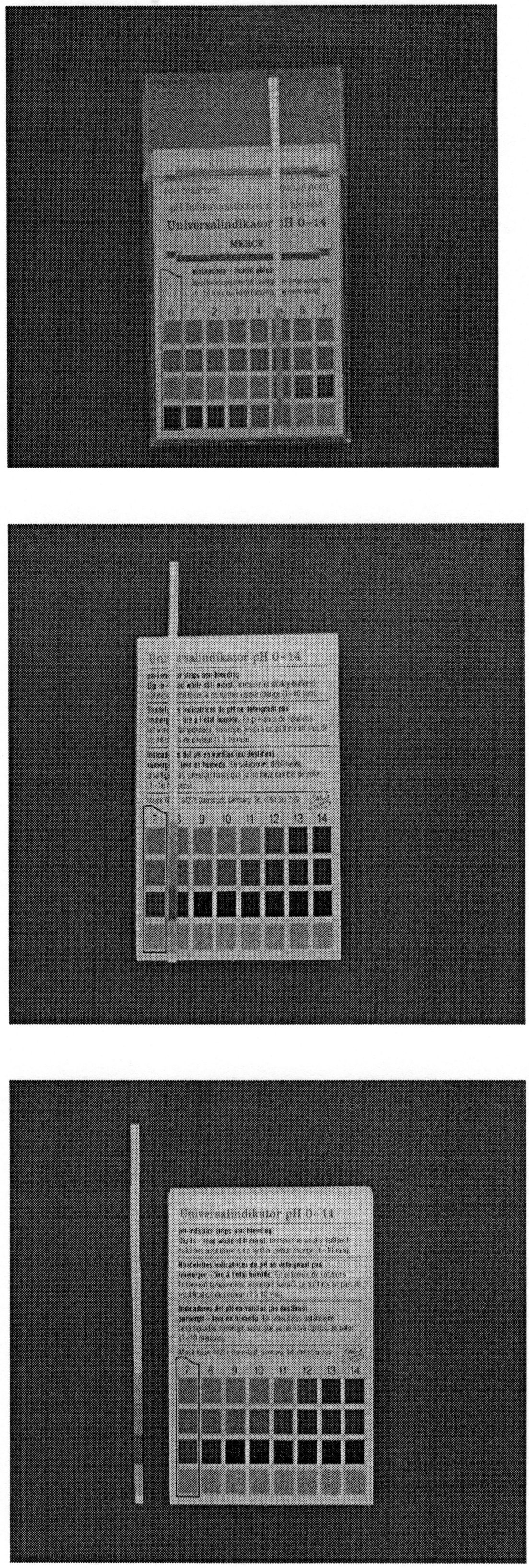
เพื่อเป็นการเข้าใจถึงพารามิเตอร์แต่ละชนิดจะขอกล่าวในรายละเอียด คือ

9.1 **ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)** ได้ถูกกำหนดให้มีค่าอยู่ในช่วง 6.5-9.0 เนื่องจากเป็นช่วงที่สิ่งมีชีวิตมีการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์เป็นปกติ ถ้ามีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่านี้ จะมีผลต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์หรือการตายของสิ่งมีชีวิตในน้ำ

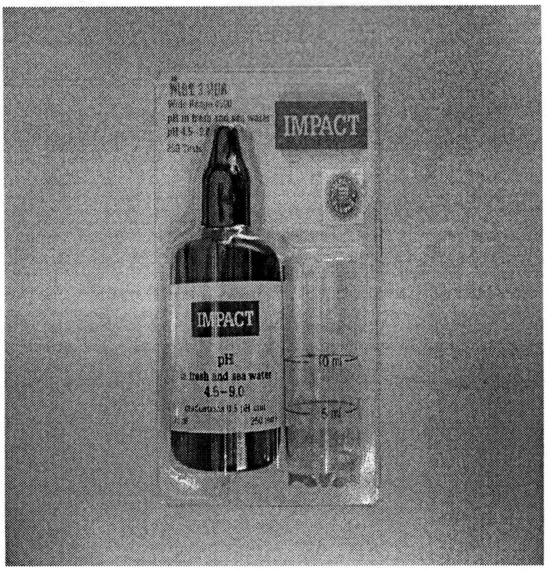


รูปที่ 49 เครื่อง pH meter (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)





