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

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ความทนทานและการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*)

Tolerance and Response of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) on changing environmental conditions

สุวรรณา ภาณุตระกูล
นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร

ฝ ๖๐๐๒๕๔๑๐๑
13 ก.ย. 2561
379220
เริ่มบริการ
19 มิ.ย. 2562

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อภาษาไทย

ทำการศึกษาเปรียบเทียบความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้แก่ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่างและความขุ่นของกุ้งขาว (***Litopenaeus vannamei***) และกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ระยะ postlarva และระยะ juvenile โดยใช้เทคนิคการทดสอบความเป็นพิษแบบฉียบพลัน และก่ารวัดอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้ง พบว่า ค่า LC_{50} ของความเค็มของกุ้งขาว และกุ้งกุลาดำ ระยะ postlarva มีค่า 0.42 และ1.22 ppt ที่ช่วงความเค็มต่ำ และมีค่า 30.23 และ 32.42 ppt ที่ช่วงความเค็มสูง ส่วนค่า LC_{50} ของความเค็มของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำ ระยะ juvenile มีค่า 0.0.02 และ 0. 52 ppt ที่ช่วงความเค็มต่ำ และมีค่า 44.85และ 43.08 ppt ที่ช่วงความเค็มสูง ค่า LC_{50} ของความเป็นกรด-ด่างของกุ้งขาว และกุ้งกุลาดำ ระยะ postlarva มีค่า 4.96 และ4.56 ที่ช่วงความเป็นกรด-ด่างต่ำ และมีค่า 9.37 และ 8.71 ที่ช่วงความเป็นกรด-ด่างสูง ค่า LC_{50} ของความเป็นกรด-ด่างของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำ ระยะ juvenile มีค่า 5.11 และ5.70 ที่ช่วงความเป็นกรด-ด่างต่ำ และมีค่า 8.76 และ 9.51 ที่ช่วงความเป็นกรด-ด่างสูง การเปลี่ยนแปลงความเค็มและความเป็นกรด-ด่างมีผลทำให้อัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งทั้งสองชนิดที่ระยะ postlarva สูงกว่ากุ้งทั้งสองชนิดในระยะ juvenile ที่ทุกความเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่กุ้งกุลาดำที่ระยะ juvenile มีอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ต่ำกว่ากุ้งขาวที่ช่วงความเค็มสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากุ้งขาว และกุ้งกุลาดำความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม และความเป็นกรด-ด่างในช่วงที่กว้างมาก และมีแนวโน้มที่จะเจริญเติบโตได้ดีในระบบนิเวศลุ่มแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
สารบัญ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่ 1. บทนำ	1
บทที่ 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 3. วิธีดำเนินงานวิจัย	13
บทที่ 4. ผลการศึกษา	20
บทที่ 5. อภิปรายผล	45
เอกสารอ้างอิง	54

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่พิจารณาให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

การทำวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนอย่างดีจากภาควิชาวาริชศาสตร์ ผู้วิจัยขอขอบคุณหัวหน้าภาควิชาวาริชศาสตร์ ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวก จากเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวาริชศาสตร์ทุกท่าน และผู้ช่ายวิจัย คุณทัศวรรณ ขาวสีจาน เป็นอย่างดีทำให้การวิจัยดำเนินไปได้อย่างราบรื่น ผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

บทที่ 1
บทนำ

การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลทำรายได้ให้กับประเทศปีละไม่น้อยกว่า 30,000 ล้านบาท ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่เพาะเลี้ยงและส่งออกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ซึ่งเป็นกุ้งท้องถิ่นของไทย แต่เมื่อ3-4 ปีที่ผ่านมา ผู้ประกอบการประสบปัญหาในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ อาทิ การขาดแคลนพ่อแม่พันธุ์ โรคระบาด กุ้งแคระแกรนและ ราคาที่ตกต่ำ ผู้ประกอบการจึงหันมาสนใจที่จะเลี้ยงกุ้งชนิดใหม่ ที่มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับ สภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ดี กุ้งที่ได้รับความสนใจและมีการขยายพื้นที่การเลี้ยง อย่างรวดเร็วได้แก่กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ซึ่งเป็นกุ้งท้องถิ่นในบริเวณชายฝั่งตะวันออก ของมหาสมุทรแปซิฟิคจากประเทศแมกซิโก ถึงประเทศเปรู (Perez Farfante and Kensley, 1997)

ปริมาณการเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในปี พ.ศ. 2545-46 โดยการเลี้ยงกุ้งขาวนี้ เข้าไปใช้พื้นที่เดิมของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง มีการเลี้ยงกุ้งขาวคิดเป็นพื้นที่มากกว่า 50% ของพื้นที่เลี้ยงกุ้งทะเลเดิม ประกอบกับการเลี้ยงและการจัดการฟาร์มไม่มีการควบคุมเป็นพิเศษ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดการหลุดลอดของกุ้งทั้งในวัยอ่อนและตัวโตเต็มวัยลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศและชุมชนสิ่งมีชีวิตท้องถิ่น และเนื่องจากกุ้งขาวเป็นกุ้งที่มีความสามารถในการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี ดังนั้นกุ้งขาวที่หลุดลอดสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติจึงมีโอกาสในการตั้งประชากรในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ค่อนข้างสูง ซึ่งทำให้มีโอกาสที่กุ้งขาวจะเข้าไปมีบทบาท ในการเปลี่ยนแปลงในชุมชนสัตว์น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นจากการแก่งแย่งอาหาร การล่า นอกจากนี้ยังอาจจะเกิดการผสมข้ามสายพันธ์ระหว่างกุ้งขาวและกุ้งพื้นเมืองอื่นๆ ได้ ผลกระทบที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไรยังไม่สามารถที่จะประเมินได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพียงพอ ดังนั้นจึงควรจะต้องมีการศึกษาอย่างเร่งด่วนเพื่อโอกาสในการป้องกันปัญหาในระยะยาว

แม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำที่มีความสำคัญมากสายหนึ่งในบริเวณที่ลุ่มภาคกลาง เกิดจากการรวมตัวกันของแม่น้ำนครนายกและแม่น้ำปราจีนบุรี ซึ่งไหลมารวมตัวกันที่อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี แล้วไหลผ่านอำเภอบางน้ำเปรี้ยว อำเภอบางคล้า อำเภอเมือง อำเภอบ้านโพธิ์ และไหลสู่อ่าวไทยที่อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทราโดยมีความยาวประมาณ 122 กิโลเมตร (พรทิพย์ งานสกุล, 2535) ลำน้ำกว้างระหว่าง 100 ถึง 500 เมตร ความลึกเฉลี่ย 4 เมตร (พิชาญ สว่างวงศ์ และ คณะ, 2541) บริเวณสองฝั่งของแม่น้ำบางปะกง เป็นที่ตั้งของแหล่งชุมชน แหล่งเกษตรกรรม (81 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำ) และโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงสีข้าว โรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตรเช่นโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง (สุวรรณา ภาณุตระกูล และคณะ 2543)

แม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มและคุณภาพน้ำอื่นๆ ของมวลน้ำในรอบปี ในช่วงที่กว้างมาก โดยในช่วงฤดูฝนหรือช่วงน้ำหลากน้ำในแม่น้ำตลอดจนถึงบริเวณชายฝั่งทะเล มีความเค็มต่ำมากเข้าใกล้ศูนย์ เมื่อปริมาณน้ำฝนค่อยลดลง ความเค็มของน้ำในแม่น้ำจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากอธิพลของน้ำเค็มที่รุกเข้าไปในแม่น้ำ และผสมผสานกับมวลน้ำจืดในช่วงที่แล้งมากๆ สามารถพบน้ำที่มีความเค็มสูงถึง 10 psu ได้ที่บริเวณอำเภอบางขนาก ปริมาณออกซิเจนอยู่ในช่วงระหว่าง 2-8 mg/l ขึ้นอยู่กับสถานีและระยะเวลา ในขณะที่น้ำในแม่น้ำมีความขุ่นได้ตั้งแต่ 100 – 400 mg/l ความเป็นกรดด่างมีค่าระหว่าง 6 – 8 (สุวรรณา ภาณุตระกูล และคณะ 2543) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำเหล่านี้ย่อมจะมีผลต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตเนื่องจากมันต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป สิ่งมีชีวิตที่สามารถปรับตัวได้ก็จะสามารถดำรงชีพอยู่ได้ สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถปรับตัวได้ก็จะตายไป การปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมจำเป็นต้องใช้พลังงาน ในปริมาณมากซึ่งจะแสดงให้เห็นจากอัตราการบริโภคออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น แต่อัตราการเจริญเติบโตอาจจะไม่เพิ่มขึ้น (Walker et al., 1998) นอกจากนี้มักจะพบอัตราการขับแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเนื่องจากมี Metabolism เพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ความขุ่น และความเป็นกรด-ด่าง อย่างฉับพลัน ที่มีต่อการบริโภคออกซิเจนของกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาวา และระยะวัยรุ่น
2. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการบริโภคออกซิเจนระหว่างกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาวาและระยะวัยรุ่น ที่ความเค็ม ความขุ่น และความเป็นกรด-ด่าง ที่ระดับเดียวกัน
3. เพื่อใช้อัตราการบริโภคออกซิเจนเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพความเค็ม ความขุ่น และความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาวาและระยะวัยรุ่น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงผลการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ความขุ่นและความเป็นกรด-ด่างอย่างฉับพลันต่อการบริโภคออกซิเจนของกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาวาและระยะวัยรุ่น
2. ทำให้ทราบถึงระดับความเค็ม ความขุ่นและความเป็นกรด-ด่าง ที่มีเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาวาและระยะวัยรุ่น เพื่อเป็นประโยชน์ในการเพาะเลี้ยง
3. สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการศึกษาทางด้านสรีรวิทยาของกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาวาและระยะวัยรุ่น ต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำ เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ที่มีการจัดลำดับทางอนุกรมวิธานไว้ดังนี้

Phylum Arthropoda

Class Crustacea

Order Decapoda

Superfamily Penaeoidea

Family Penaeidae

Genus *Penaeus*

Species *monodon*

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Penaeus monodon* Fabricius 1798

ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ (FAO): Giant tiger prawn หรือ Black tiger prawn

ชื่อสามัญภาษาไทย: กุ้งกุลาดำ กุ้งกุลา กุ้งกะลา กุ้งเสือดำ กุ้งเสือ กุ้งลาย

ลักษณะทั่วไป

กุ้งกุลาดำเป็นกุ้งทะเลที่มีขนาดใหญ่ ขนาดที่ใหญ่ที่สุดอาจมีความยาวถึง 30 เซนติเมตร ลำตัวมีสีที่อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพแวดล้อม เช่น สีน้ำตาลเข้มแถบน้ำเงิน สีน้ำเงินแกมม่วง สีแดงคล้ำ สีม่วงหรือสีเทา บริเวณปล้องท้องจะมีแถบสีดำหรือเทาเข้มพาดขวางสลับกับสีขาว เปลือกหัวและลำตัวเกลี้ยงไม่มีขนปกคลุม หนวดมีสีดำและไม่มีลาย ฟันกรีด้านบนมี 7-8 ซี่ ด้านล่างมี 3 ซี่ ขาว่ายน้ำแต่ละอันมีปลายแยกเป็น 2 แฉก และมีสีน้ำตาลปนน้ำเงิน ส่วนโคนมีแต้มสีขาว ส่วนปลายมีขนสีแดงอยู่โดยรอบ ขาเดินมีสีแดงดำ มีสีขาวอยู่ประปราย ขาเดินคู่ที่ 5 ไม่มีเอกโซโพไดท์ (exopodite) หางไม่มีหนาม (spine) (นงนุช ลีลาปิยะนาถ. 2534)

แหล่งที่อยู่อาศัยและการแพร่กระจาย

กุ้งกุลาดำมีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวาง (Dall, 1957) สามารถพบได้ทั่วไปในน่านน้ำเขตร้อนและเขตอบอุ่น ได้แก่ แถบบริเวณน่านน้ำของไต้หวัน อินเดีย ฟิลิปปินส์ มาเลเซียและไทย สำหรับในประเทศไทยนั้น นงนุช ลีลาปิยะนาถ (2534) รายงานว่าจะพบกุ้งกุลาดำมากในแถบจังหวัดตราด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี สมุทรปราการ สมุทรสาคร สุราษฎร์-ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส สำหรับในฟิลิปปินส์ Motoh & Buri (1984) รายงานว่า แหล่งที่พบลูกกุ้งกุลาดำในฟิลิปปินส์จะอยู่ตามบริเวณน้ำกร่อยที่มีลักษณะพื้นเป็นทรายปนเลน โดยลูกกุ้ง

กุลาดำสามารถทนอยู่ได้ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและความเค็มที่แตกต่างกันมาก (euryhaline) ดีกว่ากุ้งในจีนัสเดียวกัน และบางครั้งอาจพบอยู่ในลำคลอง แม่น้ำ หรือบ่อเลี้ยงปลาน้ำกร่อย

กุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแวนนาไม เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ที่มีการจัดลำดับทางอนุกรมวิธานไว้ดังนี้

Phylum Arthropoda

Class Crustacea

Order Decapoda

Superfamily Penaeoidea

Family Penaeidae

Genus *Penaeus Litopenaeus*

Species *vannamei*

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Litopenaeus vannamei* Boone, 1931

ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ (FAO): Whiteleg shrimp

ชื่อสามัญภาษาไทย: กุ้งขาว กุ้งขาวแวนนาไม กุ้งขาวแปซิฟิก

ลักษณะทั่วไป

กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งทะเลที่มีขนาดใหญ่เช่นเดียวกับกุ้งกุลาดำ ขนาดตัวโตที่สมบูรณ์เต็มที่ของกุ้งชนิดนี้จะมีขนาดที่เล็กกว่ากุ้งกุลาดำเล็กน้อย ลำตัวมีสีขาวเกลี้ยงไม่มีขนปกคลุม หนวดสีแดงและไม่มีลาย กรีมีลักษณะยาวตรง ไม่เป็นสามเหลี่ยม ฟันกรีด้านบนมี 8-9 ซี่ ด้านล่างมี 2 ซี่ ร่องบนกรีมองเห็นได้ชัด ขาเดินมีสีขาว โคนขาว่ายน้ำมีสีขาว ส่วนปลายมีสีแดง หางไม่มีหนาม

แหล่งที่อยู่อาศัยและการแพร่กระจาย

กุ้งขาวแวนนาไมเป็นเป็นกุ้งทะเลในสายพันธุ์กลุ่มกุ้งขาวแปซิฟิก พบแพร่กระจายตามชายฝั่งของมหาสมุทรแปซิฟิกทางด้านตะวันตกของประเทศในกลุ่มลาตินอเมริกัน ตั้งแต่ทางใต้ของประเทศเปรูจนถึงทางเหนือของประเทศเม็กซิโก กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่มีความแข็งแรง เจริญเติบโตรวดเร็ว มีความต้านทานโรคสูง และทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ในช่วงกว้าง จึงทำให้มีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ เช่นสหรัฐอเมริกา เม็กซิโก กัวเตมาลา นิคารากัว คอสตาริกา ปานามา เอควาดอร์ เปรู และโคลัมเบีย สำหรับประเทศไทยนั้น กุ้งขาวถูกนำเข้ามาเพาะเลี้ยงเป็นครั้งแรกในปี 2541 แต่ไม่ประสบความสำเร็จมากนัก จนกระทั่งปี 2545 กรมประมงได้อนุญาตให้นำพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวที่ปลอดเชื้อจากต่างประเทศเข้ามาทดลองเลี้ยง โดยสามารถทำการเพาะฟัก ให้วางไข่และอนุบาลในบ่อคอนกรีตได้เช่นเดียวกับกุ้งกุลาดำ ซึ่งเป็น

ช่วงเดียวกันกับที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในประเทศไทยกำลัง ประสบปัญหาการเลี้ยงไม่โตหรือโตช้า ปัจจุบันเกษตรกรบางส่วนจึงได้หันมาทดลองเลี้ยงกุ้งขาว และพบว่ากุ้งขาวสามารถเลี้ยงได้ดี เป็นกุ้งที่มีความแข็งแรง มีความต้านทานโรคสูง และทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ในช่วงกว้าง ได้ผลผลิตสูง ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้น ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่ากุ้งกุลาดำ

ความเค็มของน้ำกับความทนทานของกุ้ง

ความเค็มของน้ำ หมายถึงปริมาณเกลือแร่ต่างๆที่ละลายอยู่ในน้ำในลักษณะของไอออน มีหน่วยคิดเป็นน้ำหนักของเกลือแร่เป็นกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำ หรือ ส่วนในพันส่วน (part per thousand, ppt) แร่ธาตุหลักของน้ำทะเล คือ คลอไรด์ (Cl^-) ซัลเฟต (SO_4^-) ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) โซเดียม (Na^+) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) แคลเซียม (CA^{2+}) และโปแตสเซียม (K^+)

ความเค็มของน้ำจะมีค่าแตกต่างกันไปแล้วแต่สถานที่ ในด้านการประมงมีผู้แบ่งประเภทของน้ำออกตามระดับความเค็มดังนี้

น้ำจืด มีค่าความเค็มระหว่าง 0-0.5 ppt

น้ำกร่อย มีค่าความเค็มระหว่าง 0.5-30 ppt

น้ำเค็ม มีค่าความเค็มมากกว่า 30 pp

ความเค็มของน้ำ มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตและเกี่ยวข้องกับการปรับสมดุลในร่างกาย เช่น ไอออนของคลอไรด์ โซเดียม และโปแตสเซียม ทำหน้าที่รักษาสมดุลของแรงดันออสโมติก แมกนีเซียมไอออนช่วยกระตุ้นการทำงานที่มีผลต่อการเผาผลาญสารอาหาร ส่วนแคลเซียมเป็นส่วนประกอบหลักของโครงร่างภายนอก (ประจวบ หลำอุบล, 2530)

ความสามารถในการปรับตัวของสัตว์น้ำให้เข้ากับสภาพความเค็มที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

-ออสโมคอนฟอร์เมอร์ (osmoconformer) ส่วนใหญ่จะพบในกลุ่มสัตว์ที่อาศัยในทะเลเปิด พวกนี้จะมีความเข้มข้นของน้ำในร่างกายแปรเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อม โดยจะไม่สามารถควบคุมสมดุลย์ของน้ำในร่างกายให้คงที่ได้

-ออสโมเรกูเลเตอร์ (osmoregulator) ส่วนใหญ่จะพบในกลุ่มสัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณปากแม่น้ำที่มีน้ำกร่อย หรือบริเวณเขตน้ำขึ้น- น้ำลง พวกนี้มีความสามารถในการรักษาความเข้มข้นของน้ำและเกลือแร่ในร่างกายให้คงที่ในระดับหนึ่ง ซึ่งแตกต่างจากสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Bishop et al., 1980)

กุ้งในกลุ่ม Penaeid ที่อาศัยอยู่ในธรรมชาตินั้นจัดเป็นพวก ออสโมเรกูเลเตอร์(Wickins, 1976) ในกรณีที่น้ำในนากุ้งมีความเค็มสูงกว่าความเค็มของเลือดในตัวกุ้ง น้ำภายในตัวกุ้งจะซึมซับออกจากตัวกุ้งอยู่ตลอดเวลา ทำให้กุ้งสูญเสียน้ำจนกุ้งมีชีวิตอยู่ไม่ได้ แต่กุ้งจะแก้ปัญหาโดยวิธีดื่มน้ำเค็มเข้าทางปาก น้ำจืดส่วนหนึ่งจะถูกดึงกลับเข้าไปทดแทนในร่างกายทำให้กุ้งมีชีวิตอยู่ได้

ส่วนในกรณีที่น้ำในนากุ้งมีความเค็มต่ำกว่าความเค็มในเลือดกุ้ง กุ้งจะมีปัญหาที่ตรงกันข้ามกับกรณีแรก คือน้ำจากภายนอกจะไหลเข้าในตัวกุ้ง ทำให้เลือดภายในตัวกุ้งจืดจาง ถ้ากุ้งไม่สามารถแก้ปัญหาการเจือจางของเลือดได้กุ้งก็จะตายในที่สุด ซึ่งในกรณีหลังนี้กุ้งจะต้องขับน้ำส่วนเกินออกจากร่างกาย เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของเลือดให้คงที่ ทำให้กุ้งมีชีวิตอยู่ได้

ธานี พูนดีและคณะ (2532) การทดลองครั้งนี้ได้มีขึ้นเพื่ออนุบาลลูกกุ้งกุลาดำระยะ P15 ในน้ำที่มีระดับความเค็มต่างๆ กัน คือมีระดับความเค็ม 0 ppt (น้ำจืด) , 5 ppt, 10 ppt, 15 ppt และ 20 ppt เพื่อดูว่ากุ้งกุลาดำสามารถเจริญเติบโตได้หรือไม่ในระดับความเค็มดังกล่าว จากการทดลองอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำในระดับความเค็มต่างๆกัน ที่ระดับความเค็ม 0 ppt, 5 ppt, 10 ppt, 15 ppt, 20 ppt ทำการทดลอง 3 ซ้ำกุ้งที่นำมาทดลองที่น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.009 กรัม ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 1.20 เซนติเมตร อายุ P15 บ่อ ทำการปล่อยกุ้งในอัตราบ่อละ 1,000 ตัว จำนวน 15 บ่อ มีอากาศหมุนเวียนตลอดเวลา จากการทดลองอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำที่ระดับความเค็มต่างๆกัน ผลการทดลองตลอดการทดลอง 4 สัปดาห์ จะเห็นว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยความเค็ม 0 ppt หรือน้ำจืด จะตายหมดภายใน 6 ชั่วโมง ส่วนระดับความเค็มที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกกุ้งคือ 20 ppt

สมประสงค์ ขันถม (2539) ทดลองในความเค็ม 0 (น้ำจืด) 1, 3 และ 5 ppt ในตู้กระจก ระยะเวลาทดลอง 20 วัน ได้ผลดังนี้ ที่ความเค็ม 0 ppt (น้ำจืด) เมื่อครบ 11 วัน กุ้งตาย 100% ที่ความเค็ม 1 ppt เมื่อครบ 11 วัน กุ้งตายสะสมเฉลี่ย 13.3% และเมื่อครบ 18 วันกุ้งตายสะสม 100% ที่ความเค็ม 3 ppt เมื่อครบ 11 วัน กุ้งตายสะสมเฉลี่ย 13.3% และเมื่อครบ 18 วันกุ้งตายสะสม 53.3% และเมื่อครบ 20 วัน กุ้งตายสะสมเท่าเดิม 53.3% หรืออัตรารอด 46.7% ที่ความเค็ม 5 ppt เมื่อครบ 11 วัน ไม่มีกุ้งตายและเมื่อครบ 18 วันมีกุ้งตายสะสม 6.7% เมื่อครบ 20 วัน ไม่มีกุ้งตายสะสมอีกเลย หรืออัตรารอด 93.3%

ไกลวัล แผ้วฉ่ำ (2535) ได้ศึกษาอิทธิพลของความเข้มแสงและความเค็ม จากการศึกษาอิทธิพลของความเค็ม 4 ระดับคือ 5, 10, 20 และ 30 ppt ที่มีต่อกุ้งกุลาดำระยะโพสลาวาร์ 15 เป็นเวลา 28 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt มีการเจริญเติบโตทั้งในด้านน้ำหนักตัวเฉลี่ยและความยาวตัวเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายดีที่สุดและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ จากกุ้งที่เลี้ยงในความเค็ม 5, 10 และ 30 ppt

อิทธิพลของความเค็มที่มีต่อการใช้ออกซิเจนของสัตว์ทะเลนั้น มีความเกี่ยวพันกับอิทธิพลของกิจกรรมและปัจจัยในร่างกายที่มีอิทธิพลร่วมกับสิ่งแวดล้อมภายนอกเช่น อุณหภูมิ (Newell, 1979) การเพิ่มอัตราการใช้ออกซิเจน จะเกิดขึ้นภายใต้สภาวะที่มีความเครียดจากความเค็ม ทำให้การใช้พลังงานของร่างกายเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม เนื่องจากการเพิ่มการใช้พลังงานในขบวนการควบคุมสมดุลย์ของน้ำในร่างกาย (Loft, 1956) จารุวัฒน์ และสมนึก (2532) ได้รายงานว่า อัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำจะเพิ่มขึ้นในระดับความเค็มต่ำประมาณ 10-20 ส่วนในพัน ที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับ

Kuwabara *et al* (1985) ศึกษาเกี่ยวกับ อิทธิพลของความเข้มข้นออกซิเจนในน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ออกซิเจนในลูกกุ้งกุลาดำขนาด 10-18 กรัม โดยทำการทดลองที่ความเค็ม 10,20 และ30 ส่วนในพัน ที่อุณหภูมิ 20 และ30 องศาเซลเซียส ผลการทดลอง พบว่า ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความเค็มและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่มีผลต่ออัตราการใช้ออกซิเจน โดยอัตราการบริโภคออกซิเจนมีค่าเท่ากับ 0.15 มิลลิลิตรออกซิเจนต่อกรัมต่อชั่วโมง ส่วนที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ระดับความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์อิ่มตัว ลูกกุ้งจะมีการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นเป็น 0.3-0.4 มิลลิลิตรออกซิเจนต่อกรัมต่อชั่วโมง และที่ความเค็ม 10 ส่วนในพัน อัตราการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นเป็น 0.5 มิลลิลิตรออกซิเจนต่อกรัมต่อชั่วโมงของอัตราที่ใช้ในระดับความเค็ม 20 และ 30 ส่วนในพัน ดังนั้นจะเห็นว่าความเค็มมีผลกระทบต่อการใช้ออกซิเจนเมื่อความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกว่าจุดอิ่มตัว แต่ผลกระทบดังกล่าวนี้มีอิทธิพลน้อยกว่าผลกระทบจากอุณหภูมิ โดยพบว่าการใช้ออกซิเจนที่ 30 องศาเซลเซียสจะมีค่าเป็น 2 เท่าที่ 20 องศาเซลเซียส นั่นคือถ้าความเค็มต่ำลงและอุณหภูมิสูงขึ้นจะพบว่า การใช้ออกซิเจนจะมีค่าสูงขึ้นในกุ้งหลายชนิดเช่น กุ้งกุลาดำ กุ้งตะกาด โดยกุ้งที่มีขนาดเล็กจะมีการใช้ออกซิเจนสูงกว่ากุ้งขนาดใหญ่เมื่อเทียบต่อหน่วยน้ำหนักตัวที่เท่ากัน โดยทั่วไปแล้ว ขนาดกุ้งและอุณหภูมิจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบโดยตรงต่อการใช้ออกซิเจน ส่วนความเค็มต่อขนาดและความเค็มต่ออุณหภูมิ เป็นเพียงอิทธิพลร่วมเท่านั้น (Bishop et al, 1980)

การปรับตัวโดยการเพิ่มหรือลดการบริโภคออกซิเจนเมื่อระดับความเค็มเปลี่ยนแปลงไปแสดงให้เห็นว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนของสัตว์ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหรือระดับความเค็มที่สัตว์นั้นๆ เคยอาศัยอยู่ Rao (1958) พบว่ากุ้งตะกาด (*Metapenaeus monoceros*) กลุ่มที่อยู่ในทะเลมาก่อนจะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มลดลงเป็น 16 และ 8 ส่วนในพัน ส่วนกลุ่มที่อาศัยในน้ำกร่อยนั้น อัตราการบริโภคออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นก็ต่อเมื่อความเค็มลดลงไปจนเป็นน้ำจืด และเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มขึ้นสูงเป็น 33 ส่วนในพัน ซึ่งเป็นระดับความเค็มของน้ำทะเลปกติ ความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งทั้ง 2 กลุ่มนี้ Rao (1958) สันนิษฐานว่าเกิดจาก การที่กุ้งแต่ละกลุ่มมีความสามารถในการควบคุมสมดุลย์ของน้ำในร่างกายต่างกัน

ความเป็นกรด-ด่าง กับการบริโภคออกซิเจนของกุ้ง

ความเป็นกรด (Acidity) ของน้ำหมายถึง ความสามารถในการรองรับ (Carrying Capacity) ไฮดรอกไซด์ (OH^-) หรือความสามารถในการทำให้น้ำมีสภาพเป็นกลางเมื่อมีการเติมด่าง ดั้งนั้นความเป็นกรดของน้ำจึงเกิดได้จากการมีอยู่ของโปรตรอน (H^+) ซึ่งอาจเกิดจากการแตกตัวของน้ำดังสมการที่ 1

$$H_2O \longleftrightarrow H^+ + OH^- \qquad \text{.....(1)}$$

ค่าความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) หมายถึง ความสามารถในการรองรับโปรตรอนหรือไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของน้ำที่มีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ น้ำที่มีอัคคาลินิตี้สูงหรือมีค่าความเป็นด่างสูงมักจะมี ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงด้วย และมักจะมีสารต่างๆละลายอยู่มาก อัคคาลินิตี้ยังทำหน้าที่ในการควบคุมความเป็นกรด-ด่างของน้ำด้วย ไอออนที่มีความสามารถในการรองรับโปรตรอน(H^+) ที่สำคัญในแหล่งน้ำได้แก่ OH^-, HCO_3^-, และ CO_3^{2-} โดยโปรตรอนทำปฏิกิริยากับ ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ได้เป็นน้ำ กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) และไบคาร์บอเนตตามลำดับดังสมการที่ 2-4 (สุวรรณา ภาณุตระกูล, 2547)

$$H^+ + OH^- \longleftrightarrow H_2O \quad \text{.....(2)}$$

$$HCO_3^- + H^+ \longleftrightarrow H_2CO_3 \quad \text{.....(3)}$$

$$CO_3^{2-} + H^+ \longleftrightarrow HCO_3^- \quad \text{.....(4)}$$

ความเป็นกรด-ด่าง หรือค่าพีเอช (pH) ของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญในสภาพแวดล้อมที่สัตว์น้ำอยู่อาศัย ค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำจะอยู่ระหว่าง 6.5-9.0 ค่าพีเอชที่ต่ำและสูงเกินไปสามารถทำให้สัตว์น้ำตายและเกิดความเครียด สัตว์น้ำแต่ละชนิดทนต่อค่าพีเอชได้แตกต่างกัน สัตว์ทะเลทนต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอชได้น้อยกว่าสัตว์น้ำจืด โดยช่วงพีเอชที่เหมาะสมสำหรับสัตว์ทะเลอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 ส่วนสัตว์น้ำกร่อยทนต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอชได้ค่อนข้างดีกว่าสัตว์น้ำจืดและสัตว์ทะเล

นอกจากนี้ความเป็นกรด-ด่างมีผลทางอ้อมของต่อคุณภาพน้ำด้านอื่นๆ เช่นมีผลต่อการแสดงออกของความเป็นพิษของ แอมโมเนีย และ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น สัดส่วนของแอมโมเนียในรูปที่ไม่มีประจุ (NH_3) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำจะเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นสัดส่วนของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ไม่มีประจุจะลดลง นอกจากนั้นค่าพีเอชยังมีอิทธิพลต่อความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ในแหล่งน้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำ ค่าพีเอชจะไม่ลดต่ำลงจนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ แต่พีเอชที่ต่ำจะไปลดฟอสฟอรัสในรูปอนินทรีย์ และคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช แหล่งน้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำจึงต้องมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น (นิคม ละอองศิริวงษ์ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, 2546)

น้ำที่มีพีเอชสูง จะเกิดก๊าซพิษเพิ่มมากขึ้นเป็นอุปสรรคต่อการเจริญของสัตว์น้ำ การเจริญเติบโตจะลดลง ความต้านทานต่อสารพิษต่ำ พิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ทองแดงและโลหะหนักจะรุนแรงถ้าพีเอชต่ำลง น้ำที่เป็นกรดจะทำให้ผลผลิตต่ำ สัตว์น้ำจะอ่อนแอ ไม่กินอาหาร เป็นโรค และมีพยาธิเบียดเบียนได้ง่าย ถ้าพีเอชต่ำลงถึง 4 สัตว์น้ำอาจถึงตาย น้ำที่เป็นกรดสามารถแก้ไขได้ด้วยการใส่ปูนขาว ($CaCO_3$) สำหรับปูนเผา (CaO) หากทำปฏิกริยากับน้ำจะ

เปลี่ยนเป็น $Ca(OH)_2$ ในทางเพาะเลี้ยงถือว่าเป็นปูนขาวทั้ง 3 ชนิด เป็นวัตถุประสานซึ่งประดิษฐ์จากหิน ธาตุปูนหรือเปลือกหอย) น้ำที่เป็นกรดและมีสีแดงทำให้เป็นกลางได้ง่ายด้วยการใส่ปูนขาว แต่น้ำที่เป็นกรดเนื่องจากกรดกำมะถันทำให้เป็นกลางได้ยาก น้ำที่มีแคลเซียมบนอยู่มากถ้าใส่ปุ๋ยฟอสเฟตจะได้ผลยากมาก เพราะฟอสเฟตจะตกตะกอนเป็นแคลเซียมฟอสเฟต เมื่อใส่ปูนขาวลงไปจะพบว่ามีธาตุเหล็กตกตะกอนอยู่ตามก้นบ่อ ปรากฏการณ์ที่น้ำเป็นด่าง จะพบเห็นได้น้อยกว่า (บรรจง เทียนส่งรัศมี, 2542)

การเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น คุณสมบัติของดิน ความเป็นด่างของน้ำ (alkalinity) โดยทั่วไปพีเอชของน้ำในรอบวันไม่ควรแตกต่างมากกว่า 0.5 การเปลี่ยนแปลงพีเอชในรอบวันมากเกินไปมีผลทำให้กุ้งเครียด ส่งผลต่อการเจริญเติบโตด้วย การแก้ไขปัญหาโดยลดปริมาณแพลงก์ตอนหรือการถ่ายน้ำมากขึ้นเพื่อลดความเข้มของสีน้ำ หรือกรณีที่ค่าอัลคาไลน์ในน้ำต่ำจำเป็นต้องมีการเติมวัสดุปูน เพื่อเพิ่มระดับค่าอัลคาไลน์จะทำให้พีเอชของน้ำเปลี่ยนแปลงน้อยลง

โดยปกติแล้วค่าพีเอชในบ่อกุ้งมักจะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก เพราะน้ำทะเลมีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 7.8-8.3 ซึ่งกุ้งสามารถมีชีวิตอยู่ได้ แต่ถ้าพีเอชของน้ำต่ำกว่า 6.4 กุ้งจะโตช้าและเริ่มปรากฏการตายให้เห็น กุ้งที่อาศัยอยู่ในน้ำที่มีระดับพีเอชสูงจะ ทำให้กุ้งเสียสมดุลของปริมาณโซเดียม (sodium) ในตัวไป ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการดึงปริมาณแคลเซียมจากน้ำเข้าตัวกุ้งได้ช้าลง และยังเป็นสาเหตุให้การขับปริมาณแมกนีเซียม (magnesium) ออกจากตัวกุ้งได้น้อยลงด้วย จึงเป็นสาเหตุให้กุ้งตาย (คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2524)

ยนต์ มุสิก (2532) จากผลการทดลองผลกระทบเฉียบพลันของ ความเป็นกรด-ด่าง ที่เป็นกรดของน้ำต่อกุ้งแชบ๊วยและกุ้งกุลาดำ ภายในระยะเวลา 96 ชั่วโมง กุ้งแชบ๊วยขนาด 0.015, 0.52 และ 2.20 กรัมและกุ้งกุลาดำขนาด 0.018, 0.70 และ 6.22 กรัม ตายหมด 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 3 และ รอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง 5 ที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง 4 กุ้งกุลาดำขนาด 0.018 กรัมและกุ้งแชบ๊วยขนาด 0.015 และ 0.52 กรัม ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กุ้งกุลาดำขนาด 0.73 กรัม และ 6.22 กรัม และกุ้งแชบ๊วยขนาด 2.20 กรัม รอดตาย 30, 80 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การทดลองผลกระทบระยะยาวของ ความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกรด โดยใช้กุ้งแชบ๊วยขนาด 0.018 กรัม และกุ้งกุลาดำขนาด 0.021 กรัมที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง 5 และ 6 ปรากฏว่าที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง 5 กุ้งแชบ๊วยตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 7 วัน และกุ้งกุลาดำตายหมด 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 33 วัน ที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง 6 ทั้งอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งแชบ๊วยลดลงมากอย่างเห็นได้ชัด โดยแตกต่างกับค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งในกลุ่มควบคุมอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในน้ำที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง 6 มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่มีอัตรารอดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

Swingle (1969) พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำต่ำกว่า 5 สัตว์น้ำอาจสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้แต่มีการเจริญเติบโตต่ำ และหากอาศัยอยู่ในสภาวะที่มี ค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 0.3-1 สัตว์น้ำดังกล่าวจะทนอยู่ได้ในระยะเวลาหนึ่งและตายลง ขณะที่ถ้าอาศัยอยู่ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 0.3 จะตายในระยะเวลาอันสั้น นอกจากนี้ Allan และ Maquire (1992) ได้ทดลองพบว่าน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.7 จะทำให้กุ้งกุลาดำวัยรุ่นตาย 50% ภายใน 96 ชั่วโมง

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ (2530) ได้รายงานในเอกสารวิชาการเรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืดว่า ในภาวะน้ำเป็นกรด ความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.0 ลงไปจะทำให้ปลาตาย, Fast (1983) รายงานว่าความเป็นกรด-ด่าง 4.5-5.0 นี้เป็นขีดจำกัดล่างของการรอดตายของสัตว์น้ำ , Falk and Dunson (1976) รายงานว่า สัตว์น้ำจะตายภายใน 24 ชั่วโมง เมื่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำอยู่ในระดับ 3.15-3.50 , Lloyd and Sodan (1964) รายงานผลการวิจัยเกี่ยวกับอันตรายของความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำที่มีต่อสัตว์ในระยะเวลานานว่า ในระดับความเป็นกรด-ด่าง 5.0 ก็จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ในระยะเวลา 3 เดือน

Chen and Lin (1995) ได้ศึกษาการตอบสนองการบริโภคออกซิเจน การขับ ammonia-N และการขับ urea-N ของ *Penaeus chinensis* ต่อแอมโมเนียรอบๆ ตัว ที่ความเค็มและพีเอชต่างๆ พบว่า การบริโภคออกซิเจนเพิ่มขึ้นเมื่อมีแอมโมเนียอยู่รอบตัว 0-10 mg/l แต่เมื่ออยู่ในความเค็มช่วง 10-30 ppt และพีเอชระหว่าง 7.0-8.5 การบริโภคออกซิเจนจะ ลดลง การขับ urea-N และการขับ nitrite-N ของกุ้งเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็ม พีเอช และแอมโมเนียรอบๆ ตัวเพิ่มขึ้น ในขณะที่การขับ ammonia-N จะลดลงเมื่อความเค็ม พีเอช และแอมโมเนียรอบๆ ตัวเพิ่มขึ้น ที่พีเอชสูงกุ้งจะมีการขับ urea-N มากกว่าที่พีเอชต่ำ

Lemonnier *et al.* (2004) ได้ศึกษาอิทธิพลของลักษณะตะกอนที่มีต่อสรีรวิทยาของกุ้ง โดยศึกษาจากผลของพีเอช พบว่า ถ้าพีเอชลดลงอยู่ในช่วง 6.5-7.0 ค่าแรงดันออสโมติค (osmotic pressure) จะลดลงอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ซึ่งสามารถนำไปหาค่าความเครียดที่มีสาเหตุมาจากตะกอนในฟาร์มกุ้งได้

Yanfang and Shichun (2005) ได้ศึกษาผลของความเค็ม อุณหภูมิ และพีเอชต่อการรอดของ nemertean (*Procephalothrix simulus* Iwata, 1952) พบว่า nemertean สามารถอยู่รอดที่พีเอช 5.0-9.2 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และที่ความเค็ม 31 ppt

ความขุ่นกับการบริโภคออกซิเจนของกุ้ง

ความขุ่นของน้ำ หมายถึง ความสามารถของน้ำที่สกัดกั้นหรือดูดซับปริมาณแสงที่ส่องผ่านไว้ได้ ความขุ่นของน้ำแสดงให้เห็นว่าน้ำมีสารแขวนลอย (suspended and colloidal matter)

อยู่มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะขัดขวางไม่ให้แสงสว่างส่องลงไปได้ลึก โดยสารเหล่านี้จะสะท้อนหรือดูดซับเอาแสงไว้ ดังนั้นการวัดความขุ่นของน้ำจึงเป็นการวัดความเข้มข้นของแสงที่ลดลงเนื่องจากสารแขวนลอยดังกล่าว สิ่งที่ทำให้น้ำเกิดความขุ่น ได้แก่ พวกอินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาดระหว่าง 1-10 ไมครอนโดยปรากฏอยู่ในลักษณะของสารแขวนลอย เช่น อนุภาคของดิน ทราย หรือสารอื่นๆ แพลงก์ตอน แบคทีเรีย ตลอดจนแร่ธาตุต่างๆ

การวัดความขุ่นของน้ำโดยตรงมักใช้เครื่องมือสำหรับวัดความขุ่นคือ เนฟีโลมิเตอร์ (Nephelometer) ซึ่งอาศัยหลักการหักเหของแสงเมื่อกระทบอนุภาคต่างๆ ที่แขวนลอยในน้ำ หน่วยในการวัดเป็น NTU (Nephelometric Turbidity Units) น้ำธรรมชาติจะมีความขุ่นอยู่เสมอ น้ำใสจะมีค่าความขุ่นไม่เกิน 25 หน่วย น้ำขุ่นปานกลางมีค่าความขุ่นระหว่าง 25–100 หน่วย และน้ำขุ่นมากจะมีค่าความขุ่นเกิน 100 หน่วยขึ้นไป

สำหรับปริมาณสารแขวนลอยนิยมวัดเป็นน้ำหนักในรูปของมิลลิกรัมต่อลิตร แหล่งน้ำที่ให้ผลผลิตทางการประมงที่ดีควรจะมีค่าปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วงระหว่าง 25-80 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ถ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 80-400 มิลลิกรัมต่อลิตรจะให้ผลผลิตลดลง และถ้ามากเกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไปจะเลี้ยงไม่ได้ผล

ความขุ่นของน้ำรวมทั้งสารแขวนลอยในน้ำที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำคือ

1. ลดผลผลิตขั้นต้น น้ำที่มีความขุ่นมากจะขัดขวางไม่ให้แสงส่องลงไปในน้ำเป็นการจำกัดปฏิกิริยาสังเคราะห์แสงที่เกิดจากแพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นผลผลิตขั้นต้นทำให้ปริมาณอาหารธรรมชาติในแหล่งน้ำลดลง

2. เป็นอันตรายต่อระบบหายใจของสัตว์น้ำ น้ำที่มีปริมาณสารแขวนลอยมากจะขัดขวางการทำงานของช่องเหงือกทำให้การหายใจติดขัด

3. ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำที่มีความขุ่นมากจะมีการดูดซับความร้อนที่บริเวณผิวน้ำทำให้อุณหภูมิสูงกว่าปกติ จึงเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำโดยตรง นอกจากนี้ยังมีผลต่อปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำด้วย น้ำที่มีสารแขวนลอยอยู่มากจะสามารถรับปริมาณออกซิเจนได้น้อยกว่าน้ำที่ใสกว่า

4. ชะงักการเจริญเติบโต น้ำที่มีความขุ่นมีปริมาณอนินทรีย์สารในระดับสูง ทำให้การดูดซับแลกเปลี่ยนสารจากภายในและภายนอกของไข่ปลาในขณะที่ฟักตัวชะงัก และทำให้สัตว์น้ำกินอาหารได้น้อยลง มีผลให้การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างเชื่องช้า นอกจากนี้ยังทำให้การฟักเป็นตัวของไข่และการเจริญเติบโตของตัวอ่อนหยุดชะงักหรือช้าลงและลดความต้านทานต่อโรคต่างๆ เป็นต้น

5. ผลต่อการเคลื่อนไหว การอพยพย้ายถิ่น การหาอาหาร และการล่าเหยื่อของสัตว์น้ำลดประสิทธิภาพลง เมื่อน้ำมีความขุ่นมาก แต่ในทางตรงกันข้ามอาจจะเป็นผลดีแก่สัตว์น้ำขนาดเล็กๆ ที่เป็นเหยื่อสามารถรอดพ้นจากศัตรูได้

อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำแต่ละชนิดมีความทนทานต่อระดับความขุ่นแตกต่างกัน อีกทั้งชนิดและปริมาณของสารแขวนลอยก็จะแตกต่างกันไปตามสถานที่ ดังนั้นผลที่เกิดจากความขุ่นของน้ำจึงอาจแตกต่างกันไปด้วย

ไมตรีและจารุวรรณ (2528) กล่าวว่าความขุ่นของน้ำแสดงให้เห็นว่าน้ำมีสารแขวนลอย อยู่มากน้อยเพียงใด สิ่งที่ทำให้เกิดน้ำขุ่นได้แก่ พวกอินทรีย์สารและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาด 1-10 ไมครอน ผลของความขุ่นของน้ำรวมทั้งสารแขวนลอยอาจจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น น้ำที่มีความขุ่นมากจะทำให้ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชลดลง ทำให้ผลผลิตขั้นต้น (primary productivity) สารแขวนลอยอาจทำอันตรายต่อสัตว์น้ำโดยตรง โดยตะกอนจะเข้าไปอุดช่องเหงือกทำให้การหายใจติดขัด การเจริญเติบโตช้าลงกว่าปกติ การหาอาหารและการล่าเหยื่อของสัตว์น้ำมีประสิทธิภาพลดลง

Chiba *et al* ทำการศึกษาการตอบสนองต่อความขุ่น ในกุ้ง Pandalid ที่ระดับความขุ่น 4 ระดับคือ 0, 200, 1,000 และ 1,800 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ระดับความขุ่น 200, 1,000 และ 1,800 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณตะกอนสารแขวนลอยอุดตามช่องเหงือกอย่างหนาแน่น

สำหรับค่าปริมาณสารแขวนลอยที่เหมาะสำหรับทำการประมงควรอยู่ระหว่าง 28-80 มิลลิกรัม/ลิตร ถ้ามากเกิน 400 มิลลิกรัม/ลิตร จะเลี้ยงปลาไม่ได้ผล (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และคณะ, 2528) ส่วนความขุ่นที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำนั้นสามารถ สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลกระทบของปริมาณสารแขวนลอยระดับต่างๆที่มีต่อกุ้งกุลาดำ (ดัดแปลงจากฝ่ายวิจัยและพัฒนา บริษัท ออลเวท จำกัด, ม.ป.ป.)

ปริมาณสารแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ระดับผลกระทบ
น้อยกว่า 25	ไม่มีผลกระทบ
20-80	ปริมาณที่เหมาะสม
80-400	มีผลกระทบเล็กน้อยต่อเหงือก การหายใจ และการระบายอากาศ
มากกว่า 400	มีผลกระทบมากต่อเหงือก การหายใจ การระบายความร้อน และการกินอาหาร

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1. การศึกษาเปรียบเทียบความทนทานของกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวา ต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม และความเป็นกรด-ด่าง

นำลูกกุ้งกุลาดำ และลูกกุ้งขาววัยอ่อนระยะโพสต์ลาวา (postlarva) ที่อยู่ในช่วง P_{10}-P_{15} กุ้งในระยะนี้จะมีความยาวลำตัวประมาณ 10-15 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักอยู่ในช่วงประมาณ 0.01-0.03 กรัม มาพักไว้ในถังไฟเบอร์กลาส และปรับสภาพ (Acclimate) ให้อยู่ในน้ำที่มีความเค็ม 25 ppt เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชม. ก่อนจะถูกนำมาใช้ในการทดลอง ระหว่างการปรับสภาพ ลูกกุ้งจะได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง และถูกอดอาหารเป็นระยะเวลา 24 ชม. ก่อนจะถูกนำมาใช้ในการทดลอง

การเตรียมน้ำที่ระดับความเค็ม ต่างๆ สำหรับการทดลอง โดยนำน้ำทะเลซึ่งมีความเค็มประมาณ 30 ppt มาทำการฆ่าเชื้อด้วย $Ca(OCl)_2$ (Calcium Hypochlorite) ที่มีความเข้มข้นประมาณ 30 ppm ทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์เพื่อให้คลอรีนสลายตัวหมด จากนั้นนำน้ำทะเลดังกล่าวมาทำการเจือจางด้วยน้ำจืดที่ปราศจากคลอรีน และทำให้เข้มข้น (concentrate) ด้วยการเติมเกลือแกงให้อยู่ในระดับความเค็มที่ต้องการ 9 ระดับ คือ 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 5 และ 0 ppt

เตรียมภาชนะใส่น้ำแต่ละความเค็มปริมาตร 250 ml ความเค็มละ 10 ซ้ำ สำหรับกุ้งแต่ละชนิด นำลูกกุ้งกุลาดำ และลูกกุ้งขาววัยอ่อนระยะโพสต์ลาวา (postlarva) ใส่ลงในภาชนะแต่ละใบ ตรวจวัดความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด ด่าง ทันทีที่เตรียมการทดลองเสร็จ ตรวจนับจำนวนกุ้งที่ตายในแต่ละความเค็มที่เวลา 4, 8, 24, 48, 72 และ 96 เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง โดยตรวจวัดความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด ด่าง ก่อนและหลังการเปลี่ยนน้ำทุกครั้ง

3.2. การศึกษาเปรียบเทียบความทนทานของกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวระยะวัยรุ่น ต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม

นำลูกกุ้งกุลาดำ และลูกกุ้งขาวระยะวัยรุ่น (juvenile) ที่มีอายุประมาณ 1-2 เดือนความยาวลำตัวประมาณ 5-7 cm. และมีน้ำหนักระหว่าง 0.7- 2.0 กรัม กุ้งดังกล่าว ลำเลียงกุ้งมาพักไว้ในถังไฟเบอร์กลาส และปรับสภาพ (Acclimate) ให้อยู่ในน้ำที่มีความเค็ม 25 ppt เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชม. ก่อนจะถูกนำมาใช้ในการทดลอง ระหว่างการปรับสภาพ ลูกกุ้งจะได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง และถูกอดอาหารเป็นระยะเวลา 24 ชม. ก่อนจะถูกนำมาใช้ในการทดลอง

เตรียมน้ำความเค็มต่างๆ เช่นเดียวกับการทดลองในหัวข้อ 3.1 เตรียมภาชนะใส่น้ำแต่ละความเค็มปริมาตร 1000 ml ความเค็มละ 10 ซ้ำนำลูกกุ้งกุลาดำ และลูกกุ้งขาววัยอ่อนระยะวัยรุ่น (juvenile) ใส่ลงในภาชนะแต่ละใบ ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับในข้อ 3.1

3.3. การศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำและลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวา ที่ระดับความเค็มต่างๆ

ทำการวัดอัตราการบริโภคออกซิเจนโดยใช้เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน (oxygen meter, Strathkelvin Instrument Model 781) ซึ่งมีเซลล์หายใจ (respiration cell) เป็นภาชนะที่สามารถปิดได้สนิทด้วยออกซิเจนอิเลคโทรด (oxygen electrode) ซึ่งจะใช้ปิดเซลล์หายใจ และต่อเข้ากับเครื่องวัดปริมาณออกซิเจน ทำให้ออกซิเจนจากภายนอกไม่สามารถละลายเข้าสู่น้ำที่ใช้ในการทดลองได้อีก (รูปที่) ภาชนะที่ใช้มีปริมาตร 3 ml เครื่องวัดจะปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำในรูป ความดันย่อยของก๊าซออกซิเจน (PO_2) ซึ่งมีหน่วยเป็น mmHg หรือ Torr ซึ่งต้องคำนวณกลับไปเป็นปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในภายหลัง (สมการที่) ในการวัดอัตราการบริโภคออกซิเจนนั้น ก่อนทำการทดลองควรเช็คให้มั่นใจว่า เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนนั้นถูกปรับ (calibration) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

บรรจุน้ำที่มีความเค็มระดับที่ต้องการ 9 ระดับ คือ 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 5 และ 0 ppt ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการอบในหม้อนึ่งความดัน และปรับให้มีอุณหภูมิ 27 °C ลงในเซลล์หายใจ ทำการให้อากาศเพื่อให้น้ำมีออกซิเจนละลายอยู่เต็มที่ (PO_2 เริ่มต้นมีค่าประมาณ 150 mmHg) นำลูกกุ้งกุลาดำ และลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาว าที่ผ่านการปรับสภาพแล้วมาครั้งละตัว ใส่ลงในเซลล์หายใจ ปิดให้สนิทด้วยออกซิเจนอิเลคโทรดโดยมิให้มีฟองอากาศเหลืออยู่ภายใน เซลล์หายใจนี้จะถูกควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 27 °C โดยน้ำไหลวนจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) มาหล่อเลี้ยงตลอดการทดลอง ปล่อยให้ลูกกุ้งมีการปรับสภาพ (acclimation) ให้คุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมรอบๆ ตัวมันประมาณ 10 นาที แล้วเริ่มบันทึกค่า PO_2 ทุกๆ 10 นาที โดยค่า PO_2 ที่บันทึกได้ครั้งแรกนี้ จะเป็นค่า PO_2 เริ่มต้น ดำเนินการวัดประมาณ 60 นาที เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำลูกกุ้งมาชั่งน้ำหนักบันทึกไว้ นำค่าผลต่างของ PO_2 และน้ำหนักของลูกกุ้งมาคำนวณหาอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลาได้ โดยใช้สูตร

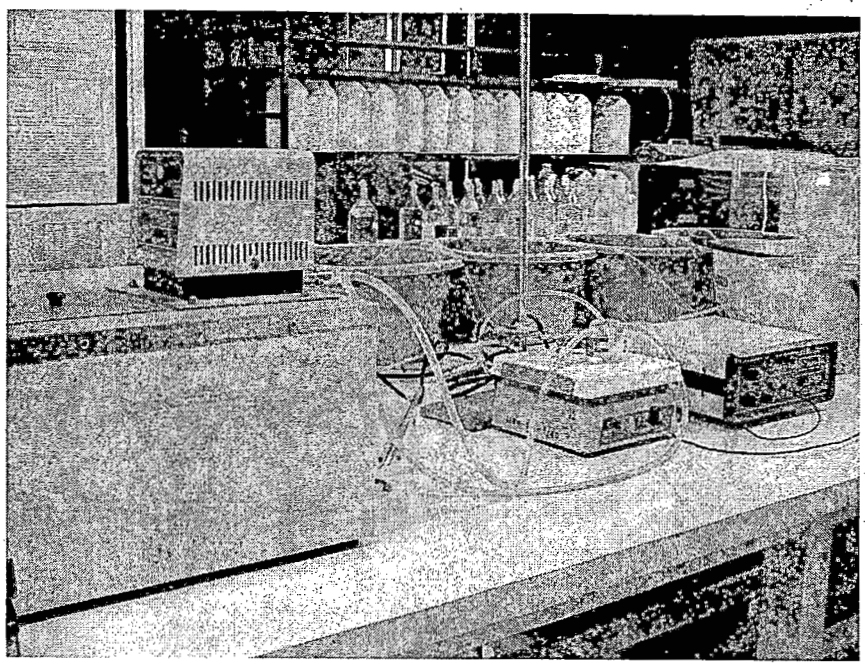
$$MO_2 = (PO_2end - PO_2start) \times a \times V \times 60 / t / W \quad (\mu mol\ g^{-1} h^{-1}) \qquad \text{(สมการที่ 1)}$$

เมื่อ a = สัมประสิทธิ์การละลายของออกซิเจนในน้ำที่อุณหภูมิและความเค็มที่ทดลอง ($\mu mol\ l^{-1} torr^{-1}$)

V = ปริมาตรของน้ำในเซลล์ทดลอง (l)

t = เวลาที่ใช้ในการทดลอง (h)

W = น้ำหนักของลูกกุ้งที่ใช้ในการทดลอง (g)



รูปที่ 2.1 เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน (oxygen meter, Strathkelvin Instrument Model 781) และเซลล์หายใจ (respiration cell)

3.4. การศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำและลูกกุ้งขาวระยะวัยรุ่น ที่ระดับความเค็มต่างๆ

ทำการศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำ และลูกกุ้งขาวระยะวัยรุ่น (Juvenile) ที่ระดับความเค็มต่างๆ เช่นเดียวกับ การศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำและลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวาที่ระดับความเค็มต่างๆ แต่ปรับไปใช้เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน (oxygen meter, Strathkelvin Instrument Model 781) ซึ่งมีห้องหายใจ (respiration chamber) ที่มีปริมาตรเท่ากับ 750 ml แทน

3.5. การศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำ และลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวาที่ระดับความขุ่นต่างๆ

เตรียมน้ำที่ระดับความเค็ม 25 ส่วนในพันส่วนที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว แล้วเตรียมน้ำให้มีความขุ่นต่างๆ กันโดยใช้อนุภาคดินเหนียวที่บด และนำไปผ่านตะแกรงร่อนขนาด 63 μm ความขุ่นของน้ำที่ใช้ 8 ระดับคือ 10 30 50 100 200 500 1,000 และ 2,000 mg l^{-1} ความขุ่นของน้ำจะถูกควบคุมให้มีค่าคงที่โดยน้ำจะถูกกวนอยู่ตลอดเวลาโดยใช้แท่งแม่เหล็ก อุณหภูมิของน้ำในเซลล์หายใจจะถูกควบคุมให้คงที่ที่ 27 °C โดยน้ำไหลวนจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) มาหล่อเลี้ยงตลอดการทดลอง

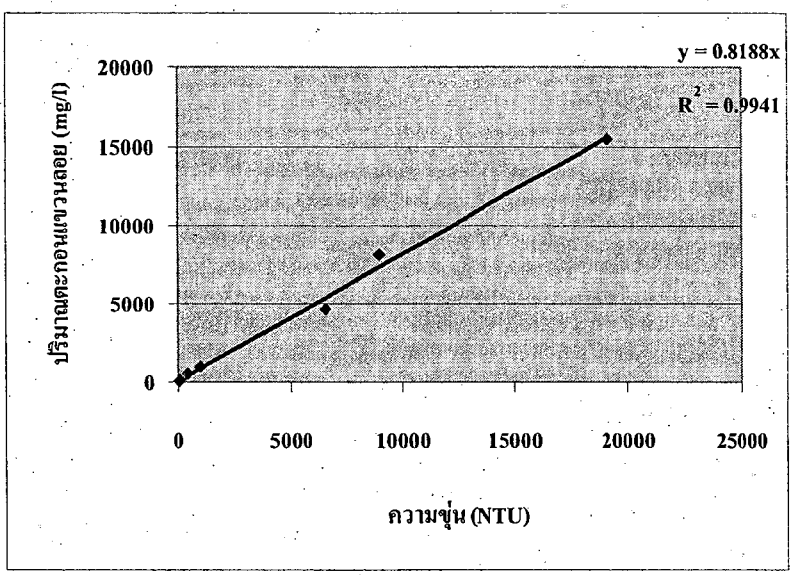
นำน้ำที่เตรียมไว้ที่ระดับความขุ่นต่างๆ ใส่ลงในเซลล์หายใจขนาด 3 ml นำลูกกุ้งกุลาดำและลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวาที่ผ่านการปรับสภาพแล้วมาครั้งละตัว ใส่ลงในเซลล์หายใจ ปิดให้สนิทด้วยออกซิเจนอิเลคโทรดโดยมิให้มีฟองอากาศเหลืออยู่ภายใน ปล่อยให้ลูกกุ้งมีการปรับสภาพ (acclimation) ให้คุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมรอบๆ ตัวมันประมาณ 10 นาที แล้วการวัดอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ความขุ่นต่างๆ โดยใช้เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน (oxygen meter, Strathkelvin Instrument Model 781) บันทึกค่า PO_2 ทุกๆ 10 นาที โดยค่า PO_2 ที่บันทึกได้ครั้งแรกนี้ จะเป็นค่า PO_2 เริ่มต้น ดำเนินการวัดประมาณ 60 นาที เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำลูกกุ้งมาชั่งน้ำหนักบันทึกไว้ นำค่าผลต่างของ PO_2 และน้ำหนักของลูกกุ้งมาคำนวณหาอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลาได้ โดยใช้สูตรตามสมการที่ 1

ศึกษาความเหมาะสมของตะกอนดินเหนียว (ดินสอพอง) ต่อการนำมาใช้ในการทดลอง โดยดูความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตะกอน กับค่าความขุ่น (Turbidity) ศึกษาค่าความเข้มข้นของอนินทรีย์ไอออน เช่น ซัลเฟตไอออน ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสฟอรัส และซิลิเกต พบว่าตะกอนดินเหนียว (ดินสอพอง) ที่นำมาใช้นี้เมื่อนำมาแขวนลอยในน้ำแล้วตกตะกอนค่อนข้างเร็ว ดังนั้นจึงได้นำตะกอนดินเหนียว นี้ไปทำการบดให้ขนาดอนุภาคตะกอนละเอียดขึ้นแล้วร่อนด้วยผ้ากรองขนาด 63 ไมครอน (μm) นำดินตะกอนที่ได้ไปทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกอนละลายน้ำกับค่าความขุ่น (รูปที่ 1) แล้วทำการวัดค่า pH ความเค็ม ความเข้มข้นของสารละลายต่างๆที่อาจจะมีผลต่อการทดลองเช่น sulfate, phosphate, silicate, nitrite และ nitrate ข้อมูลที่ได้พบว่าตะกอนดินเหนียว (ดินสอพอง) ที่นำมาใช้นี้เมื่อละลายน้ำแล้วมีทำให้น้ำค่า pH 8.26 ส่วนความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1. ความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ที่ได้จากการละลายตะกอนดินเหนียว ในน้ำ

	ไนไตรท์	ไนเตรท	ฟอสเฟต	ซิลิเกต
ความเข้มข้น (ug at g/l)	0.006	16.7718	ND	41.19

ND = non detectable ไม่สามารถตรวจพบได้



รูปที่ 1. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นที่วัดได้กับปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำ

3.6. การศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำและลูกกุ้งขาวระยะวัยรุ่น ที่ระดับความขุ่นต่างๆ

ทำการศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำ และลูกกุ้งขาวระยะวัยรุ่น (Juvenile) ที่ระดับความขุ่นต่างๆ เช่นเดียวกับ การศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำและลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวาที่ระดับความขุ่นต่างๆ แต่ปรับไปใช้เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน ซึ่งมีห้องหายใจ (respiration chamber) ที่มีปริมาตรเท่ากับ 750 ml แทน

3.7. การศึกษาเปรียบเทียบความทนทานของกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวา ความเป็นกรด-ด่าง ต่างๆ กัน

นำน้ำทะเลซึ่งมีความเค็มประมาณ 30 ppt มาทำการฆ่าเชื้อด้วย $Ca(OCl)_2$ (Calcium Hypochlorite) ที่มีความเข้มข้นประมาณ 30 ppm ทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์เพื่อให้คลอรีนสลายตัวหมด จากนั้นนำน้ำทะเลดังกล่าวมาทำการเจือจางด้วยน้ำจืดที่ปราศจากคลอรีน ให้มีความเค็ม 25 ppt แล้วปรับความเป็นกรด ด่าง ในระดับที่ต้องการ 9 ระดับ คือ 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 โดยใช้สารละลาย Citric acid และสารละลาย $Na_2HPO_4.2H_2O$ ปรับความเป็นกรด ด่างของน้ำทะเล แล้วใช้น้ำทะเลที่ไม่มีการปรับ pH เป็นกลุ่มควบคุม

นำลูกกุ้งกุลาดำ และลูกกุ้งขาววัยอ่อนระยะโพสต์ลาวา (postlarva) ที่อยู่ในช่วง P_{10}-P_{15} กุ้งซึ่งมีความยาวลำตัวประมาณ 10-15 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักอยู่ในช่วงประมาณ 0.01-0.03 กรัม ที่ถูกนำมาพักไว้ในถังไฟเบอร์กลาส และปรับสภาพ (Acclimate) ให้อยู่ในน้ำที่มีความเค็ม 25 ppt

เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชม. ก่อนจะถูกนำมาใช้ในการทดลอง ระหว่างการปรับสภาพ ลูกกุ้งจะได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง และถูกอดอาหารเป็นระยะเวลา 24 ชม. ก่อนจะถูกนำมาใช้ในการทดลอง

เตรียมภาชนะใส่น้ำที่มีความเป็นกรด ด่างระดับต่างๆ ปริมาตร 250 ml ลงในภาชนะความเป็นกรด ด่างละ 10 ซ้ำ สำหรับกุ้งแต่ละชนิด ใส่ลูกกุ้งลงในแต่ละภาชนะ ตรวจวัดความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด ด่างทันทีที่เตรียมการทดลองเสร็จ ตรวจนับจำนวนกุ้งที่ตายในแต่ละความเป็นกรด ด่างที่เวลา 4, 8, 24, 48, 72 และ 96 เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง โดยตรวจวัดความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ และความเป็นกรด ด่าง ก่อนและหลังการเปลี่ยนน้ำทุกครั้ง

<u>วิธีการเตรียมสารละลาย Citric acid</u>

1. ชั่งสาร Citric acid-1-hydrate 192.6 g แล้วนำไปใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ประมาณ 250 ml แล้วนำไปวางไว้บนเครื่อง Hot plate ปรับระดับความร้อนปานกลาง
2. ใช้แท่งแก้วคนให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปทำการปรับปริมาตร
3. การปรับปริมาตรทำได้โดยการใช้ Volume metric flask ขนาด 1 L เทสารละลายลงไปแล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดที่กำหนดไว้
4. เมื่อทำการปรับแล้วก็จะได้สารละลาย Citric acid ที่มีความเข้มข้น 192.6 g/L

<u>วิธีการเตรียมสารละลาย $Na_2HPO_4.2H_2O$</u>

1. ชั่งสาร $Na_2HPO_4.2H_2O$ 355.99 g แล้วนำไปใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ประมาณ250 ml แล้วนำไปวางไว้บนเครื่อง Hot plate ปรับระดับความร้อนปานกลาง
2. ใช้แท่งแก้วคนให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปทำการปรับปริมาตร
3. การปรับปริมาตรโดยใช้ Volume metric flask ขนาด 1 L เทสารละลายลงไปแล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดที่กำหนดไว้
4. เมื่อทำการปรับแล้วก็จะได้สารละลาย $Na_2HPO_4.2H_2O$ ความเข้มข้น 355.99 g/L

3.8. การศึกษาเปรียบเทียบความทนทานของกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวระยะวัยรุ่น ต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ต่างๆ กัน

นำลูกกุ้งกุลาดำ และลูกกุ้งขาวระยะวัยรุ่น (juvenile) ที่มีอายุประมาณ 1-2 เดือนความยาวลำตัวประมาณ 5-7 cm. และมีน้ำหนักระหว่าง 0.7- 2.0 กรัม กุ้งดังกล่าว ลำเลียงกุ้งมาพักไว้ในถังไฟเบอร์กลาส และปรับสภาพ (Acclimate) ให้อยู่ในน้ำที่มีความเค็ม 25 ppt เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชม. ก่อนจะถูกนำมาใช้ในการทดลอง ระหว่างการปรับสภาพ ลูกกุ้งจะได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง และถูกอดอาหารเป็นระยะเวลา 24 ชม. ก่อนจะถูกนำมาใช้ในการทดลอง

เตรียมน้ำความเค็ม 25 ppt และมีค่าความเป็นกรด ด่างระดับต่างๆ เช่นเดียวกับการทดลองในหัวข้อ 3.7 เตรียมภาชนะใส่น้ำแต่ละความเค็มปริมาตร 1000 ml ความเค็มละ 10 ซ้ำนำลูกกุ้งกุลาดำ และลูกกุ้งขาววัยอ่อนระยะวัยรุ่น (juvenile) ใส่ลงในภาชนะแต่ละใบ ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับในข้อ 3.7

3.9. การศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำและลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวา ที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง ต่างกัน

เตรียมน้ำที่ระดับความเค็ม 25 ส่วนในพันส่วนที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว แล้วเตรียมน้ำให้มีความเป็นกรด ด่างที่ระดับต่างๆ กัน 5 ระดับคือ 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 โดยใช้ citric acid ($HOOC(OH)C(CH_2COOH)_2$) หรือ di-sodium hydrogen orthophosphate dehydrate ($Na_2HPO_4.2H_2O$) เป็นสารที่ใช้ปรับระดับความเป็นกรด-ด่างที่ต้องการ อุณหภูมิของน้ำในเซลล์หายใจจะถูกควบคุมให้คงที่ที่ 27 °C โดยน้ำไหลวนจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) มาหล่อเลี้ยงตลอดการทดลอง

นำน้ำที่เตรียมไว้ที่ระดับความเป็นกรด ด่างที่ต่างๆ ใส่ลงในเซลล์หายใจขนาด 3 ml นำลูกกุ้งกุลาดำ และลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวาที่ผ่านการปรับสภาพแล้วมาครั้งละตัว ใส่ลงในเซลล์หายใจ ปิดให้สนิทด้วยออกซิเจนอิเลคโทรดโดยมิให้มีฟองอากาศเหลืออยู่ภายใน ปล่อยให้ลูกกุ้งมีการปรับสภาพ (acclimation) ให้คุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมรอบๆ ตัวมันประมาณ 10 นาที แล้วการวัดอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ความขุ่นต่างๆ โดยใช้เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน (oxygen meter, Strathkelvin Instrument Model 781) บันทึกค่า PO_2 ทุกๆ 10 นาที โดยค่า PO_2 ที่บันทึกได้ครั้งแรกนี้ จะเป็นค่า PO_2 เริ่มต้น ดำเนินการวัดประมาณ 60 นาที เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำลูกกุ้งมาชั่งน้ำหนักบันทึกไว้ นำค่าผลต่างของ PO_2 และน้ำหนักของลูกกุ้งมาคำนวณหาอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลาได้ โดยใช้สูตรตามสมการที่ 1

3.10. การศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำและลูกกุ้งขาวระยะวัยรุ่นที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง ต่างกัน

ทำการศึกษาโดยการใช้เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน (oxygen meter, Strathkelvin Instrument Model 781) และมีการคำนวณหาอัตราการบริโภคออกซิเจนเช่นเดียวกับการศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำและลูกกุ้งขาวระยะวัยรุ่น ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ แต่การทดลองในส่วนนี้จะเป็นการวัดอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งที่

ทำการศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำ และลูกกุ้งขาวระยะวัยรุ่น (Juvenile) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 7 ระดับคือ 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ที่ระดับความเค็ม 25 ส่วนในพันส่วน และที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส โดยใช้ citric acid ($HOOC(OH)C(CH_2COOH)_2$)

หรือ di-sodium hydrogen orthophosphate dehydrate ($Na_2HPO_4.2H_2O$) เป็นสารที่ใช้ปรับระดับความเป็นกรด-ด่างที่ต้องการเช่นเดียวกับ

แต่ปรับไปใช้เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน (oxygen meter, Strathkelvin Instrument Model 781) ซึ่งมีห้องหายใจ (respiration chamber) ที่มีปริมาตรเท่ากับ 750 ml แทน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการวัดอัตราการบริโภคออกซิเจน จะถูกนำมาคำนวณหาอัตราการบริโภคออกซิเจนโดยใช้สูตรการคำนวณดังกล่าวข้างต้น จากนั้นจะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของความเค็ม ความขุ่น และพีเอช ระดับต่างๆ ต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนัก โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Analysis of covariance (ANCOVA) และใช้ Scheffe's statistical test ในการเปรียบเทียบแต่ละกลุ่มของข้อมูลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดดังกล่าวข้างต้นนั้น เป็นการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1. ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำ

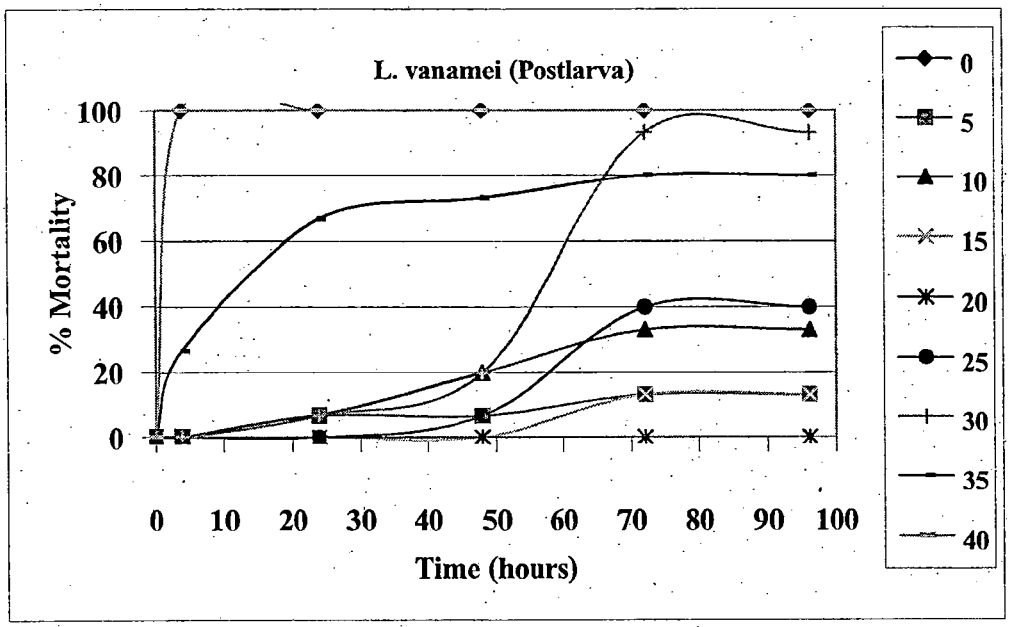
ทำการศึกษาความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง และความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียม ของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) และกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ในระยะโพสต์ลาวา (postlarva) และระยะวัยรุ่น (juvenile) โดยศึกษาจากอัตราการตามของกุ้งเมื่อสภาวะแวดล้อมดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไป

4.1.1. ทำการศึกษาความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบเฉียบพลัน

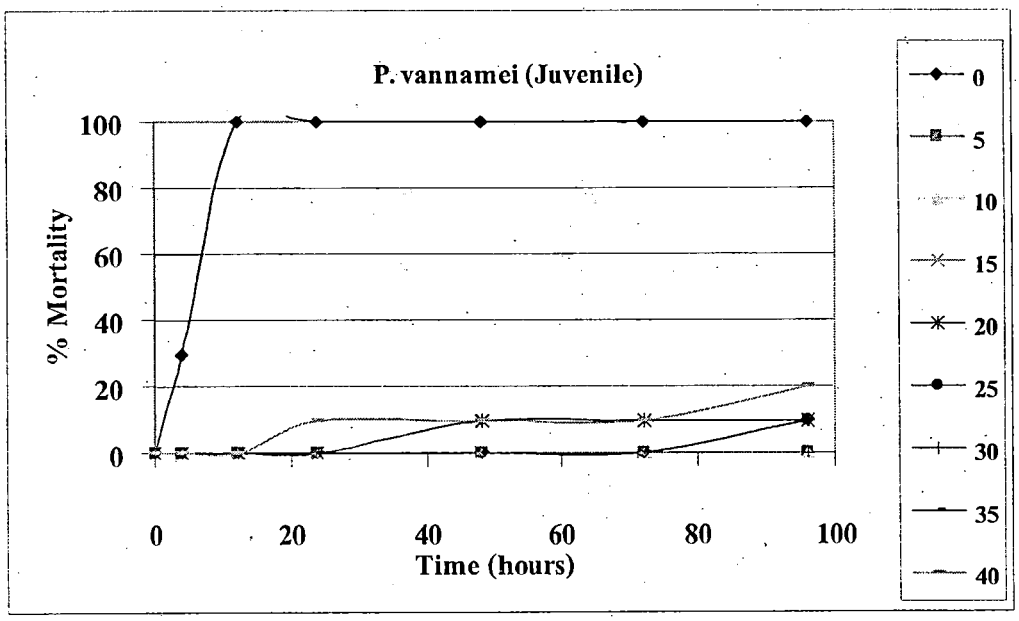
นำกุ้งขาวที่ได้รับการปรับสภาพแล้ว ไปทำการศึกษาความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบเฉียบพลัน โดยใช้ความเค็ม 0, 5, 10 15, 20 25, 30, 35 และ 40 ppt โดยใช้ระบบการทดลองแบบ Semi-static คือจะเปลี่ยนน้ำทุกวัน ใช้สัตว์ทดลอง 10 ตัวในแต่ละความเค็ม โดยสัตว์ทดลองแต่ละตัวจะอยู่ในภาชนะแยกกัน โดยกุ้งในระยะ Postlarva จะใช้ปริมาณน้ำ 250 ml และในระยะ Juvenile ใช้ปริมาณน้ำ 1000 ml

ผลจากการศึกษาพบว่า กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ระยะ Postlarva ที่ถูกปรับไปอยู่ในน้ำที่มีค่าความเค็ม 0 และ 40 ppt จะตายภายใน 4 ชั่วโมงแรกของการทดลอง แต่ที่ความเค็ม 5 ppt ลูกกุ้งขาว สามารถที่จะดำรงชีวิตอยู่ได้โดยมี % การตาย ที่ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 13.3 % ค่าความเค็มที่ไม่พบการตายของลูกกุ้งขาวคือ 20 ppt ซึ่งน่าจะเป็นค่าความเค็มที่เหมาะสมต่อการดำรงชีพของกุ้งขาวระยะ Postlarva ที่สุด (รูปที่ 4.1) ค่าเฉลี่ย LC50 50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งขาวระยะ Postlarva ต่อช่วงระดับความเค็มต่ำอยู่ที่ 0.42 ppt ในขณะที่ ค่าเฉลี่ย LC50 50 ที่ 96 ชั่วโมง ต่อช่วงระดับความเค็มสูงอยู่ที่ 30.23

ผลจากการศึกษาพบว่า กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ระยะ Juvenile ที่ถูกปรับไปอยู่ในน้ำที่มีค่าความเค็ม 0 ppt กุ้งขาวจะเริ่มตายที่ชั่วโมงที่ 4 และ ที่ 12 ชั่วโมงแรกของการทดลองกุ้งขาวระยะ Juvenile จะตายหมด ที่ความเค็ม 5 – 35 ppt กุ้งขาว ระยะ Juvenile สามารถที่จะดำรงชีวิตอยู่ได้ดีโดยไม่มีการตายเลยจนถึงชั่วโมงที่ 96 ที่ความเค็มที่ 40 ppt กุ้งขาว ระยะ Juvenile มีอัตราการตายอยู่ที่ 20 % (รูปที่ 4.2) ซึ่งแตกต่างจาก กุ้งขาวระยะ Postlarva ที่จะตายหมดตั้งแต่ 4 ชั่วโมงแรกของการทดลอง ค่าเฉลี่ย LC50 50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งขาว ระยะ Juvenile ต่อช่วงระดับความเค็มต่ำอยู่ที่ 0.020 ppt ในขณะที่ ค่าเฉลี่ย LC50 50 ที่ 96 ชั่วโมงของช่วงระดับความเค็มสูงอยู่ที่ 44.85 หรือกุ้งขาว ระยะ Juvenile มีความสามารถในการทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำได้ดีกว่ากุ้งขาวระยะ Postlarva



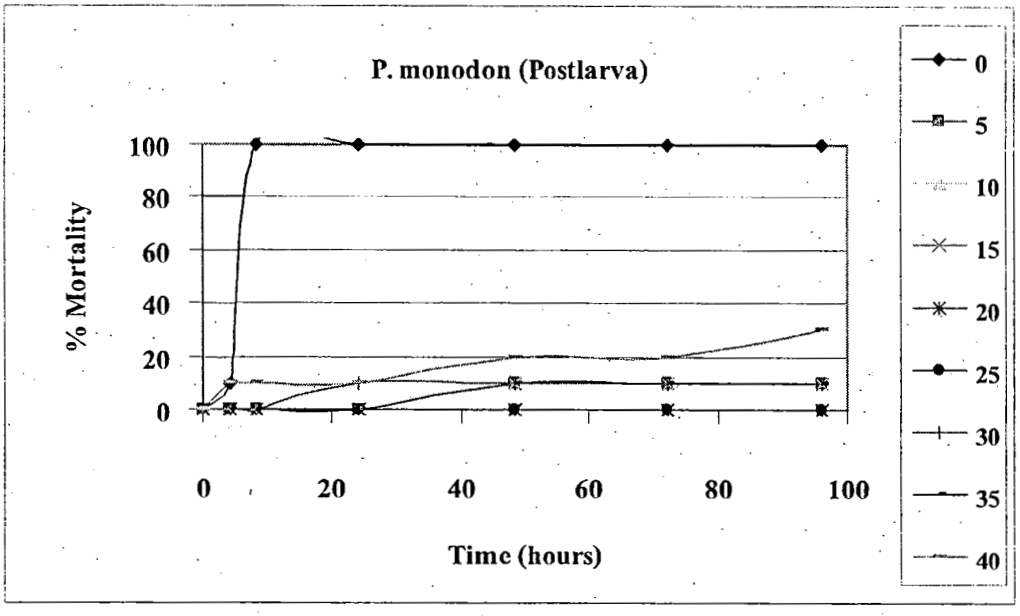
รูปที่ 4.1.. % การตายของกุ้งขาว (*L.. vannamei*) ระยะ Postlarva ที่ค่าความเค็มต่างๆ (ppt)



รูปที่ 4.2. % การตายของกุ้งขาว (*L.. vannamei*) ระยะ Juvenile ที่ค่าความเค็มต่างๆ (ppt)

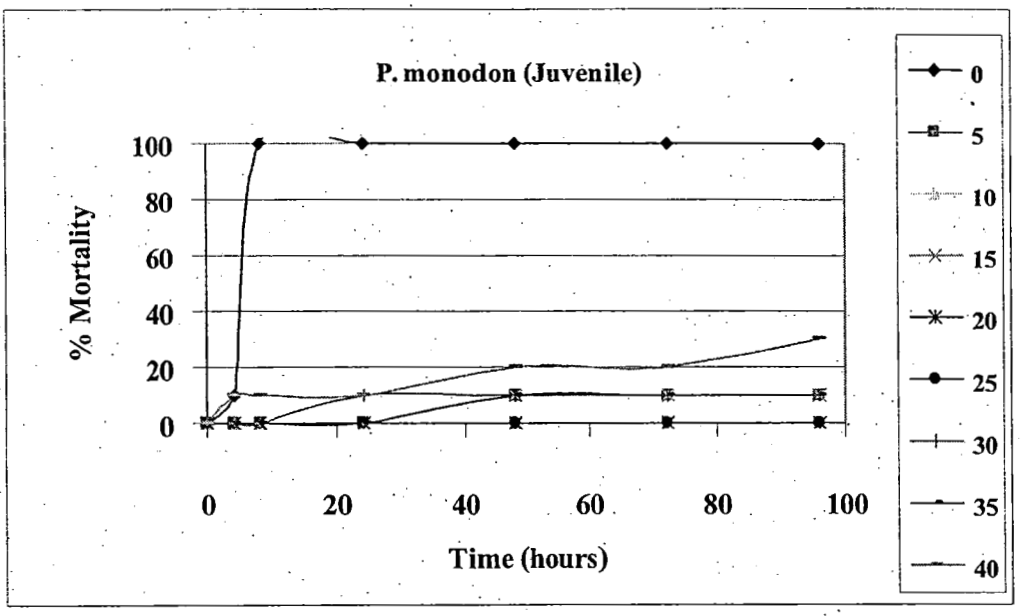
ในการศึกษาความทนทานต่อความเค็มของลูกกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Postlarva ที่ค่าความเค็มต่างๆ พบว่า ลูกกุ้งกุลาดำ ระยะ Postlarva ทั้งหมดที่ถูกนำไปเลี้ยงที่ความเค็มน้ำ 0 ppt หรือน้ำจืดจะตายหมดในระยะเวลา 8 ชั่วโมง ในขณะที่ความเค็ม 20 และ 25 ไม่พบการตายเลย และพบว่าที่ความเค็ม 40 ppt กุ้งจะเริ่มมีการตายมากกว่าที่ระดับความเค็มอื่นๆ โดยที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมงพบ % การตาย 30 % ซึ่งเป็นการตายที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากช่วงเวลาก่อนหน้านี้ (รูปที่ 4.3) ค่าเฉลี่ย LC50 50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งกุลาดำระยะ Postlarva ต่อช่วงระดับความเค็มต่ำอยู่ที่ 1.22 ppt ในขณะที่ ค่าเฉลี่ย LC50 50 ที่ 96 ชั่วโมง ต่อช่วงระดับความเค็มสูงอยู่ที่ 32.42 ppt

ในการศึกษาความทนทานต่อความเค็มของลูกกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ juvenile ที่ค่าความเค็มต่างๆ พบว่า ลูกกุ้งกุลาดำ ระยะ juvenile ทั้งหมดที่ถูกนำไปเลี้ยงที่ความเค็มน้ำ 0 ppt หรือน้ำจืดจะตายหมดในระยะเวลา 8 ชั่วโมง ในขณะที่ความเค็ม 5, 15, 30 และ 35 ppt พบการตาย 10 % lj;o ที่ความเค็ม 40 ppt กุ้งจะเริ่มมีการตายมากกว่าที่ระดับความเค็มอื่นๆ โดยที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมงพบ % การตาย 30 % ซึ่งเป็นการตายที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากช่วงเวลาก่อนหน้านี้ (รูปที่ 4.4) ค่าเฉลี่ย LC50 50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งกุลาดำระยะ juvenile ต่อช่วงระดับความเค็มต่ำอยู่ที่ 0.517 ppt ในขณะที่ ค่าเฉลี่ย LC50 50 ที่ 96 ชั่วโมง ต่อช่วงระดับความเค็มสูงอยู่ที่ 43.08 ppt



รูปที่ 4.3. % การตายของกุ้งขาว (*P. monodon*) ระยะ Postlarva ที่ค่าความเค็มต่างๆ (ppt) ตามระยะเวลา (ชั่วโมง)

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

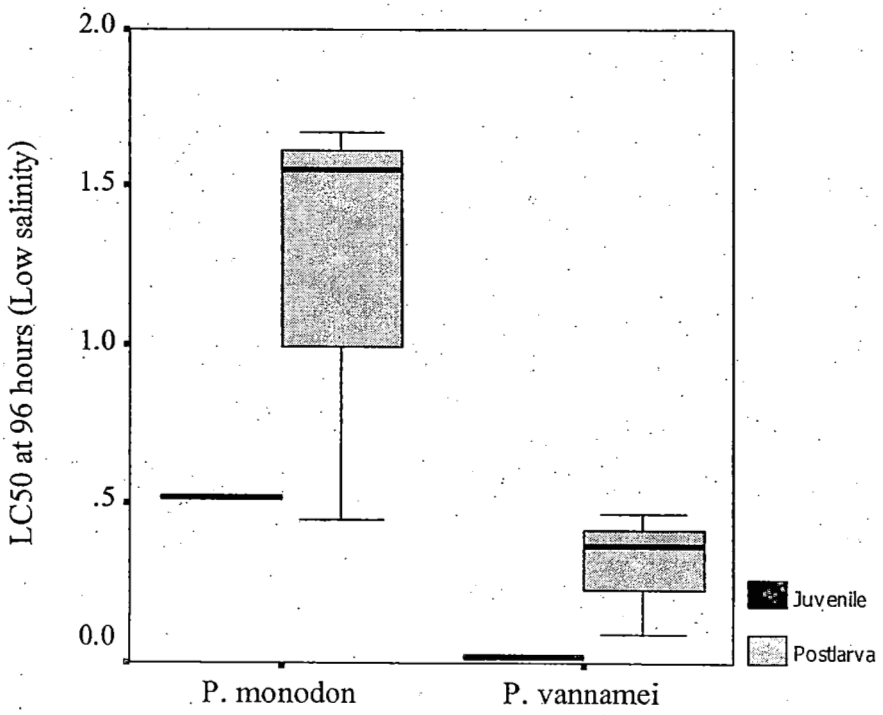


รูปที่ 4.4. % การตายของกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Juvenile ที่ค่าความเค็มต่างๆ (ppt) ตามระยะเวลา (ชั่วโมง)

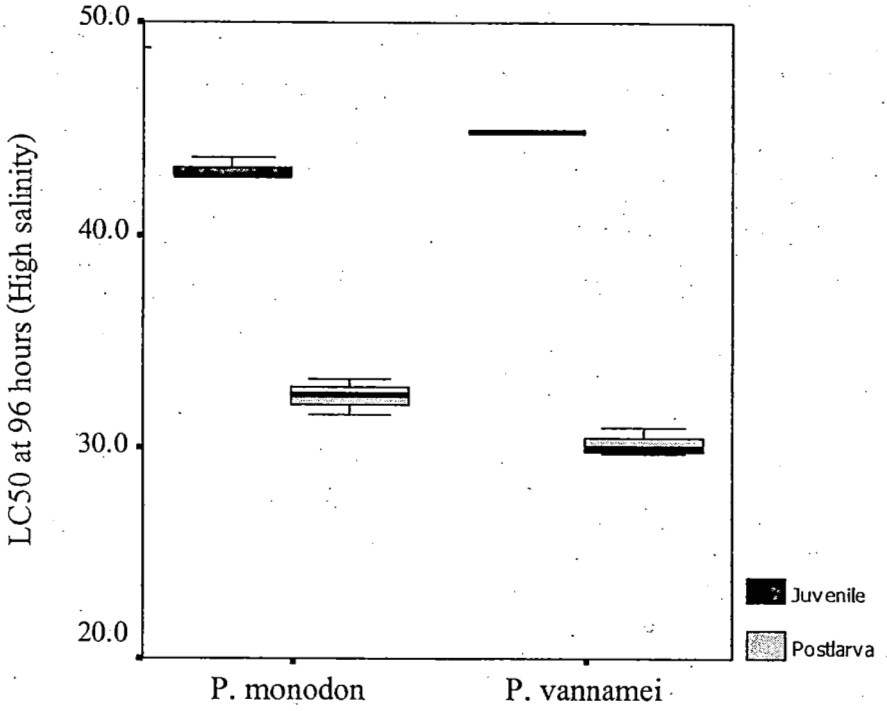
ผลการทดสอบทางสถิติของค่า LC 50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งทั้งสองชนิด และสองระยะต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำ ที่ระดับความเค็มต่ำ พบว่า กุ้งขาว (*L.. vannamei*) ทั้งระยะ Postlarva และระยะ Juvenile มีความสามารถในการทนการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ต่ำกว่า กุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ทั้งระยะ Postlarva และระยะ Juvenile อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่กุ้งระยะ Juvenile ทั้งสองชนิดมีความสามารถในการทนการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ต่ำกว่ากุ้งระยะ Postlarva ทั้งสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (รูปที่ 4.5)

ผลการทดสอบทางสถิติของค่า LC 50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งทั้งสองชนิดและ สองระยะต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำที่ระดับความเค็มสูง พบว่ากุ้งทั้งสองชนิดที่ระยะ Juvenile มีความสามารถในการทนการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ สูงกว่ากุ้งทั้งสองชนิดที่ระยะ Postlarva อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่กุ้งขาว (*L.. vannamei*) ระยะ Postlarva มีแนวโน้มที่จะทนความเค็มได้ต่ำกว่า กุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Postlarva ในขณะที่ กุ้งขาว (*L.. vannamei*) ระยะ Juvenile มีแนวโน้มที่จะทนความเค็มได้สูงกว่า กุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Juvenile เล็กน้อย (รูปที่ 4.6)

639.68
ส 8139
ล.2
379220



รูปที่ 4.5. Boxplot ของค่า LC50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งขาว (*L.. vannamei*) และกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Postlarva และระยะ Juvenile ที่ช่วงความเค็ม 0 – 25 ppt

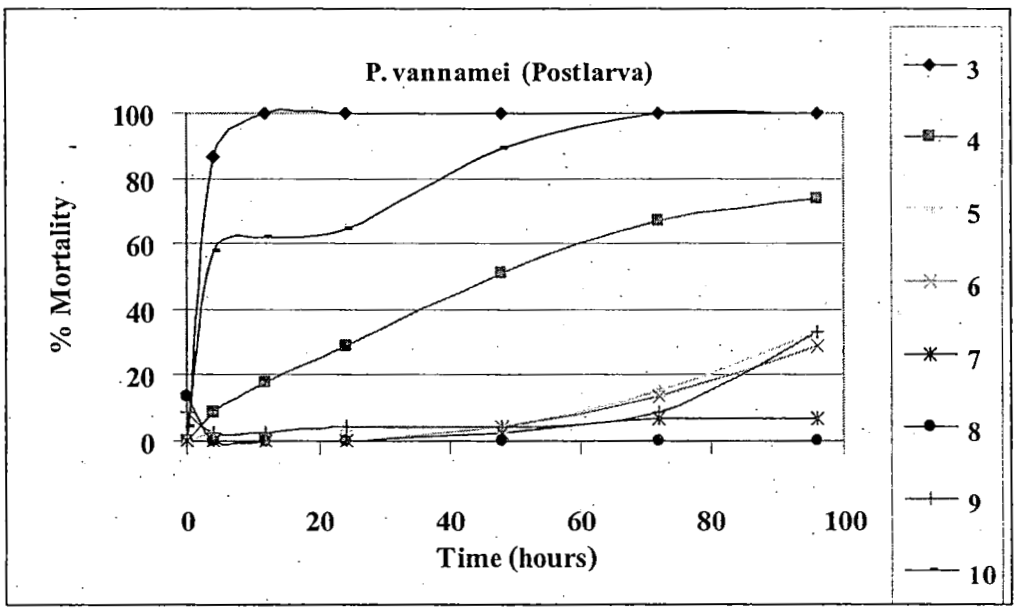


รูปที่ 4.6. Boxplot ของค่า LC50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งขาว (*L.. vannamei*) และกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Postlarva และระยะ Juvenile ที่ช่วงความเค็ม 20- 40 ppt

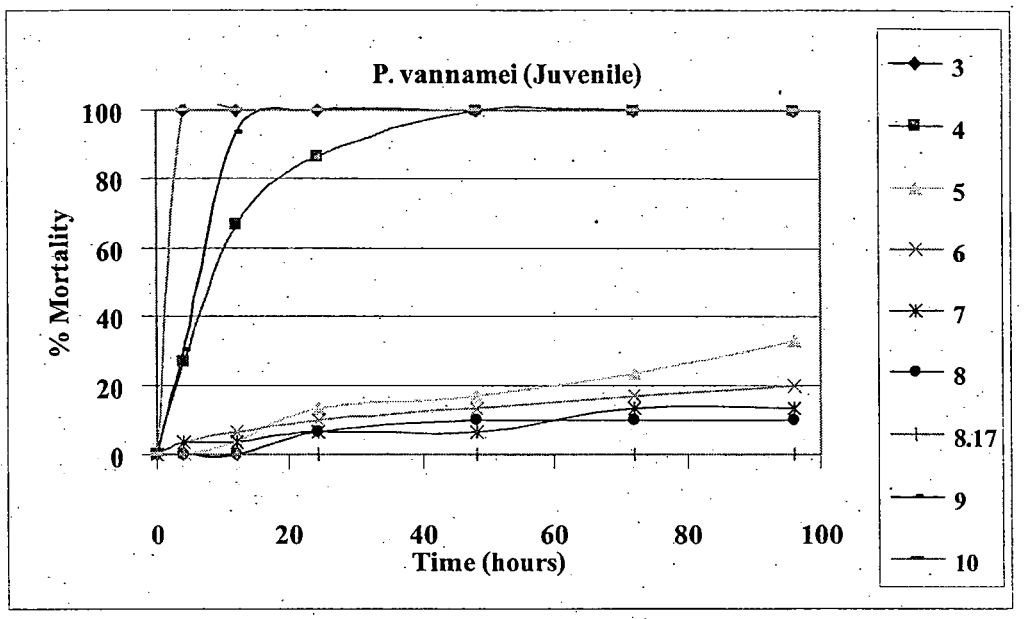
4.1.2. ทำการศึกษาความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด – ด่างแบบเฉียบพลัน

ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่างพบว่าที่ ลูกกุ้งขาว (*P. vannamei*) ระยะ Postlarva ที่ถูกปรับไปอยู่ในน้ำที่มีค่า pH 3 ตายหมดในเวลา 4 ชั่วโมงแรก ที่ pH 4 ลูกกุ้งจะทะยอยตายหมดในเวลา 48 ชั่วโมง โดย % การตายจะค่อยๆ ลดลงเมื่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยจากการศึกษานี้พบว่าความเป็นกรด-ด่าง 7 เป็นค่าที่ไม่พบการตายของลูกกุ้งเลย และลูกกุ้งจะเริ่มตายอีกที่ pH 10 ในเวลา 4 ชั่วโมงแรกลูกกุ้งขาวประมาณ 50% และตายทั้งหมด100 % ที่ชั่วโมงที่ 72 (รูปที่ 4.7) ค่า LC 50

ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่างพบว่าที่ ลูกกุ้งขาว (*P. vannamei*) ระยะ Juvenile ที่ถูกปรับไปอยู่ในน้ำที่มีค่า pH 3 ตายหมดในเวลา 4 ชั่วโมงแรก ที่ pH 4 ลูกกุ้งจะทะยอยตายหมดในเวลา 48 ชั่วโมง โดย % การตายจะค่อยๆ ลดลงเมื่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยจากการศึกษานี้พบว่าความเป็นกรด-ด่าง 8 เป็นค่าที่พบการตายของลูกกุ้งต่ำที่สุด และลูกกุ้งจะเริ่มตายอีกที่ pH 9 และ 10 ในเวลา 4 ชั่วโมงแรกลูกกุ้งขาวประมาณ 50% และตายทั้งหมด100 % ที่ชั่วโมงที่ 72 (รูปที่ 4.8)

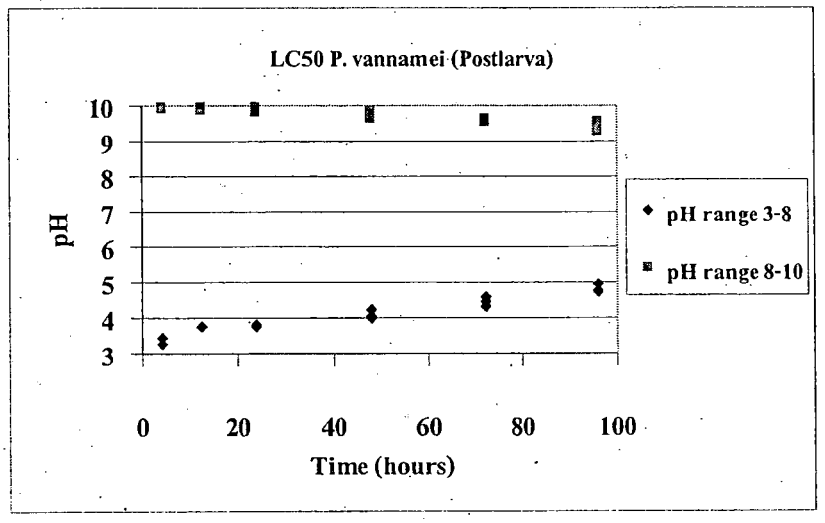


รูปที่ 4.7. % การตายของกุ้งขาว (*P. vannamei*) ระยะ Postlarva ที่ค่าความเป็นกรด – ด่างต่างๆ ตามระยะเวลา (ชั่วโมง)