รูปที่ 50 กระดาษวัดพีเอช



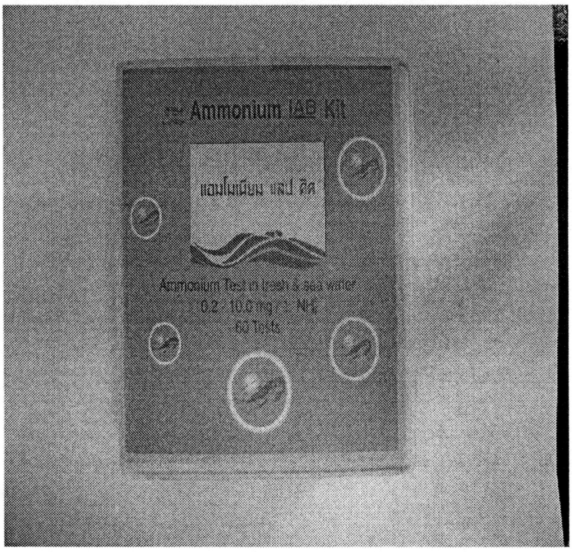
รูปที่ 51 ชุดทดสอบ pH (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

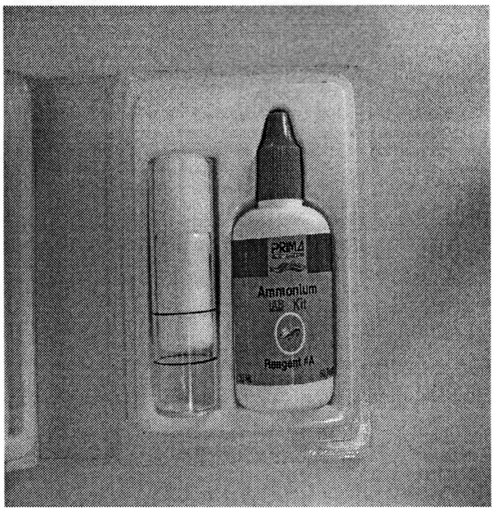
9.2 บีโอดี (BOD-Biological Oxygen Demand) คือค่าที่แสดงถึงปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเพื่อบ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำโดยกำหนดให้น้ำทิ้งมีค่าได้ไม่เกิน 20 มก./ล ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งจากนากุ้งส่วนใหญ่เกิดจากแพลงก์ตอน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อแหล่งน้ำหากมีปริมาณที่เหมาะสม นอกจากนี้ในปัจจุบันเกษตรกรได้เปลี่ยนเป็นการเลี้ยงกุ้งระบบกึ่งปิด ซึ่งมีการถ่ายน้ำน้อยลงและส่วนใหญ่ถ่ายทิ้งในช่วงจับกุ้งเท่านั้น ซึ่งทำให้ปริมาณบีโอดีทั้งหมดที่ปล่อยทิ้งในแต่ละรอบการเลี้ยงน้อยลง

9.3 สารแขวนลอย กำหนดให้น้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมีค่าสารแขวนลอยไม่เกินกว่า 70 มก./ล. เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้มีการปล่อยน้ำทิ้งที่มีตะกอน และสารอินทรีย์สูงลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งจะทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินและเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ลงในแหล่งน้ำ น้ำที่มีค่าสารแขวนลอยสูงมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำลดลง นอกจากนั้นยังได้พิจารณากำหนดค่าสารแขวนลอย ตามประสิทธิภาพของระบบบำบัด ซึ่งจากข้อมูลที่ทำการตรวจพบว่าระบบบำบัดต่าง ๆ ที่กรมประมงได้ทดลองใช้และระบบที่เกษตรกรใช้ เช่น ระบบบำบัดแบบชีวภาพระบบการกรองชีวภาพพบว่า สามารถบำบัดให้สารแขวนลอยมีค่าอยู่ในช่วง 11.8 –77 มก./ล. นอกจากนี้ยังกำหนดให้สอดคล้องกับปริมาณสารแขวนลอยในแหล่งน้ำชายฝั่งมีค่าเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2540-2541 อยู่ในช่วง 84 มก./ล. แอมโมเนีย- ไนโตรเจน กำหนดให้น้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมีค่าแอมโมเนียได้ไม่เกินกว่า 1.1 มก./ล. โดยกำหนดจากค่าระดับของแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำ ซึ่งค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ทำให้สัตว์น้ำเค็มชนิดต่าง ๆ ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 96 ชั่ว