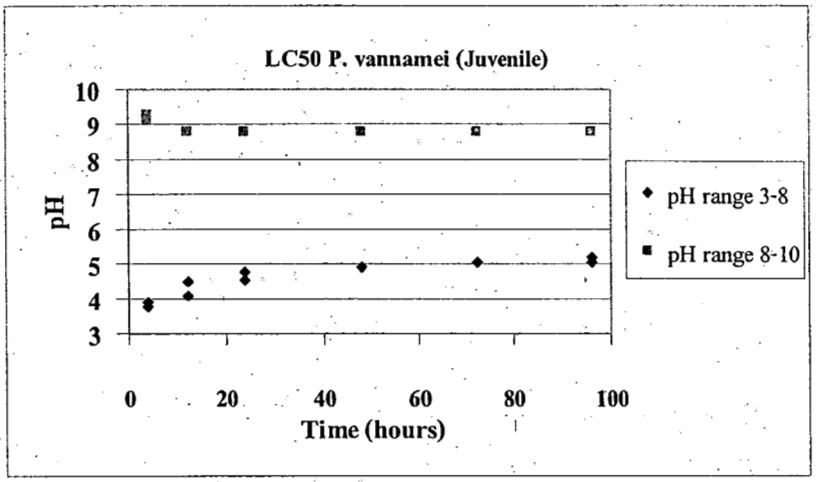


รูปที่ 4.8. % การตายของกุ้งขาว (*P. vannamei*) ระยะ Juvenile ที่ค่าความเป็นกรด – ด่างต่างๆ ตามระยะเวลา (ชั่วโมง)

ค่า LC50 ของกุ้งขาว (*P. vannamei*) ระยะ Postlarva และ ระยะ Juvenile มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ช่วงความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 3-8 และลดลงตามเวลาที่ช่วง ความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 7-10 (รูปที่ 4.9 และ 4.10) โดยค่าเฉลี่ยของ LC50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งขาว ระยะ Postlarva และ ระยะ Juvenile ที่ช่วงความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 3-8 มีค่า 4.96 และ 5.11 ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของ LC50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งขาว ระยะ Postlarva และ ระยะ Juvenile ที่ช่วงความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 7-10 มีค่า 9.37 และ 8.76 ตามลำดับ



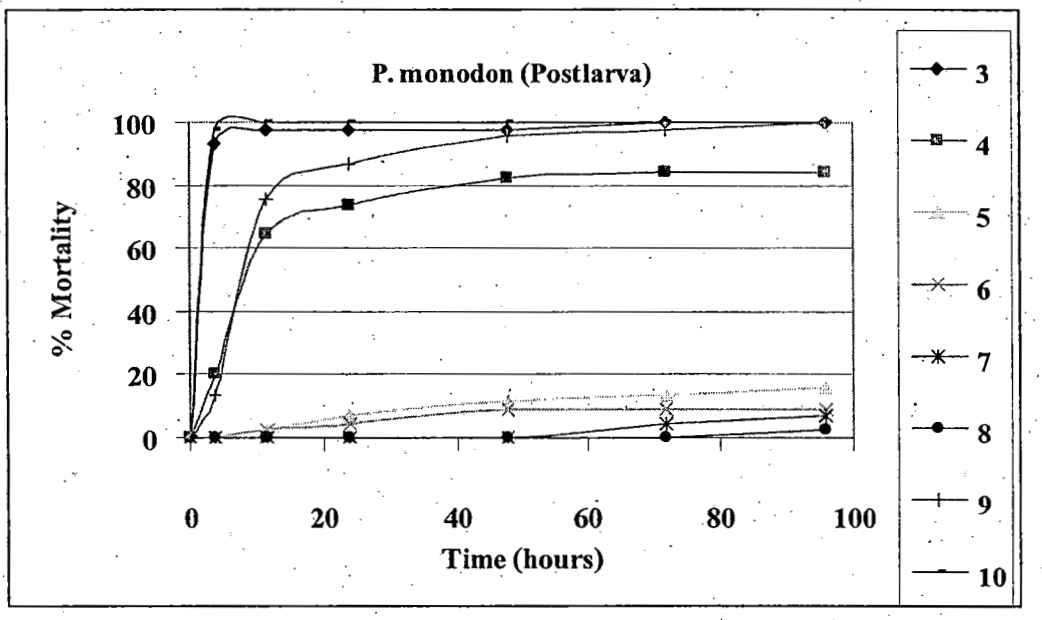
รูปที่ 4.9. การเปลี่ยนแปลงค่า LC50 ของกุ้งขาว (*P. vannamei*) ระยะ Postlarva ที่ค่าความเป็นกรด – ด่างต่างๆ ตามระยะเวลา (ชั่วโมง)



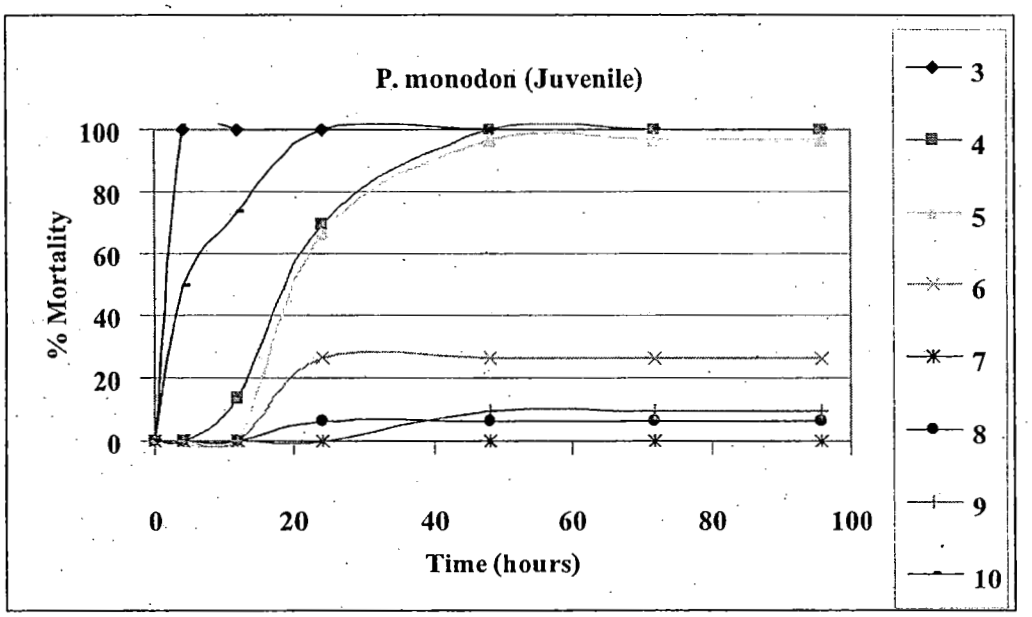
รูปที่ 4.10. การเปลี่ยนแปลงค่า LC50 ของกุ้งขาว (*P. vannamei*) ระยะ Juvenile ที่ค่าความเป็นกรด – ด่างต่างๆ ตามระยะเวลา (ชั่วโมง)

ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่างของกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Postlarva ที่ถูกปรับไปอยู่ในน้ำที่มีค่า pH 3 ตายหมดในเวลา 4 ชั่วโมงแรก ที่ pH 4 ลูกกุ้งจะทะยอยตายหมดในเวลา 48 ชั่วโมง โดย % การตายจะค่อยๆ ลดลงเมื่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำค่อยๆ เพิ่มขึ้น และลูกกุ้งจะเริ่มตายอีกที่ pH 9 และ 10 ในเวลา 4 ชั่วโมงแรกลูกกุ้งขาวประมาณ 50% และตายทั้งหมด100 % ที่ชั่วโมงที่ 72 (รูปที่ 4.11)

ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่างของกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Juvenile ที่ถูกปรับไปอยู่ในน้ำที่มีค่า pH 3 ตายหมดในเวลา 4 ชั่วโมงแรก ที่ pH 4 และ 5 ลูกกุ้งจะทะยอยตายหมดในเวลา 48 ชั่วโมง โดย % การตายจะค่อยๆ ลดลงเมื่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยจากการศึกษานี้พบว่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 7 และ 8 เป็นช่วงความเป็นกรด-ด่างที่พบการตายของกุ้งต่ำที่สุด และกุ้งจะเริ่มตายอีกที่ความเป็นกรด-ด่าง 10 ในเวลา 4 ชั่วโมงแรกลูกกุ้งขาวประมาณ 50% และตายทั้งหมด100 % ที่ชั่วโมงที่ 72 (รูปที่ 4.12)

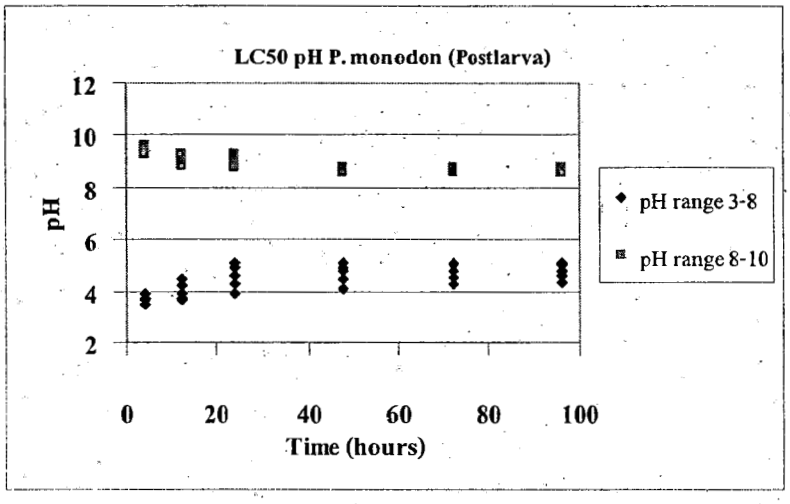


รูปที่ 4.11. % การตายของกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Postlarva ที่ค่าความเป็นกรด – ด่างต่างๆ ตามระยะเวลา (ชั่วโมง)

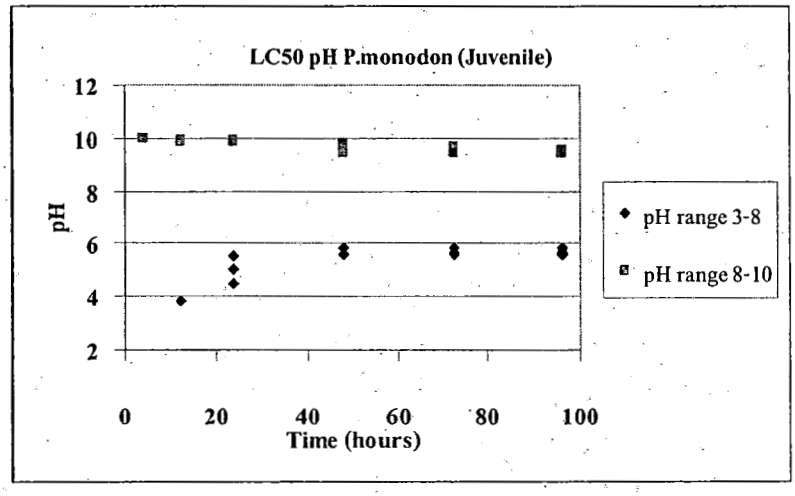


รูปที่ 4.12. % % การตายของกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Juvenile ที่ค่าความเป็นกรด – ด่างต่างๆ ตามระยะเวลา (ชั่วโมง)

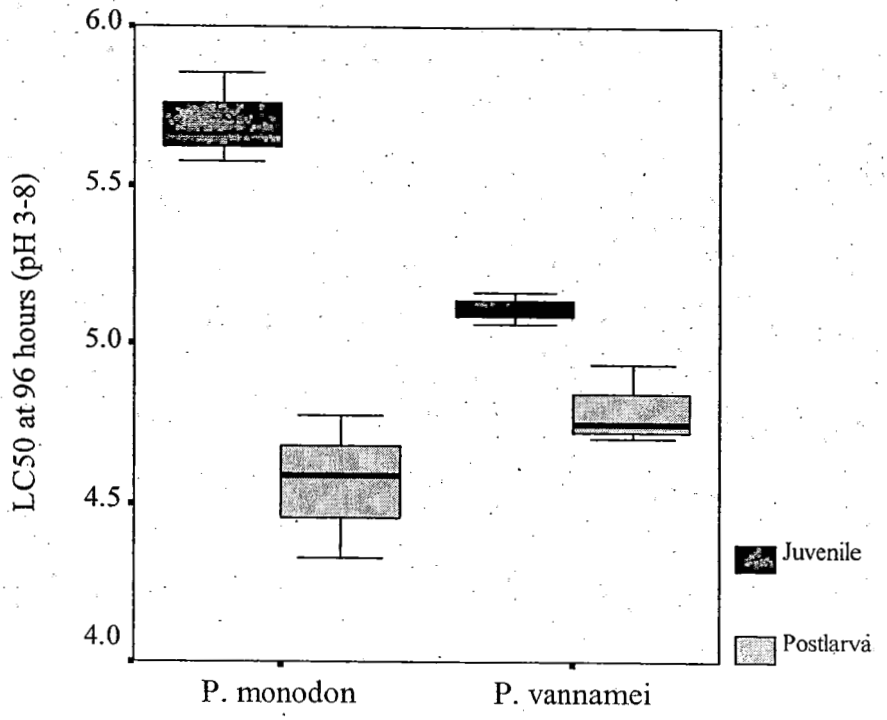
ค่า LC50 ของกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Postlarva และ ระยะ Juvenile มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ช่วงความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 3-8 และลดลงตามเวลาที่ช่วง ความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 7-10 (รูปที่ 4.13 และ 4.14) เช่นเดียวกับกุ้งขาว โดยค่าเฉลี่ยของ LC50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งกุลาดำ ระยะ Postlarva และ ระยะ Juvenile ที่ช่วงความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 3-8 มีค่า 4.56 และ 5.70 ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของ LC50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งขาว ระยะ Postlarva และ ระยะ Juvenile ที่ช่วงความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 7-10 มีค่า 8.71 และ 9.51 ตามลำดับ



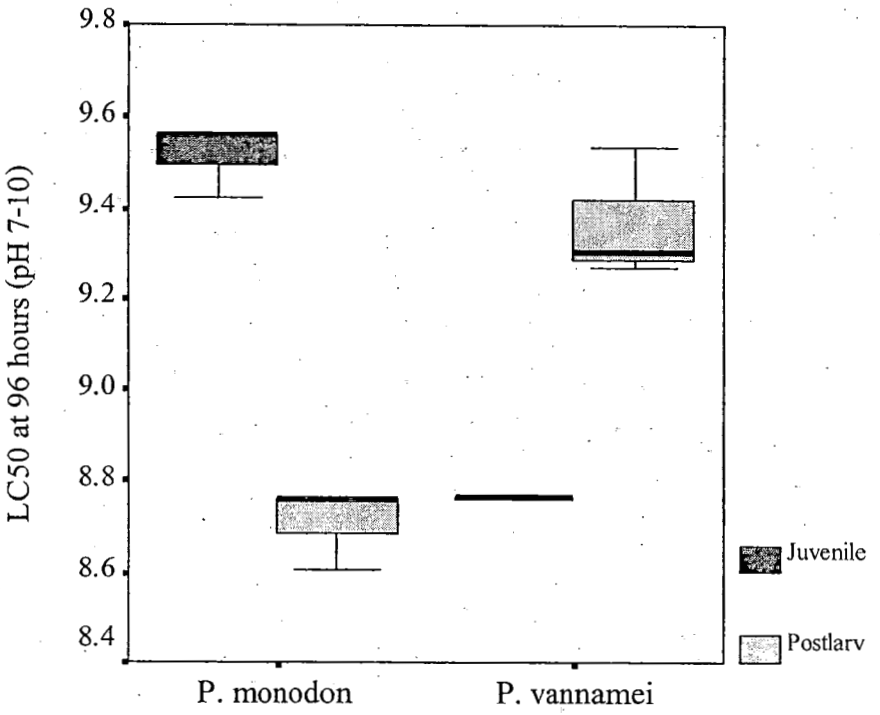
รูปที่ 4.13. การเปลี่ยนแปลงค่า LC50 ของกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Postlarva ที่ค่าความเป็นกรด – ด่างต่างๆ ตามระยะเวลา (ชั่วโมง)



รูปที่ 4.14. การเปลี่ยนแปลงค่า LC50 ของกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Juvenile ที่ค่าความเป็นกรด – ด่างต่างๆ ตามระยะเวลา (ชั่วโมง)



รูปที่ 4.15. Boxplot ของค่า LC50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งขาว (*L.. vannamei*) และกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Postlarva และระยะ Juvenile ที่ช่วงความเป็นกรด – ด่าง 3-8

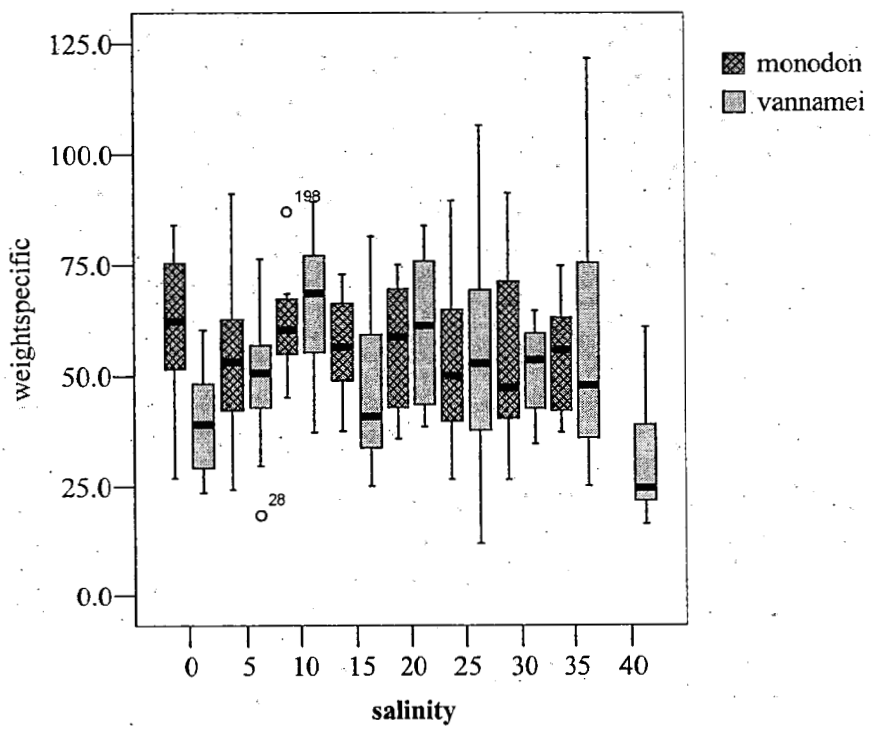


รูปที่ 4.16. Boxplot ของค่า LC50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งขาว (*L.. vannamei*) และกุ้งภุลาดำ (*P. monodon*) ระยะ Postlarva และระยะ Juvenile ที่ช่วงความเป็นกรด – ด่าง 7-10

4.2. ผลของความเค็มต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำ

จากการศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวาที่ระดับความเค็มต่างๆ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, และ 40 ppt พบว่า อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของกุ้งขาวที่ระดับความเค็มแตกต่างกันมีค่าแตกต่างกันไม่ชัดเจน โดยแนวโน้มของอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งขาวที่ระดับความเค็มต่างกันนั้นส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงประมาณ 45-55 µmol/g/h (ตารางที่ 4.1) สำหรับอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ความเค็ม 10 ppt และ 40 ppt นั้น มีค่าสูงและต่ำกว่าที่ความเค็มระดับอื่นๆ มาก ซึ่งจะต้องมีการศึกษาทดลองเพิ่มเติมที่สองระดับความเค็มดังกล่าว และที่ระดับความเค็ม 0 ppt ยังขาดข้องมูล ซึ่งจะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

สำหรับการศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสต์ลาวา ที่ระดับความเค็มต่างๆ เช่นเดียวกับที่ศึกษาในลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวาคือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, และ 40 ppt พบว่า อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของลูกกุ้งกุลาดำที่ระดับความเค็มต่างกันนั้นส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงประมาณ 45-55 µmol/g/h เช่นเดียวกับลูกกุ้งขาว (ตารางที่ 4.2) และพบว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ความเค็ม 10 ppt และ 20 ppt นั้น มีค่าสูงกว่าที่ความเค็มระดับอื่นๆ ซึ่งจะต้องมีการศึกษาทดลองเพิ่มเติมที่สองระดับความเค็มดังกล่าว และที่ระดับความเค็ม 40 ppt ยังขาดข้องมูล ซึ่งจะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป



รูปที่ 4.17. อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ที่ระดับความเค็มต่างๆ ของกุ้งขาว และกุ้งกุลาดำ ระยะโพสต์ลาวา

ตารางที่ 4.1. น้ำหนักเฉลี่ย (g) ความยาวเฉลี่ย (cm) และอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของลูกกุ้งขาวโพสต์ลาวา ที่ระดับความเค็มต่างๆ ที่อุณหภูมิ 27 °C

ความเค็ม (ppt)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	อัตราการบริโภคออกซิเจน (µmol/g/h)	n
0	0.01 5± 0.006	0.97 ± 0.11	39.44 ± 11.18	14
5	0.015 ± 0.008	0.96 ± 0.29	48.800 ± 13.26	20
10	0.015 ± 0.008	0.96 ± 0.29	66.47 ± 15.45	10
15	0.015 ± 0.007	0.88 ± 0.05	46.55 ± 16.41	25
10	0.013 ± 0.005	0.96 ± 0.29	60.51 ± 16.97	16
15	0.013 ± 0.005	0.88 ± 0.05	52.80 ± 21.85	29
10	0.015 ± 0.008	1.11 ± 0.25	51.75 ± 9.67	12
15	0.015 ± 0.007	1.01 ± 0.18	56.58 ± 24.46	20
40	0.013 ± 0.005	0.79 ± 0.13	31.42 ± 15.90	10

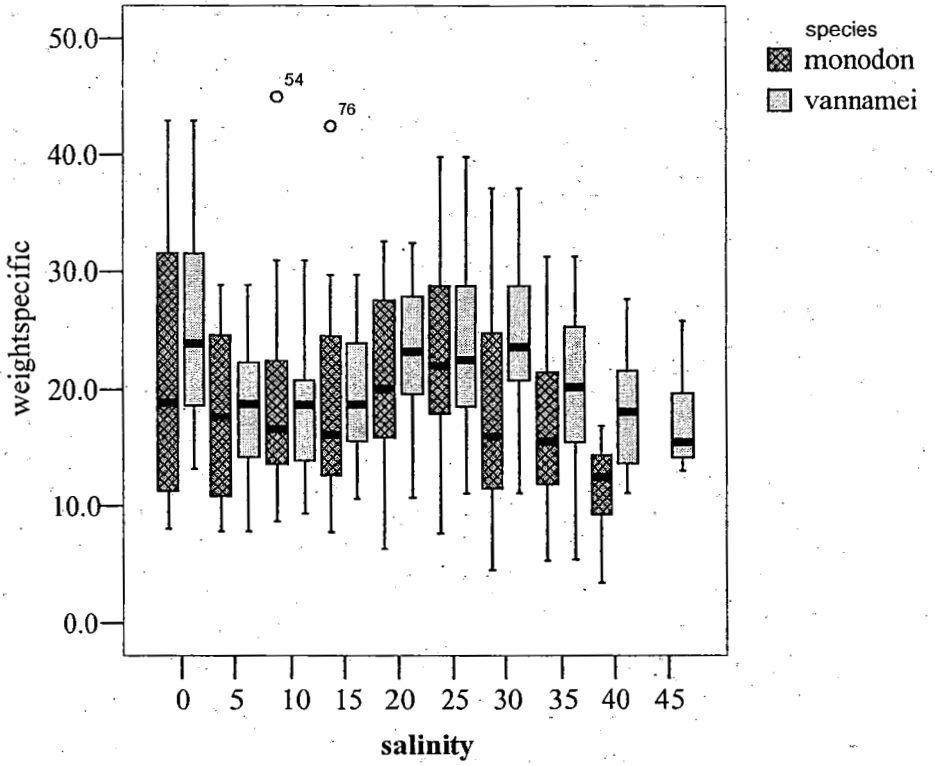
ตารางที่ 4.2. น้ำหนักเฉลี่ย (g) ความยาวเฉลี่ย (cm) และอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของลูกกุ้งกุลาดำโพสต์ลาวา ที่ระดับความเค็มต่างๆ ที่อุณหภูมิ 27 °C

ความเค็ม (ppt)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	อัตราการบริโภคออกซิเจน (µmol/g/h)	n
0	0.017 ± 0.007	1.40 ± 0.33	61.76 ± 17.97	10
5	0.015 ± 0.008	1.18 ± 0.23	53.86 ± 17.29	15
10	0.013 ± 0.004	1.18 ± 0.23	61.36 ± 11.20	11
15	0.016 ± 0.005	1.29 ± 0.34	57.24 ± 11.40	10
20	0.015 ± 0.008	1.18 ± 0.23	60.92 ± 21.45	13
25	0.015 ± 0.008	1.07 ± 0.23	52.62 ± 17.15	20
20	0.017 ± 0.010	1.00 ± 0.38	53.44 ± 21.82	13
25	0.017 ± 0.008	1.23 ± 0.24	54.06 ± 11.80	16

เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของอัตราการบริโภคออกซิเจน ที่ระดับความเค็มต่างๆ ของลูกกุ้งขาวและลูกกุ้งกุลาดำระยะ postlarva พบว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มากดังแสดงในรูปที่ 4.17 แต่มีแนวโน้มว่าอัตราการการบริโภคออกซิเจนที่ระดับความเค็ม 0 และ 40 ppt มีค่าต่ำกว่าระดับความเค็มอื่นๆ และ อัตราการการบริโภคออกซิเจนที่ระดับความเค็ม 10 ppt มีค่าสูงกว่าระดับความเค็มอื่นๆ

4.2.2. ผลของความเค็มต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งระยะวัยรุ่น

จากการศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งขาวระยะวัยรุ่น ที่ระดับความเค็มต่างๆ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, และ 40 ppt พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งขาวที่ระดับความเค็มต่างกันนั้นส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงประมาณ 16-25 µmol/g/h (ตารางที่ 4.3) อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของกุ้งขาวระยะวัยรุ่น ที่ระดับความเค็มแตกต่างกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ความเค็ม 45, 40, 5, 10, 15, 15 และ 35 ppt มีค่าต่ำกว่าที่ความเค็ม 20, 25, 30 และ 0 ppt อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 4.18. อัตราการบริโภคออกซิเจน (weight specific oxygen consumption) ต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ที่ระดับความเค็มต่างๆ ของกุ้ง และกุ้งกุลาดำ ระยะวัยรุ่น

ตารางที่ 4.3. น้ำหนักเฉลี่ย (g) ความยาวเฉลี่ย (cm) และอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของลูกกุ้งขาวระยะวัยรุ่น Juvenile ที่ระดับความเค็มต่างๆ ที่อุณหภูมิ 27 °C

ความเค็ม (ppt)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	อัตราการบริโภคออกซิเจน (µmol/g/h)	n
0	2.59 ± 1.46	7.18 ± 1.471	25.43 ± 8.13	20
5	2.69 ± 1.33	6.96 ± 1.44	18.292 ± 6.15	26
10	2.67 ± 1.60	7.19 ± 1.84	18.59 ± 19.63	19
15	2.35 ± 1.52	7.06 ± 1.56	19.63 ± 5.64	19
10	2.50 ± 1.54	7.02 ± 1.91	23.10 ± 5.83	20
25	2.36 ± 1.45	6.97 ± 1.75	24.15 ± 6.81	20
30	2.58 ± 1.58	7.01 ± 1.75	24.15 ± 6.28	20
35	3.09 ± 1.67	7.18 ± 1.72	19.72 ± 6.98	22
30	3.02 ± 0.97	6.97 ± 1.60	18.21 ± 5.19	22
35	2.19 ± 0.56	5.73 ± 0.63	16.84 ± 3.98	22

ตารางที่ 4.4. น้ำหนักเฉลี่ย (g) ความยาวเฉลี่ย (cm) และอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของลูกกุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่น Juvenile ที่ระดับความเค็มต่างๆ ที่อุณหภูมิ 27 °C

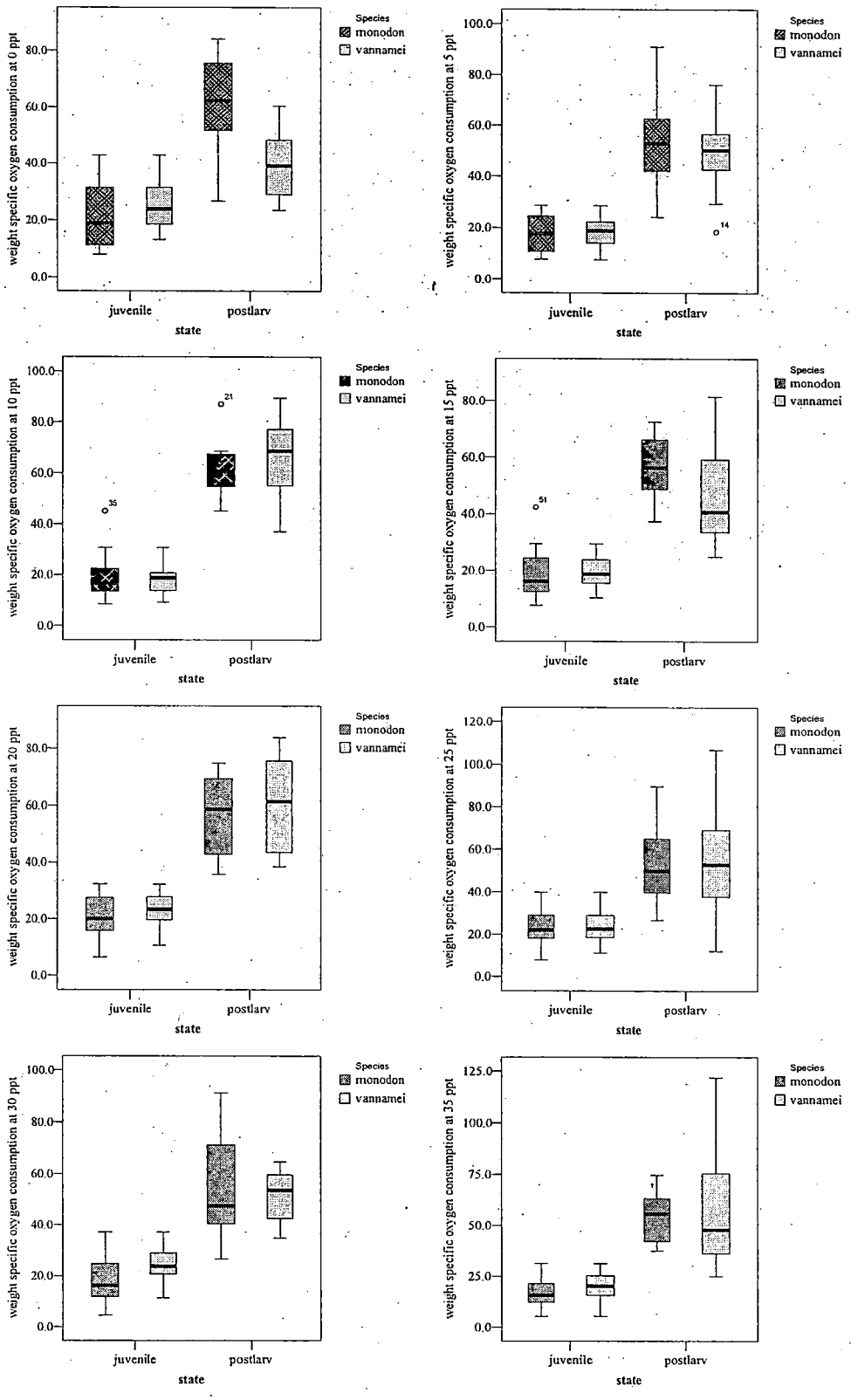
ความเค็ม (ppt)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	อัตราการบริโภคออกซิเจน (µmol/g/h)	n
0	2.47 ± 1.38	6.89 ± 1.18	21.93 ± 11.24	20
5	2.69 ± 1.33	6.96 ± 1.44	18.292 ± 6.15	20
10	2.27 ± 1.33	6.53 ± 1.28	19.01 ± 8.46	20
15	2.31 ± 1.49	6.51 ± 1.16	19.16 ± 8.56	20
20	2.41 ± 1.48	6.67 ± 1.59	20.89 ± 7.26	20
25	2.16 ± 1.28	6.44 ± 1.24	22.82 ± 8.05	20
30	2.42 ± 1.55	6.70 ± 1.54	17.74 ± 8.85	20
35	2.68 ± 1.71	6.73 ± 1.24	16.36 ± 7.62	20
40	3.66 ± 0.55	7.52 ± 0.55	11.52 ± 4.35	10

จากการศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่น ที่ระดับความเค็มต่างๆ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, และ 40 ppt พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งขาวที่ระดับความเค็มต่างกันนั้นส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงประมาณ 11-22 μmol/g/h (ตารางที่ 4.4) อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (μmol/g/h) ของกุ้งขาวระยะวัยรุ่น ที่ระดับความเค็มแตกต่างกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.05$) โดยอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ความเค็ม 40, 35, 30, 5, 10, และ15 ppt มีค่าต่ำกว่าที่ความเค็ม 20, 0 และ 25 ppt อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่นแล้วพบว่ากุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่นมีอัตราการบริโภคออกซิเจนต่ำกว่ากุ้งขาวที่ทุกความเค็ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเค็ม 30, 35 และ 40 ppt เมื่อเปรียบเทียบอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำระยะ postlarva และระยะวัยรุ่น ที่แต่ละความเค็มพบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกุ้งทั้งสองชนิด แต่พบว่า กุ้งระยะ postlarva ของกุ้งทั้งสองชนิดมีอัตราการบริโภคออกซิเจนสูงกว่าของกุ้งทั้งสองชนิดที่ระยะวัยรุ่นที่ทุกความเค็ม (รูปที่ 4.18 และ 4.19)

จากการศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่น ที่ระดับความเค็มต่างๆ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, และ 40 ppt พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งขาวที่ระดับความเค็มต่างกันนั้นส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงประมาณ 11-22 μmol/g/h (ตารางที่ 4.4) อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (μmol/g/h) ของกุ้งขาวระยะวัยรุ่น ที่ระดับความเค็มแตกต่างกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.05$) โดยอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ความเค็ม 40, 35, 30, 5, 10, และ15 ppt มีค่าต่ำกว่าที่ความเค็ม 20, 0 และ 25 ppt อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่นแล้วพบว่ากุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่นมีอัตราการบริโภคออกซิเจนต่ำกว่ากุ้งขาวที่ทุกความเค็ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเค็ม 30, 35 และ 40 ppt เมื่อเปรียบเทียบอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำระยะ postlarva และระยะวัยรุ่น ที่แต่ละความเค็มพบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกุ้งทั้งสองชนิด แต่พบว่า กุ้งระยะ postlarva ของกุ้งทั้งสองชนิดมีอัตราการบริโภคออกซิเจนสูงกว่าของกุ้งทั้งสองชนิดที่ระยะวัยรุ่นที่ทุกความเค็ม (รูปที่ 4.18 และ 4.19)



รูปที่ 4.19. เปรียบเทียบผลของความเค็มต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนระหว่าง กุ้งขาวและกุ้งกุลาดำ ระยะโพสต์ลาวา และระยะวัยรุ่น

4,3. ผลของความเป็นกรด-ด่างต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำ

จากการศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวา ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ พบว่า อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวา มีค่าสูงที่สุดที่ค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 7 – 8 และลดลงเมื่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำสูงขึ้นหรือลดลงกว่านี้ (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5. น้ำหนักเฉลี่ย (g) ความยาวเฉลี่ย (cm) และอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของลูกกุ้งขาวโพสต์ลาวา ที่ระดับ pH ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 27 °C

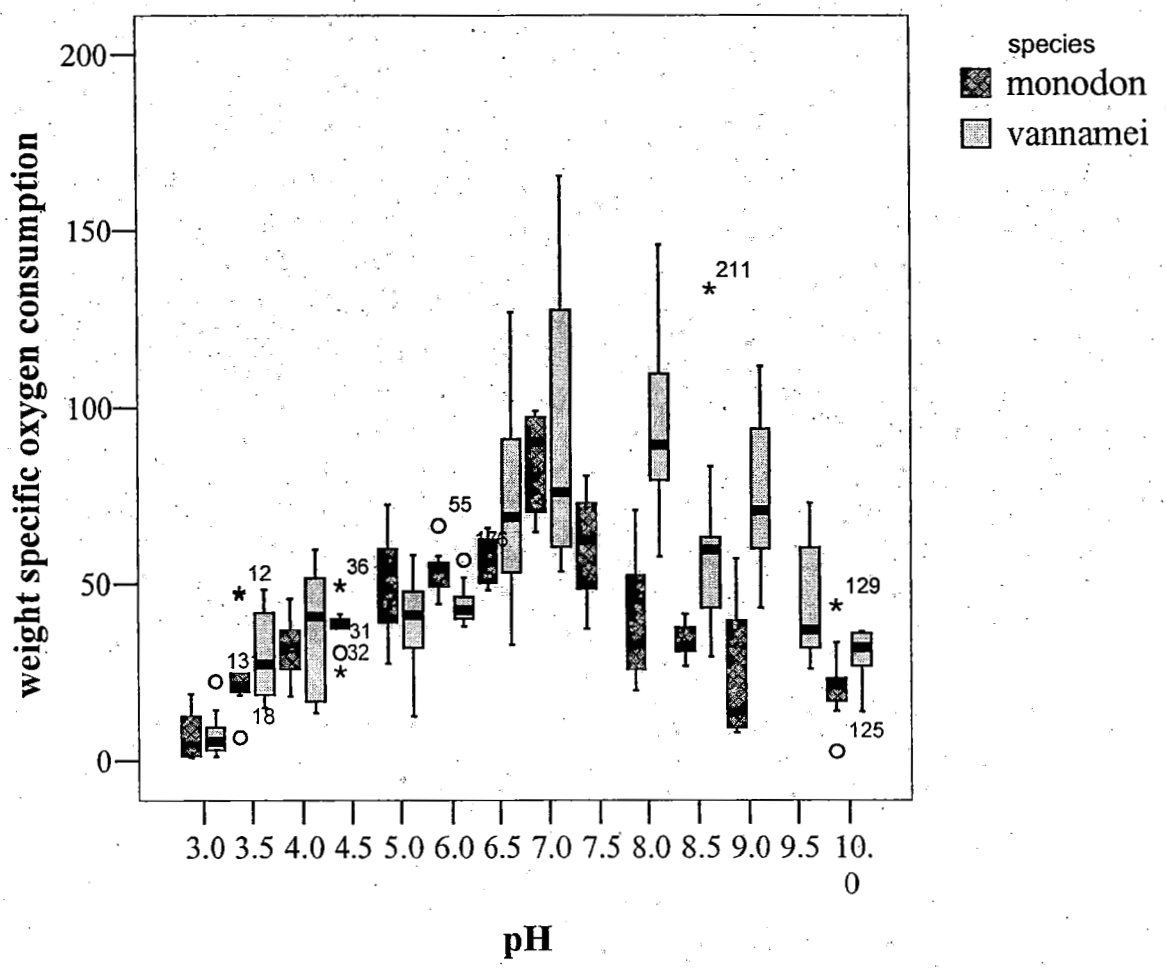
pH	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	อัตราการบริโภคออกซิเจน (µmol/g/h)	n
3.0	0.007 ± 0.002	1.23 ± 0.16	7.55 ± 6.68	10
3.5	0.032 ± 0.001	0.77 ± 0.26	29.83 ± 11.96	10
3.0	0.007 ± 0.002	1.23 ± 0.16	36.31 ± 18.65	10
5.0	0.006 ± 0.002	1.15 ± 0.18	38.93 ± 13.45	10
6.0	0.008 ± 0.004	1.18 ± 0.15	44.25 ± 5.90	10
6.5	0.007 ± 0.002	0.85 ± 0.10	64.57 ± 36.01	10
7.0	0.006 ± 0.003	1.07 ± 0.13	101.51 ± 52.65	10
8.0	0.006 ± 0.003	1.07 ± 0.13	96.03 ± 25.26	10
8.5	0.006 ± 0.003	0.96 ± 0.14	81.21 ± 68.86	10
9.0	0.005 ± 0.003	1.00 ± 0.15	75.9 ± 22.25	10
9.5	0.003 ± 0.001	0.92 ± 0.07	45.42 ± 17.25	10
10.0	0.008 ± 0.002	1.196 ± 0.13	30.16 ± 6.87	10

อัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสต์ลาวาที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ พบว่ามีลักษณะคล้ายคลึงกับอัตราการบริโภคออกซิเจนที่พบในลูกกุ้งขาวคือ ที่ระดับความกรด-ด่างระหว่าง 7 - 7.5 กุ้งกุลาดำระยะโพสต์ลาวามีอัตราการบริโภคออกซิเจนสูงที่สุด และลดลงเมื่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำสูงขึ้นหรือลดลงกว่านี้ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6. น้ำหนักเฉลี่ย (g) ความยาวเฉลี่ย (cm) และอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (μmol/g/h) ของลูกกุ้งกุลาดำโพสต์ลาวา ที่ระดับ pH ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 27 °C

pH	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	อัตราการบริโภคออกซิเจน (μmol/g/h)	n
3.0	0.019 ± 0.009	1.54 ± 0.18	7.30 ± 6.81	10
3.5	0.009 ± 0.002	1.38 ± 0.13	25.06 ± 12.72	10
3.0	0.010 ± 0.003	1.39 ± 0.42	32.28 ± 8.73	10
3.5	0.011 ± 0.002	1.71 ± 0.16	37.83 ± 6.38	10
3.0	0.009 ± 0.002	1.41 ± 0.07	51.33 ± 13.73	10
6.0	0.009 ± 0.001	1.86 ± 0.18	53.7 ± 6.07	10
6.0	0.010 ± 0.002	1.73 ± 0.07	56.19 ± 6.72	10
3.0	0.008 ± 0.002	1.29 ± 0.12	84.83 ± 14.16	10
3.5	0.011 ± 0.005	1.42 ± 0.19	60.49 ± 14.69	10
6.0	0.024 ± 0.007	1.81 ± 0.23	38.00 ± 17.11	10
6.0	0.011 ± 0.002	1.43 ± 0.10	33.48 ± 4.70	10
6.0	0.023 ± 0.014	1.71 ± 0.28	23.03 ± 17.93	10
10.0	0.020 ± 0.025	1.33 ± 0.43	21.99 ± 10.97	10

เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ ของกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยอัตราการบริโภคออกซิเจนมีค่าต่ำที่สุดที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 3.0 และจะค่อยๆ สูงขึ้นที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.5, 10.0, 4.0, 5.0, 6.0, และ 9.5 โดยที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 7 และ 8 มีอัตราการบริโภคออกซิเจนสูงที่สุด ผลการทดสอบทางสถิติอัตราการบริโภคออกซิเจน ของกุ้งกุลาดำระยะโพสต์ลาวาที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ มีลักษณะคล้ายคลึงกับกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวา โดยอัตราการบริโภคออกซิเจนมีค่าต่ำที่สุดที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 3.0 และจะค่อยๆ สูงขึ้นที่ความเป็นกรด-ด่าง 10.0, 9.0, 3.5, 4.0, 8.5, 4.5, และ 8.0 โดยที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 7 มีอัตราการบริโภคออกซิเจนสูงที่สุด โดยที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 7 กุ้งขาวและกุ้งกุลาดำระยะโพสต์ลาวามีอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่ที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่า 7 กุ้งกุลาดำระยะโพสต์ลาวามีอัตราการบริโภคออกซิเจนต่ำกว่ากุ้งขาวระยะโพสต์ลาวาที่ทุกระดับความเป็นกรด-ด่าง (รูปที่ 4.20)



รูปที่ 4.20. อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ที่ ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ กัน ของกุ้งขาว *(Litopenaeus vannamei)* และกุ้งกุลาดำ *(Penaeus monodon)* ระยะโพสต์ลาวา

4.2.4. ผลของความเป็นกรด-ด่างต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งระยะวัยรุ่น

การทดสอบทางสถิติของอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งขาวระยะวัยรุ่น ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของกุ้งขาวระยะวัยรุ่น มีค่าต่ำที่สุดที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 10 และมีอัตราการบริโภคออกซิเจนสูงที่สุดที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 4, 5, 7 และ 8 (ตารางที่ 4.7)

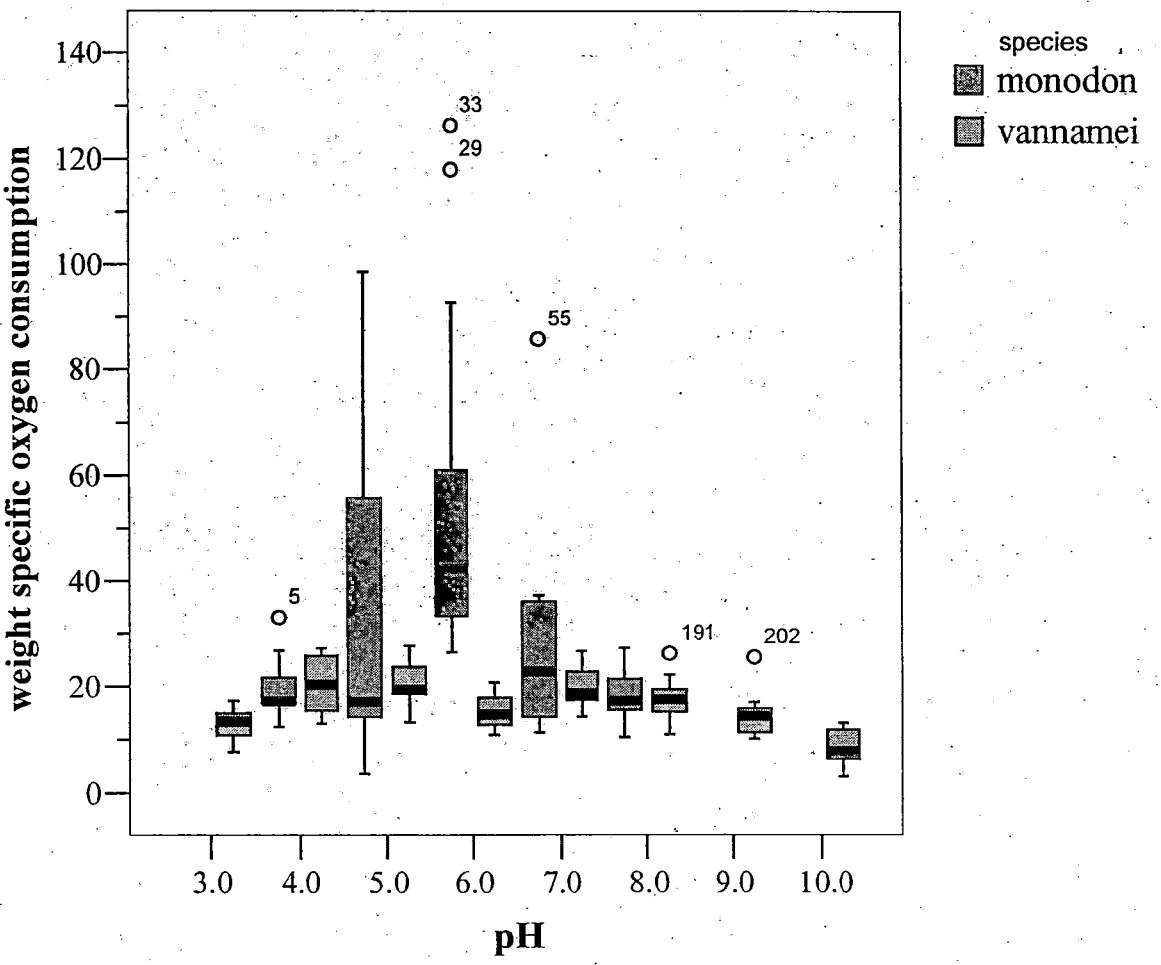
ส่วนอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่น ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของกุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่นที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 6 มีอัตราการบริโภคออกซิเจนสูงที่สุด (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.7. น้ำหนักเฉลี่ย (g) ความยาวเฉลี่ย (cm) และอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของกุ้งขาวระยะวัยรุ่น ที่ระดับ pH ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 27 °C

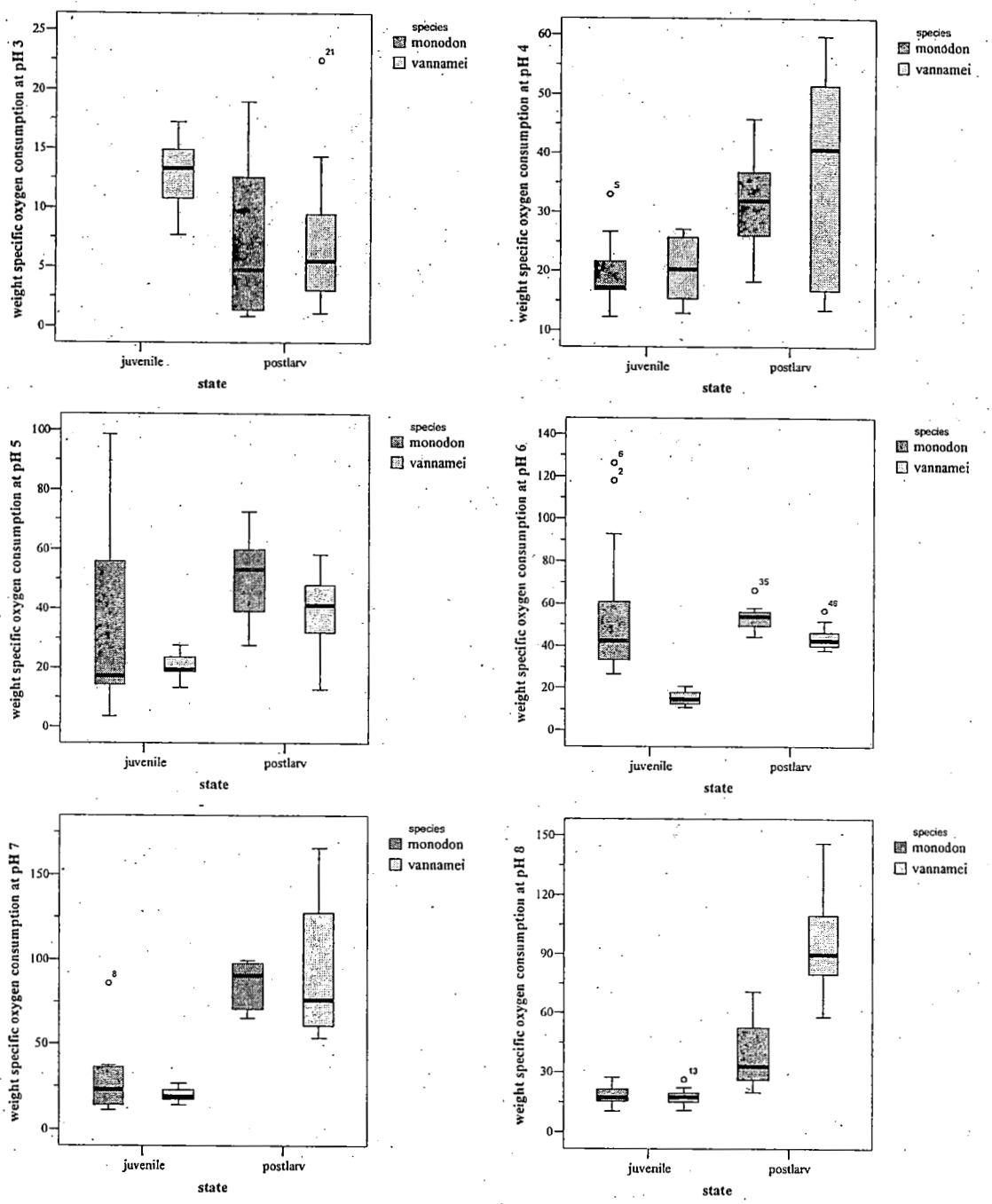
pH	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	อัตราการบริโภคออกซิเจน (µmol/g/h)	n
3	4.83 ± 0.71	9.04 ± 0.45	12.78 ± 3.06	10
4	4.38 ± 0.83	8.77 ± 0.54	32.28 ± 8.73	10
3	3.72 ± 0.71	8.50 ± 0.48	20.61 ± 4.08	10
6	3.96 ± 0.83	8.52 ± 0.54	15.31 ± 3.17	10
7	3.82 ± 0.55	8.22 ± 0.40	19.85 ± 4.06	10
8	3.67 ± 0.58	8.32 ± 0.59	17.44 ± 4.53	10
9	3.41 ± 0.45	8.50 ± 0.48	14.56 ± 4.48	10
10	3.52 ± 0.73	8.41 ± 0.53	8.38 ± 3.30	10

ตารางที่ 4.8. น้ำหนักเฉลี่ย (g) ความยาวเฉลี่ย (cm) และอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของกุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่น ที่ระดับ pH ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 27 °C

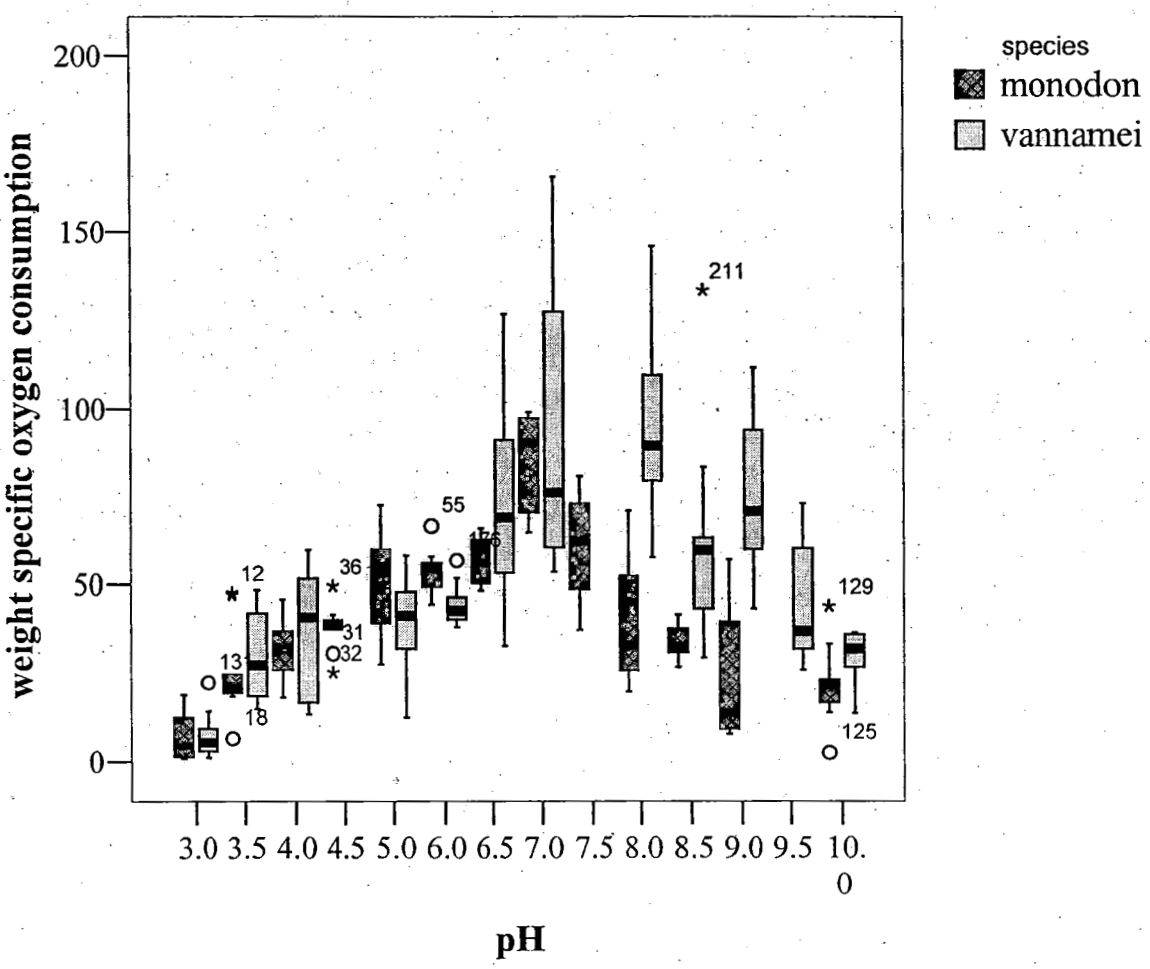
pH	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	อัตราการบริโภคออกซิเจน (µmol/g/h)	n
4	2.81 ± 1.03	6.61 ± 0.81	19.75 ± 5.59	10
4	2.58 ± 1.11	6.49 ± 0.96	33.62 ± 29.76	15
4	2.11 ± 1.11	6.34 ± 1.06	52.62 ± 29.56	20
9	2.65 ± 1.31	6.67 ± 1.30	28.62 ± 20.41	12
4	2.44 ± 0.87	6.31 ± 0.66	18.45 ± 4.63	12



รูปที่ 4.21. เปรียบเทียบอัตราการบริโภคออกซิเจนระหว่างกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่นที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ



รูปที่ 4.22. เปรียบเทียบอัตราการบริโภคออกซิเจนระหว่างกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำที่ระยะโพสต์ลาวาและระยะวัยรุ่น



รูปที่ 4.20. อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ที่ ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ กัน ของกุ้งขาว *(Litopenaeus vannamei)* และกุ้งกุลาดำ *(Penaeus monodon)* ระยะโพสต์ลาวา

4.2.4. ผลของความเป็นกรด-ด่างต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งระยะวัยรุ่น

การทดสอบทางสถิติของอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งขาวระยะวัยรุ่น ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของกุ้งขาวระยะวัยรุ่น มีค่าต่ำที่สุดที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 10 และมีอัตราการบริโภคออกซิเจนสูงที่สุดที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 4, 5, 7 และ 8 (ตารางที่ 4.7)

ส่วนอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่น ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของกุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่นที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 6 มีอัตราการบริโภคออกซิเจนสูงที่สุด (ตารางที่ 4.8)

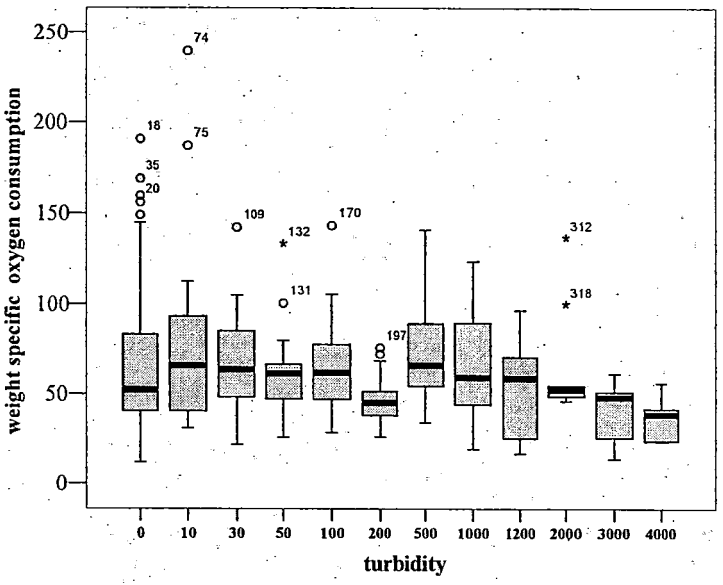
4.2.5. ผลของความขุ่นต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งระยะโพสต์ลาวา

จากการศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวาที่ระดับความขุ่นต่างๆ พบว่า อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลาของกุ้งขาวไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในรูปที่ 4.23 และรายละเอียดของข้อมูลในตารางที่ 4.9

จากการศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจน ของลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสต์ลาวาที่ระดับความขุ่นต่างๆ พบว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลาของกุ้งกุลาดำไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในรูปที่ 4.24 และรายละเอียดของข้อมูลในตารางที่ 4.10 ไม่พบความแตกต่างของอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ระดับความขุ่นต่างๆ ระหว่างกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำ (รูปที่ 4.25)

ตารางที่ 4.9. น้ำหนักเฉลี่ย (g) ความยาวเฉลี่ย (cm) และอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของลูกกุ้งขาวโพสต์ลาวา ที่ระดับความขุ่นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 27 °C

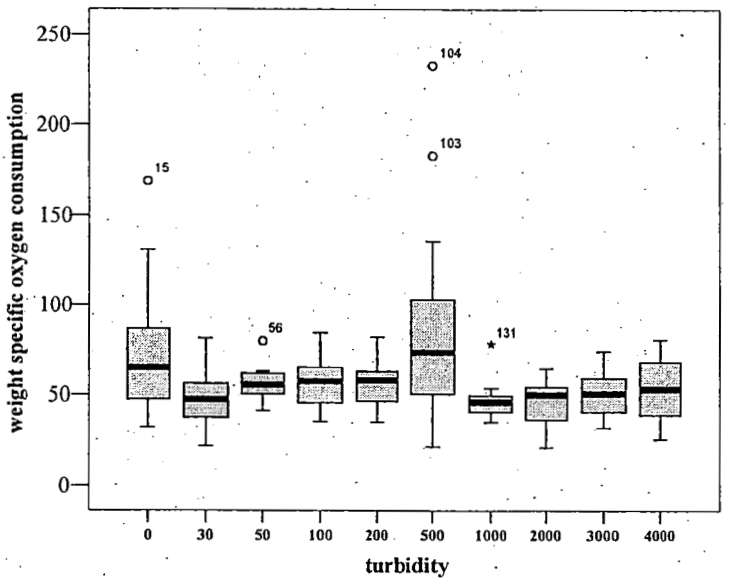
ความขุ่น (มิลลิกรัม/ลิตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	อัตราการบริโภคออกซิเจน (µmol/g/h)	n
0	0.008 ± 0.004	0.85 ± 0.25	66.75 ± 39.81	73
10	0.007 ± 0.003	0.72 ± 0.14	76.29 ± 44.55	31
10	0.007 ± 0.003	0.74 ± 0.17	67.44 ± 27.53	20
50	0.011 ± 0.003	0.85 ± 0.25	60.02 ± 21.30	28
100	0.010 ± 0.003	1.01 ± 0.25	63.40 ± 24.63	32
200	0.011 ± 0.003	1.07 ± 0.28	46.55 ± 12.19	28
100	0.008 ± 0.003	0.99 ± 0.31	71.79 ± 25.06	30
1000	0.008 ± 0.003	0.90 ± 0.19	65.72 ± 27.04	46
1000	0.010 ± 0.003	0.80 ± 0.12	52.00 ± 24.61	20
2000	0.006 ± 0.002	1.23 ± 0.12	65.70 ± 31.51	9
2000	0.011 ± 0.003	1.60 ± 0.17	41.37 ± 16.57	9
4000	0.011 0.002	1.48 0.10	35.16 11.51	9



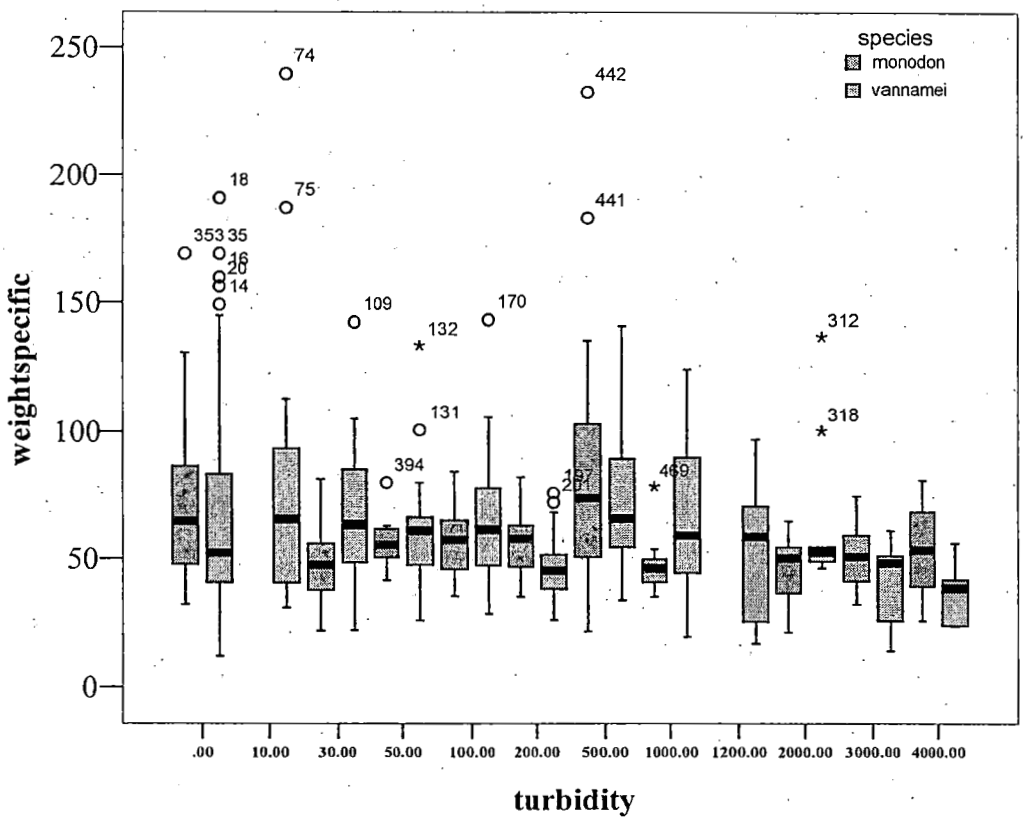
รูปที่ 4.23. อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ที่ ระดับความขุ่นต่างๆ ของกุ้งขาว *(Litopenaeus vannamei)* ระยะโพสต์ลาวา

ตารางที่ 4.10. น้ำหนักเฉลี่ย (g) ความยาวเฉลี่ย (cm) และอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ของลูกกุ้งกุลาดำโพสต์ลาวา ที่ระดับความขุ่นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 27 °C

ความขุ่น (มิลลิกรัม/ลิตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	อัตราการบริโภคออกซิเจน (µmol/g/h)	n
0	0.007± 0.003	0.81 ± 0.11	72.56 ± 33.16	30
30	0.015 ± 0.008	1.18 ± 0.23	48.18 ± 15.47	15
30	0.013 ± 0.004	1.18 ± 0.13	56.46 ± 10.31	11
100	0.012 ± 0.006	1.28 ± 0.25	56.67 ± 12.99	20
100	0.011 ± 0.005	1.15 ± 0.31	56.54 ± 12.14	20
100	0.006 ± 0.003	0.93 ± 0.32	82.84 ± 46.70	30
1000	0.010 ± 0.002	1.478 ± 0.07	48.21 ± 12.74	9
2000	0.015 ± 0.010	1.54 ± 0.25	45.23 ± 9.00	9
2000	0.012 ± 0.006	1.46 ± 0.22	51.13 ± 13.55	8
1000	0.013 ± 0.004	1.49 ± 0.17	53.59 ± 21.37	7



รูปที่ 4.24. อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ที่ ระดับความขุ่นต่างๆ ของกุ้งกุลาดำระยะโพสต์ลาวา



รูปที่ 4.25. เปรียบเทียบอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (µmol/g/h) ที่ ระดับความขุ่นต่างๆ ของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำระยะโพสต์ลาวา

บทที่ 5
อภิปรายผลการศึกษา

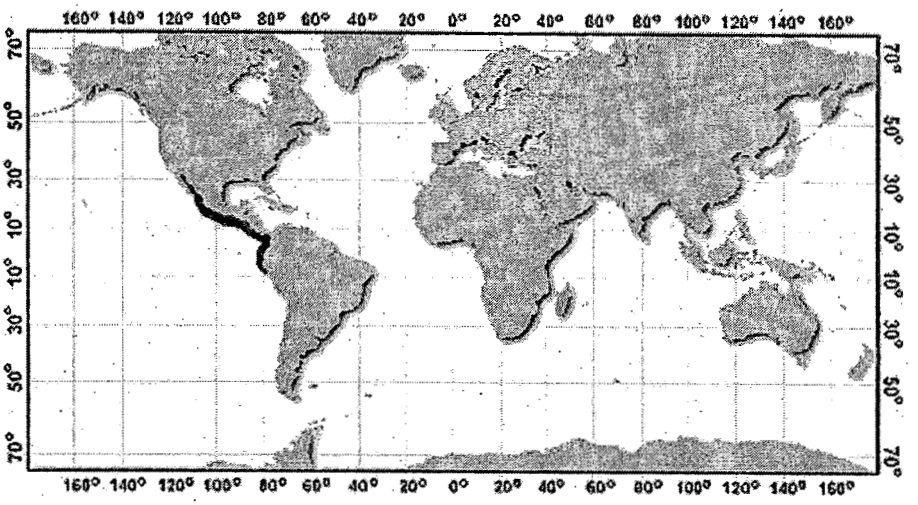
5.1. ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำระยะ โพสต์ลาวา (postlarva) และระยะวัยรุ่น (juvenile)

ผลจากการศึกษาพบว่าน้ำที่มีค่าความเค็ม 0 ทำให้กุ้งขาว ระยะ Postlarva และระยะ Juvenile ตายทั้งหมดในระยะเวลา 4 ชั่วโมง และ กุ้งกุลาดำ ระยะ Postlarva และระยะ Juvenile ตายในระยะเวลา 8 ชั่วโมง น้ำที่มีค่าความเค็ม 40 ทำให้กุ้งขาว ระยะ Postlarva ตายทั้งหมดในระยะเวลา 4 ชั่วโมง แต่กุ้งกลุ่มอื่นๆ ถึงแม้ว่าจะมีอัตราการตายสูงแต่ก็มีกุ้งที่รอดอยู่บ้าง ช่วงความเค็มของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีพของ กุ้งขาว ระยะ Postlarva และ ระยะ Juvenile มีค่าระหว่าง 5-20 และ 5-35 ppt ตามลำดับ ในขณะที่ กุ้งกุลาดำ ระยะ Postlarva และระยะ Juvenile สามารถดำรงชีพได้ดีระหว่าง 5-30 และ 5-35 ppt ตามลำดับ ทั้งนี้กุ้งขาวและกุ้งกุลาดำเป็นกุ้งที่มีความสามารถในการปรับตัวของสัตว์น้ำให้เข้ากับสภาพความเค็มที่เปลี่ยนแปลงไปแบบออสโมเรกูเลเตอร์

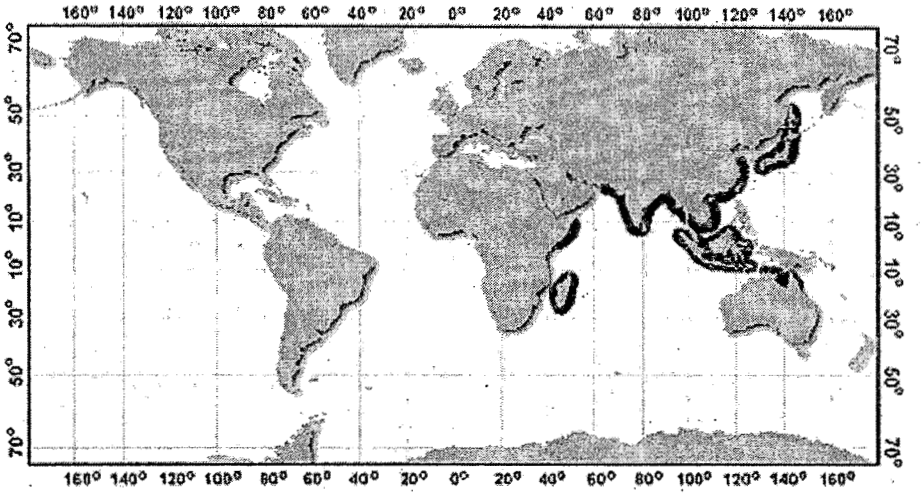
จากการคำนวณค่า LC 50 ที่ 96 ชั่วโมงของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อกุ้งทั้งสองชนิดและสองระยะนี้ พบว่ากุ้งทั้งสองชนิดในระยะ Postlarva มีความสามารถในการทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงที่แคบกว่ากุ้งในระยะ Juvenile ของมัน (ตารางที่ 5.1) และกุ้งขาวทั้งระยะ Postlarva และ ระยะ Juvenile มีความทนทานในน้ำที่มีความเค็มต่ำได้ดีกว่ากุ้งกุลาดำทั้งสองระยะ แต่ความทนทานในน้ำที่มีความเค็มสูงพบว่ากุ้งกุลาดำระยะ Postlarva ทนทานต่อน้ำที่มีความเค็มสูงได้ดีกว่ากุ้งขาวระยะ Postlarva แต่กุ้งทั้งสองชนิดในระยะJuvenile มีความทนทานในน้ำที่มีความเค็มสูงได้ใกล้เคียงกัน จากข้อมูลผลของความเค็มต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำระยะโพสต์ลาวา อาจพอจะสรุปข้างต้นได้ว่า มีความเป็นไปได้ว่าลูกกุ้งทั้งสองชนิดมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำได้ดีในช่วงกว้างและในระดับใกล้เคียงกัน ซึ่งจะเห็นได้จากค่าอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละระดับความเค็ม

ตารางที่ 5.1. ค่าเฉลี่ย LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมงของความเค็มของกุ้งขาว (*L. vannamei*) และกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*)

ชนิดกุ้ง /ระยะ	96h-LC50 low salinity	96h-LC50 high salinity
กุ้งขาว ระยะ (postlarva)	0.42 ppt	30.23
กุ้งขาว ระยะ (juvenile)	0.02	44.85
กุ้งกุลาดำ ระยะ (postlarva)	0.02	32.42
กุ้งกุลาดำ ระยะ (juvenile)	0.517	43.08



รูปที่ 5.1. พื้นที่กระจายของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ตามธรรมชาติบริเวณฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิคจาก Sonora, Mexico จนถึง south to northern Peru **(FAO/SIDP Species Identification Sheets, 2007)**

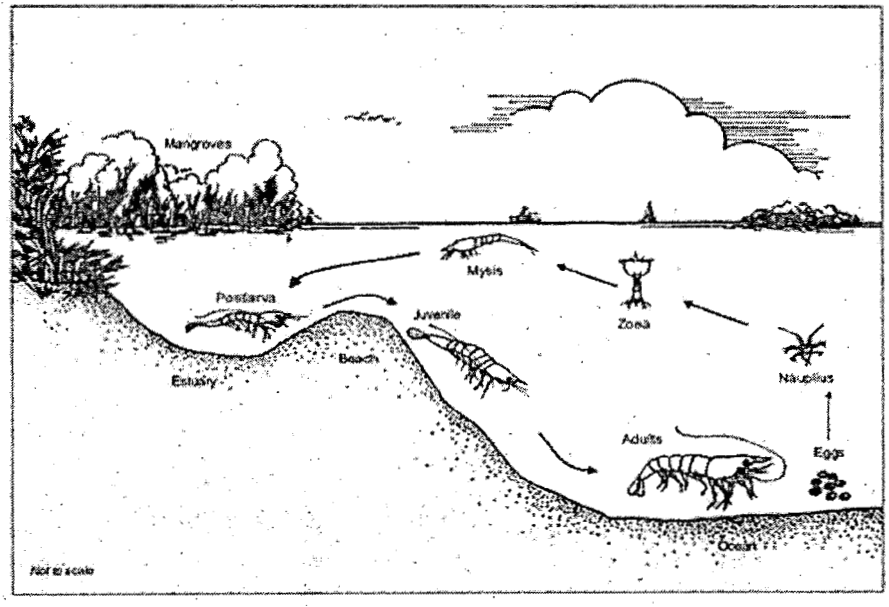


รูปที่ 5.2. พื้นที่กระจายตัวของกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*)จากฝั่งตะวันออกของทวีปอาฟริกา จนถึงออสเตรเลีย **(FAO/SIDP Species Identification Sheets, 2007)**