โมง มีค่าอยู่ในช่วง 11.51-53.40 มก./ล. เมื่อนำมาคำนวณค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำเค็มเท่ากับ 1.1 มก./ล. (safefacter = 0.1 ของค่า LC_{50})

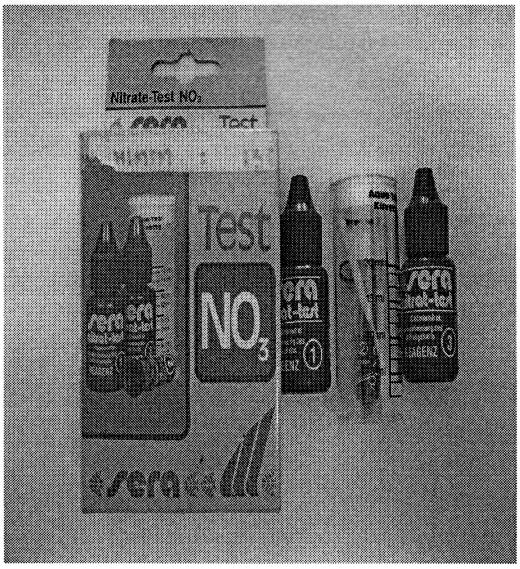
9.4 ไนโตรเจนรวม กำหนดค่าน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมีค่าไนไตรเจนรวมได้ไม่เกินกว่า 4 มก./ล. ตามข้อเสนอของกรมควบคุมมลพิษ (2539) ในรายงานโครงการสำรวจแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ซึ่งกำหนดให้มีค่าเป็น 5 เท่าของค่าไนโตรเจนรวมของน้ำทะเลชายฝั่ง ซึ่งก็คือ 0.8 มก./ล. สำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งสำหรับแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศอินเดียและศรีลังกา กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 2 มก./ล.





รูปที่ 52 ชุดทดสอบแอมโมเนีย (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

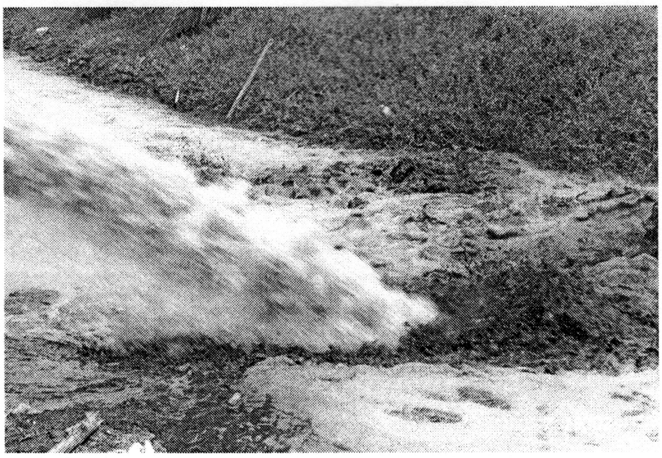
รูปที่ 53 ชุดทดสอบไนไทรต์ (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)



รูปที่ 54 ชุดทดสอบไนเทรต (ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

9.5 ฟอสฟอรัสรวม กำหนดให้น้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมีค่าฟอสฟอรัสรวมได้ไม่เกินกว่า 0.4 มก./ล. ตามข้อเสนอของกรมควบคุมมลพิษ (2539) ในรายงานโครงการสำรวจแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งสำหรับแหล่งเพาะเลี้ยงน้ำชายฝั่งของประเทศอินเดียซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.2- 0.4 มก./ล.

9.6 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ กำหนดให้น้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมีค่าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไม่เกิน 0.01 มก./ล. โดยกำหนดค่าระดับของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำซึ่งศึกษาจากค่าความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ทำให้สัตว์น้ำเค็มต่างๆ ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 96 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.14 –0.37 มก./ล. เมื่อนำมาคำนวณค่าความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำเค็มเท่ากับ 0.01 มก./ล.



รูปที่ 55 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์กุ้งกุลาดำ
(ภาพโดย สุบัณฑิต นิ่มรัตน์)

ดังนั้นในปัจจุบันได้มีการจัดการบำบัดน้ำเสียของน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ แต่อย่างไรก็ตามการบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพจะต้องทำการศึกษาถึงชนิด ลักษณะและส่วนประกอบของน้ำเสียเพื่อทำให้สามารถเลือกระบบบำบัดที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียแต่ละประเภท โดยลักษณะและส่วนประกอบของน้ำเสียมีหลายหลากชนิดขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของน้ำเสียนั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

ศิรวรรณ คิดประเสริฐ. (2538). การใช้สาหร่ายทะเลช่วยลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิรักษ์ จันทวงศ์. (2536). การบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาโดยใช้สาหร่ายวุ้น (Gracilaria verrucosa). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ การจัดการสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Allan, GL, Maguire, GB and Hopkins, SJ (1990) Acute and chronic toxicity of ammonia to juvenile *Metapenaeus macleayi* and *Penaeus monodon* and the influence of low dissolved-oxygen levels. Aquaculture 91: 265-280.

Anon., 1990. Fish health management study of Asia-Pacific completed. NACA. Newal., 7(4):1-7.

Anon., 1992a. A year in review: 1992 shrimp production. Asian Shrimp New, 12:4.

Anon., 1994a. 1993 global shrimp production review. C.P. Shrimp New, 2(2):1.

Bergheim, A., Asgard, T., 1996. Waste production from aquaculture. In: Baird, D. J., Beveride, M.C.M., Kelly, L.A., Muir, J.F. (Eds.), Aquaculture and Water Resource Management. Blackwell, Oxford, *pp*. 50-80.

Boyd CE (1985) Chemical budgets for channel catfish ponds. Transactions of the American Fisheries Society. 114:291-298.

Boyd CE (1992) Shrimp pond bottom soil and sediment management . In: J. Wyban (Editor), Proceedings Special Session on Shrimp Farming. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, pp. 166-181.

Boyd CE (1995) Bottom soil, sediments and pond aquaculture. Chapman and Hall, New York, New York, USA.

Chen D, Hanna PJ, Altman K, Smith A, Moon P and Hammond LS (1992) Development of monoclonal antibodies that identify *Vibrio* species commonly isolated from infections of humans, fish, and shellfish. Appl. Environ. Micro. 58: 3694-3700.

Chen JC, Liu PC, Lin YT and Lee CK (1988) Super intensive culture of red-tailed shrimp *Penaeus penicillatus*. J World Aquacult Soc 19: 127-131.

Chin TS and Chen JC (1987) Acute toxicity of ammonia to larvae of the tiger prawn, Penaeus monodon. Aquaculture 66: 247-253.

Csavas Y (1994) Important factors in the success of shrimp farming. World Aquaculture. 25:34-56.

Currie D (1994) Sustainable aquaculture in developing countries – Who can make it happen World Aquaculture. 25:20-25.

Gerhardt P, Murray RGE, Wood WA and Krieg NR (1994) Methods for general and molecular microbiology. American Society for Microbiology, Washington, D.C.

Gjedrem T and Fimland E (1995) Potential benefits from high health and genetically improved shrimp stocks. Pages 60-65 in G. L. Browdy and J.S. Hopkins, editors. Swimming through troubled water. Proceeding of the Special Session on Shrimp Farming. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA.

Gross A, Nemirovsky A, Zilberg D, Khaimov A, Brenner A, Snir E, Ronen Z and Nejidat A. (2003) Soil nitrifying enrichments as biofilter starters in intensive recirculating saline water aquaculture. Aquaculture 223:51-62.

Hopkins JS, Sandifer PA and Browdy CL (1994) Sludge management in intensive pond culture of shrimp: effects of management regime on water quality, sludge characteristics, nitrogen extinction, and shrimp production. Aquacultural Eng., 13: 11-30.

Jiravanichpaisal P, Miyazaki T, Limsuwan C and Somjetlerdchalern A (1993) Comparative histopathology of vibriosis in black tiger prawn, *Penaeus monodon*. In: Asian Fisheries Society (Eds.), 2nd Symposium on Diseases in Asian Aquaculture. Asian Fisheries Society, pp. 14.

Lavilla-Pitogo CR (1993) Bacterial diseases of penaeid shrimps: an Asian view. In: Asian Fisheries Society (Eds.), 2nd Symposium on Diseases in Asian Aquaculture. Asian Fisheries Society, pp. 13

Lightner DV (1993) Diseases of Cultured Penaeid Shrimps. In: McVey, J.P. (Ed.), CRC Handbook of Mariculture, 2nd edn. Boca Raton, pp. 393–486.

Moriarty DJM (1998) Control of luminous *Vibrio* species in penaeid aquacultre ponds. Department of Chemical Engineering, The Uiversity of Queensland, Qld 4072, Australia. Aquacultrure 164:351-38.

Nimrat S, Polmat S and Vuthiphandchai V. Utilization of Biodegrading Microorganisms under Aerobic and Aerobic Denitrifying Conditions on the Waste Treatment in the Intensive Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*) Ponds: Laboratory and simulated ponds. Poster presentation in: Marine Biotechnology Conference, Chiba, Japan, September 21-28, 2003.

Pillay TVR (1992) Aquaculture and the Environment. Fishing News Books, Oxford, UK, 189 pp.

Rosenberry R (1993) Production drops 16% in 1993. In: World Shrimp Farming 1993. Aquaculture Dig., (December): 1-19.

Rosenberry R (1994) A new record. In: World Shrimp Farming, Shrimp News International. Aquaculture Dig., (December): 1-29.

Rosenberry B (1996) World shrimp farming, an annual report. Shrimp News International, San Diego, CA, USA.

Ruangpan L and Kitao T (1991) *Vibrio* bacteria isolated from black tiger shrimp, *Penaeus monodon* Fabricius. *J. Fish Dis.* 14, pp. 383–388

Sansanayuth P, et.al. (1996) Shrimp pond effuent: pollutant problems and treatment by constructed wetland. Wat. Sci. Tech. 34(11).

Smith PT (1993) Prawn farming in Australia – sediment is a major issue. Aust. Fish., 52(12): 29-32.

Vanderzant C, Nickelson R and Judkins PW (1971) Microbial flora of pond-reared brown shrimp (*Penaeus aztecus*). *Appl. Microbiol.* 21, pp. 915–921.

http://kanchanapisek.or.th

http://kanchanapisek.or.th/cgi-bin/show2.cgi/kp6/BOOK13/pictures/s13-267-1

http://www.dec.ctu.edu.vn/cdrom/cd3/general%20aspects/introduc/les15/a1236.jpg

http://web.port.ac.uk/departments/economics/cemare/images/1Thaiintensive1.jpg

http://www.talaythai.com

http://www.crm.gov.mp

http://www.nrm.se/ev/images/ echinoderms/holatra.jpg

http://www.saltcorner.com/.../ seacucumbers/Hatra.jpg

http://www.bangkokhealth.com

http://www.fetonte.polesineinnovazione.it/images/foto/80.jpg

http://www.nicaonline.com/images/sp.jpg

http://www.afcd.gov.hk

http://www.reef.crc.org.au/.../ aboutreef/asiangreen.jpg

http://www.tech2u.com.au/~vals/images/halophila%20ovalis.jpg

http://www.lib.ru.ac.th/

http://www.surialink.com/HANDBOOK/Genera/reds/Gracilaria/Gracilaria.htm

http://e-info.org.tw/topic/fspecies/2001/fs011002012.jpg

http://www.inchinapinch.com/hab_pgs/marine/coral_reef/images/gracilar.jpg http://www.swan.ac.uk/biodiv/poole/images/Dyrynda%20Poole%20Hydrallmania%20falcata%20 WEB.JPG

http://www.kanchanapisek.or.th/kp8/cbr/cbr708.html - 4k

http://www.forest.go.th/park/sara/wetland/varied%20biology.htm - 14k

http://www.ku.ac.th/.../thaifish/ aqplant/aqpt051.html