กุ้งขาว (*L. vannamei*) และกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) เป็นกุ้งในครอบครัว (Family) Penaeidae ทั้งคู่ โดยกุ้งขาวมีแหล่งที่อยู่อาศัยและแพร่กระจายบริเวณชายฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิคจาก Sonora, Mexico จนถึง south to northern Peru (รูปที่ 5.1) ในขณะที่กุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) มีแหล่งที่อยู่อาศัยและแพร่กระจายจากตั้งแต่ฝั่งตะวันออกของทวีปอาฟริกา จนถึงออสเตรเลีย กุ้งทั้งสองชนิดนี้และมีวงจรชีวิตคล้ายคลึงกัน คือ ตัวโตเต็มวัยจะใช้ชีวิตอยู่ในทะเลและเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์ กุ้งกลุ่มนี้จะวางไข่ในน้ำทะเลที่มีความเค็มระหว่าง จากนั้นไข่จะพัฒนาไปเป็นตัวอ่อนในระยะ nauplius,

protozoea, mysis และตัวอ่อนในระยะ Postlarva ซึ่งตัวอ่อนจะเคลื่อนย้ายเข้ามาดำรงชีพอยู่บริเวณชายฝั่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณเอสทูรี และป่าชายเลน ซึ่งมีความเค็มโดยทั่วไปต่ำกว่าในทะล แต่มีความแปรปรวนสูงกว่าในทะเล ตัวอ่อนในระยะ Postlarva ของกุ้งทั้งสองชนิดจะเจริญเติบโตไปเป็นกุ้งในระยะ Juvenile และเมื่อโตเต็มวัยก็มักจะเคลื่อนย้ายออกไปสู่ทะเลเพื่อไปผสมพันธ์และวางไข่อีกครั้งหนึ่ง ในช่วงที่กุ้งในกลุ่มนี้ metamorphosis ไปเป็นกุ้งในระยะ postlarva นั้นมีพบ osmoregulatory tissues ปรากฏขึ้นที่ gill และ epipodites ซึ่งทำให้ กุ้งมีความสามารถในการ osmoregulate และ ทนการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ดีความสามารถในการ osmoregulate จะเพิ่มขึ้นเมื่อกุ้งในระยะ postlarva มีอายุมากขึ้น แต่ เมื่อเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยนั้นความสามารถในการ osmoregulate จะเปลี่ยนแปลงไปโดยในบางสายพันธ์อาจจะมดขึ้นในบางสายพันธือาจจะแย่ลง (Charmatier et al., 1988; Charmatier-Daures et al., 1988; Bauaricha et al., 1994)

ลักษณะวงจรชีวิตของกุ้งทั้งสองชนิด น่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้กุ้งทั้งสองชนิดในระยะ Postlarva และ ระยะ Juvenile มีความทนทานต่อน้ำที่มีความเค็มแปรปรวนในช่วงกว้างได้ดี แต่อย่างไรก็ตามความเค็มที่ต่ำมากๆ หรือสูงมากๆ จะทำให้กุ้งเจริญเติบโตได้ไม่ดีเท่าไหร่ จากผลการศึกษาผลกระทบของความเค็มต่ออัตราการรอด การเจริญเติบโต และการลอกคราบของลูกกุ้งกุลาดำช่วงอายุ (P_{15}-P_{17}) เป็นระยะเวลา 20 วัน ของ ธีรนุช ผลประเสริฐ (2530) พบว่าที่ความเค็ม 30-35 ppt ลูกกุ้งมีอัตราการรอด 100 % และลูกกุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดที่ระดับความเค็ม 15-35 ppt ในขณะที่ ธานี พูนดีและคณะ (2532) และ ไกลวัล แผ้วฉ่ำ (2535) สรุปว่าระดับความเค็มที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ (P_{15}) คือ 20 ppt โดยกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตทั้งในด้านน้ำหนักตัวเฉลี่ยและความยาวตัวเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายดีที่สุด



รูปที่ 5.3. วงจรชีวิตของกุ้งในตะกูล Penaeid

จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษาผลของความเค็มต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งขาวและลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสต์ลาวา อาจพอจะสรุปข้างต้นได้ว่า มีความเป็นไปได้ว่าลูกกุ้งทั้งสองชนิดมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำได้ดีในช่วงกว้าง และในระดับใกล้เคียงกัน ซึ่งจะเห็นได้จากค่าอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ไม่แตกต่างกันมากในแต่ละระดับความเค็ม

Kinne (1964) ที่รายงานว่า สัตว์น้ำหลายชนิดตอบสนองต่อระดับความเค็มที่ลดลงด้วยการเพิ่มอัตราการบริโภคออกซิเจน

Bishop *et al* (1980) รายงานว่า อัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้ง *P. aztecus* ที่ความเค็ม 10 และ 20 ส่วนในพัน จะเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ผลของความเค็มจะไม่เด่นชัดถ้ากุ้งผ่านการปรับตัวแล้วและช่วงความเค็มที่เปลี่ยนแปลงไม่สูงเกินไป

Dalla Via (1986) พบว่ากุ้ง *P. japonicus* นั้น เมื่อความเค็มลดลงจาก 37 เป็น 10 ส่วนในพัน อัตราการบริโภคออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 300 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาอีก 2-3 ชั่วโมง จะลดลงมาคงที่ที่ 200เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผ่านช่วงเวลาการปรับตัวแล้ว

Kutty *et al* (1971) พบว่ากุ้ง *P. indicus* มีอัตราการใช้พลังงานต่ำสุดในช่วงความเค็ม 10-20 ส่วนในพัน และเมื่อให้สัตว์มีการปรับตัวให้คุ้นเคยกับความเค็มที่เปลี่ยนแปลงจากความเค็มเดิม (24 ชั่วโมง) อัตราการใช้ออกซิเจนจะมีค่าต่ำที่ความเค็มเหมาะสมกับเมตาบอลิซึมของร่างกาย ซึ่งในสภาวะนี้จะพบระดับกิจกรรมในสภาวะทั่วไป (routine activity level) มีค่าต่ำสุดที่อุณหภูมิและความเค็มที่สัตว์มีการปรับตัวให้คุ้นเคยแล้ว

Kinne (1964) กล่าวว่า ความเค็มจะมีผลต่ออัตราการใช้พลังงาน โดยการปรับตัวต่อความเค็มที่เปลี่ยนแปลงนั้น จะเป็นไปในลักษณะเพิ่มการตื่นตัวเพื่อที่จะต่อสู้กับความเครียดที่เกิดขึ้นในระบบสรีรวิทยาของสัตว์ อันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยตรง ในขณะที่ Lofts (1956) มีความเห็นต่างออกไปว่า การเปลี่ยนแปลงความเค็มนั้นไม่มีผลต่อขบวนการควบคุมสมดุลย์ของน้ำในร่างกาย (osmoregulation) โดยตรง แต่จะมีผลต่อกระบวนการอื่นๆ ใน ร่างกายเช่น ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้พลังงาน ทั้งนี้เพราะพลังงานที่ใช้ในการทำงานของขบวนการควบคุมสมดุลย์ของน้ำในร่างกายมีน้อยมากเมื่อเทียบกับอัตราการใช้พลังงานทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น กุ้ง ซึ่งตรงกับความเห็นของ Bishop et al (1980) ว่า สัดส่วนพลังงานดังกล่าวในปู *Eriocheir sinensis* มีค่าเพียง 0.5% เท่านั้น แต่ถ้าเปรียบเทียบกับกุ้งแล้ว กุ้งขนาดใหญ่จะใช้พลังงานในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพความเค็มที่เปลี่ยนแปลงมากกว่ากุ้งขนาดเล็ก ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้กุ้งต้องอพยพออกห่างจากชายฝั่ง เพื่อที่จะวางไข่ (Bishop et al,1980)

5.2. ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด – ด่างของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำระยะ โพสต์ลาวา (postlarva) และระยะวัยรุ่น (juvenile)

ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่างพบว่าที่ ลูกกุ้งขาว (*P. vannamei*) ระยะ Postlarva ที่ถูกปรับไปอยู่ในน้ำที่มีค่า pH 3 ตายหมดในเวลา 4 ชั่วโมงแรก ที่ pH 4 ลูกกุ้งจะทะยอยตายหมดในเวลา 48 ชั่วโมง โดย % การตายจะค่อยๆ ลดลงเมื่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยจากการศึกษานี้พบว่าความเป็นกรด-ด่าง 7 เป็นค่าที่ไม่พบการตายของลูกกุ้งเลย และลูกกุ้งจะเริ่มตายอีกที่ pH 10 ในเวลา 4 ชั่วโมงแรกลูกกุ้งขาวประมาณ 50% และตายทั้งหมด100 % ที่ชั่วโมงที่ 72 (รูปที่ 4.7)

ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่างพบว่าที่ ลูกกุ้งขาว (*P. vannamei*) ระยะ Juvenile ที่ถูกปรับไปอยู่ในน้ำที่มีค่า pH 3 ตายหมดในเวลา 4 ชั่วโมงแรก ที่ pH 4 ลูกกุ้งจะทะยอยตายหมดในเวลา 48 ชั่วโมง โดย % การตายจะค่อยๆ ลดลงเมื่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยจากการศึกษานี้พบว่าความเป็นกรด-ด่าง 8 เป็นค่าที่พบการตายของลูกกุ้งต่ำที่สุด และลูกกุ้งจะเริ่มตายอีกที่ pH 9 และ 10 ในเวลา 4 ชั่วโมงแรกลูกกุ้งขาวประมาณ 50% และตายทั้งหมด100 % ที่ชั่วโมงที่ 72 (รูปที่ 4.8)

ตารางที่ 5.2. ค่าเฉลี่ย LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมงของความเค็มของกุ้งขาว (*L. vannamei*) และกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*)

ชนิดกุ้ง /ระยะ	96h-LC50 low pH	96h-LC50 high pH
กุ้งขาว ระยะ (postlarva)	4.96	9.37
กุ้งขาว ระยะ (juvenile)	5.11	8.76
กุ้งกุลาดำ ระยะ (postlarva)	4.56	8.76
กุ้งกุลาดำ ระยะ (juvenile)	5.70	9.51

ค่า LC50 ของกุ้งขาว (*P. vannamei*) ระยะ Postlarva และ ระยะ Juvenile มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ช่วงความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 3-8 และลดลงตามเวลาที่ช่วง ความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 7-10 (รูปที่ 4.9 และ 4.10) โดยค่าเฉลี่ยของ LC50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งขาว ระยะ Postlarva และ ระยะ Juvenile ที่ช่วงความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 3-8 มีค่า 4.96 และ 5.11 ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของ LC50 ที่ 96 ชั่วโมงของกุ้งขาว ระยะ Postlarva และ ระยะ Juvenile ที่ช่วงความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 7-10 มีค่า 9.37 และ 8.76 ตามลำดับ

จากการศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวา ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ คือ control, 8, 7, 6, 5 และ 4 พบว่า อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (μmol/g/h) ของกุ้งขาวที่ระดับความกรด-ด่างต่างๆ มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อน้ำมีความเป็นกรดมากขึ้น แต่เมื่อความเป็นกรดมากขึ้นถึงจุดหนึ่งคือที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 พบว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า กุ้งไม่สามารถทนต่อสภาพความเป็นกรดที่มีค่าต่ำกว่า 5 โดยกุ้งเริ่มแสดงอาการอ่อนแอ อัตราการบริโภคจึงลดน้อยลง

สำหรับอัตราการบริโภคออกซิเจนของลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสต์ลาวาที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ คือ control, 8, 7, 6, 5 และ 4 พบว่ามีลักษณะคล้ายคลึงกับอัตราการบริโภคออกซิเจนที่พบในลูกกุ้งขาวคือ ที่ระดับความกรด-ด่างต่างๆ มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อน้ำมีความเป็นกรดมากขึ้น แต่เมื่อความเป็นกรดมากขึ้นถึงจุดหนึ่งคือที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 พบว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอาจเป็นไปได้เช่นกันว่า กุ้งไม่สามารถทนต่อความเป็นกรดที่มีค่าต่ำกว่า 5 โดยกุ้งเริ่มแสดงอาการอ่อนแอ อัตราการบริโภคจึงลดน้อยลง (ตารางที่ 4) เมื่อนำข้อมูลอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ ของลูกกุ้งขาวและลูกกุ้งกุลาดำมาเปรียบเทียบกัน พบว่าแนวโน้มของอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันมากดังแสดงในรูปที่ 2

Boyd (1996) กล่าวไว้ว่าผลของความเป็นกรด-ด่างต่อกุ้งมีการศึกษาไม่มากนักแต่น่าจะคล้ายกับปลา ผลกระทบของความเป็นกรด-ด่างต่อกุ้งกุลาดำ โดยความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 4 เป็นกรดกุ้งจะตาย ความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 4-6 การเจริญเติบโตช้า ความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 6-9 การเจริญเติบโตดีที่สุด ความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 9-11 การเจริญเติบโตช้า และความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 11 เป็นด่าง กุ้งจะตาย

ผลจากการศึกษานี้คล้ายคลึงกับการศึกษาก่อนหน้านี้ โดย Allan และ Maquire (1992) ได้ทดลองพบว่าน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.7 จะทำให้กุ้งกุลาดำวัยรุ่นตาย 50% ภายใน 96 ชั่วโมง ยนต์ มุสิก (2532) ทดลองผลกระทบเฉียบพลันของ ความเป็นกรด-ด่าง ที่เป็นกรดของน้ำต่อกุ้งแชบ๊วยและกุ้งกุลาดำ ภายในระยะเวลา 96 ชั่วโมง พบว่ากุ้งแชบ๊วยขนาด 0.015, 0.52 และ 2.20 กรัมและกุ้งกุลาดำขนาด 0.018, 0.70 และ 6.22 กรัม ตายหมด 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง 3 และรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง 5 ที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง 4 กุ้งกุลาดำขนาด 0.018 กรัมและกุ้งแชบ๊วยขนาด 0.015 และ 0.52 กรัม ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กุ้งกุลาดำขนาด 0.73 กรัม และ 6.22 กรัม และกุ้งแชบ๊วยขนาด 2.20 กรัม รอดตาย 30, 80 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การทดลองผลกระทบระยะยาวของ ความเป็นกรด-ด่าง ที่เป็นกรด โดยใช้กุ้งแชบ๊วยขนาด 0.018 กรัม และกุ้งกุลาดำขนาด 0.021 กรัมที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง 5 และ 6 ปรากฏว่าที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง 5 กุ้งแชบ๊วยตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 7 วัน และ กุ้งกุลาดำตายหมด 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 33 วัน ที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง 6 ทั้งอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งแชบ๊วยลดลงมากอย่างเห็นได้ชัด โดยแตกต่างกับค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดตายและอัตราการ

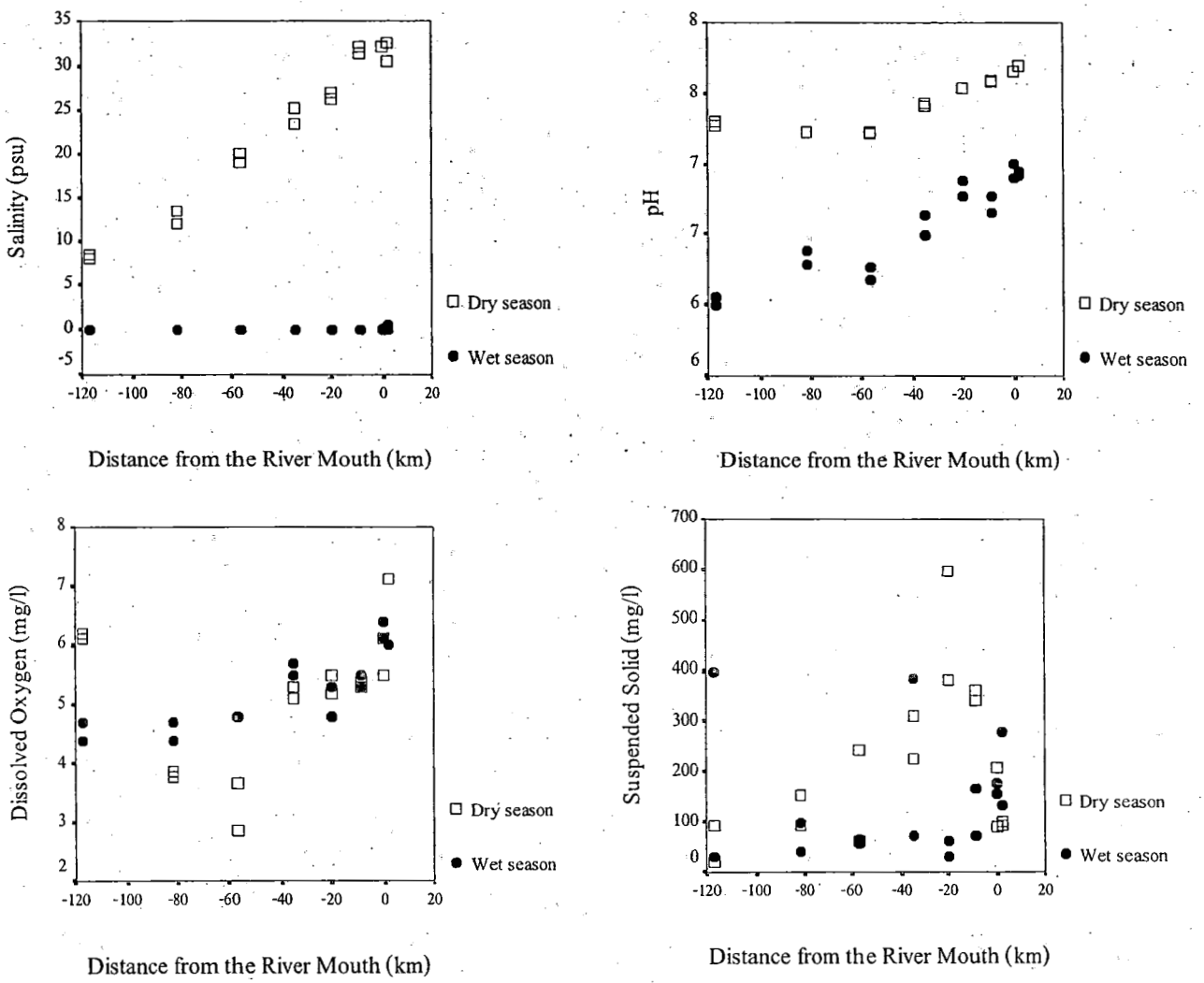
Chiba *et al* ทำการศึกษาการตอบสนองต่อความขุ่น ในกุ้ง Pandalid ที่ระดับความขุ่น 4 ระดับ คือ 0, 200, 1,000 และ 1,800 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ระดับความขุ่น 200, 1,000 และ 1,800 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณตะกอนสารแขวนลอยอุดตามช่องเหงือกอย่างหนาแน่น

5.4. โอกาสที่กุ้งขาวจะดำรงชีพอยู่ในเอสทูรีของแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย

กุ้งขาว (*L. vannamei*) และ กุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ซึ่งเป็นกุ้งที่สามารถทนการเปลี่ยนแปลงความเค็มและความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำได้ในช่วงกว้าง และจากข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง (ตารางที่ 5.1. และรูปที่ 5.1) แสดงให้เห็นว่าแม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในช่วงกว้าง โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการ คุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกงนี้ได้แก่ฤดูกาล โดยในช่วงฤดูฝน ปริมาณน้ำฝนที่มากจะผลักดันลงสู่ปากแม่น้ำ ทำให้ในช่วงเวลานี้น้ำในแม่น้ำบางปะกงจะจืดและความเป็นกรด-ด่างของน้ำก็จะลดลงด้วย ดังนั้นในช่วงฤดูฝนคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกงจะไม่ส่งเสริมการอยู่รอดของกุ้งขาว (*L. vannamei*) และ กุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) แต่ในช่วงฤดูแล้ง ความเค็มของน้ำจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นอันเนื่องมาจากการรุกของน้ำทะเล และการระเหยของน้ำ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ทำให้ในช่วงฤดูแล้งคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกงเหมาะสมกับการดำรงชีพของกุ้งทั้งสองชนิด

ตารางที่ 5.1. ความลึกของน้ำ และคุณภาพน้ำโดยทั่วไปในเอสทูรีของแม่น้ำบางปะกงในฤดูแล้ง และฤดูฝน (สุวรรณา ภาณุตระกูล และคณะ 2543)

พารามิเตอร์	ฤดูแล้ง		ฤดูฝน	
	พิสัย	เฉลี่ย ± S.E	พิสัย	เฉลี่ย ± S.E
ความลึก (m)	4.0-10.7	6.5±0.6	3.5-11.5	7.8±0.8
อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	29-33	31±0.3	29-31	30±0.2
ความเค็ม (psu)	8.0-32.5	23.0±2.2	0-0.5	0±0
ความเป็นกรด-ด่าง	7.2-7.7	7.5±0.1	6-7	6.6±0.1
ออกซิเจนละลายน้ำ (mg l^{-1})	2.9-7.1	5.3±0.3	4.4-6.4	5.3±0.2



รูปที่ 3.1. คุณภาพน้ำได้แก่ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยที่ตรวจวัดจากสถานีต้นน้ำ (-120 km) ถึงปากแม่น้ำบางปะกง (0 km) ในฤดูแล้ง (□) และฤดูฝน (●)(สุวรรณา ภาณุตระกูล และคณะ 2543)

เอกสารอ้างอิง

ไกลวัล แผ้วฉ่ำ. 2535. อิทธิพลของความเข้มแสงและความเค็มที่มีต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย ในการอนุบาลกุ้งกุลาดำวัยอ่อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 107 หน้า.

จารุวัฒน์ นภีตะภัฏ และสมนึก กบิลรมย์. (2532). *การเปลี่ยนแปลงอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งกุลาดำ, Penaeus monodon* Fabricius, *ในความเค็มและอุณหภูมิต่างระดับ*. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 24/2532(หน้า 23). สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดระยอง กองประมงน้ำกร่อย กรมประมง.

จารุวัฒน์ นภีตะภัฏ และสมนึก กบิลรัตน์. (2529). *การบริโภคออกซิเจนของลูกค้ากุ้งกุลาดำในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ* รายงานวิชาการ. สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดระยอง

จารุวัฒน์ นภีตะภัฏ, สมนึก กบิลรัตน์และ ยงยุทธ สุดมี. (2534). *การบริโภคออกซิเจนของกุ้งแชบ๊วย, Penaeus merguiensis de Man*. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 8/2534. สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดระยอง กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง.

ธานี พูนดี, ศักดิ์ชัย ชูโชติ และ ปวีณา กิจสวัสดิ์. 2532. *การอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำในระดับความเค็มต่างๆกัน*. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2530. เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 38 หน้า.

พรทิพย์ งานสกุล. 2535. การแพร่กระจายของสารอาหารในแม่น้ำบางปะกง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิชาญ สว่างวงศ์ สุชนา วิเศษสังข์ ปราโมทย์ โศจิศุภร เคชนทร เฉลิมวัฒน์ สมถวิล จริตควร และถนอมศักดิ์ บุญภักดี. 2541. การศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เคมีและชีววิทยา บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง 2537-2540. ใน รายงานวิจัย โครงการร่วม NRCT –JSPS. กรุงเทพฯซ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ยนต์ มุสิก. 2532. ผลของพีเอชที่เป็นกรดของน้ำต่ออัตราการรอดตายและเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดและกุ้งแชบ๊วย. รายงานการวิจัยสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บรรจง เทียนส่งรัศมี. 2542. เทคโนโลยีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ หลังศตวรรษที่ 20: การเลี้ยงกุ้งแนวใหม่ ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ตามอนุกรม ISO14001. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม. บูรพา.

สุวรรณา ภาณุตระกูล ฉลวย มุสิกะ และ ไพฑูรย์ มกกงไผ่. 2543. พฤติกรรมของโลหะหนักในแม่น้ำบางปะกง. รายงานฉบับสมบูรณ์ สภาวิจัยแห่งชาติ

นงนุช ลีลาปิยะนาถ. 2534. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การศึกษาอนุกรมวิธานของกุ้งทะเลบางชนิดที่พบบริเวณชายฝั่งตะวันออกของประเทศไทย. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี. 48 น.

อรพินท์ จินตสถาพร.2530. การใช้ออกซิเจนของกุ้งทะเลที่พบในกุ้งธรรมชาติของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Aquacop. 1979. Penaeid reared brood stock: closing the cycle of *P. monodon, P. stylirostris* and *P. vannamei*. Proceedings of the World Mariculture Society 10: 445-452

Bouaricha, N., Charmantier-Daures, M., Thuet, P., Trilles, J.P., Charmantier, G., 1994. Ontogeny of osmoregulatory structures in the shrimp Penaeus japonicus. Biol. Bull. 186, 29–40.

Bishop, J.M., Gosselike, JG., Stone, JH.,(1980) Oxygen consumption and hemolymph osmolality of brown shrimp *Penaeus aztecus.* Fish B – NOAA 78 (3), 741 -757

Briggs, M., Funge-Smith, S., Subasinghe, R. and Philips, M. (2004). Introductions and movement of Penaeus vannamei and Penaeus stylirostris in Asia and the Pacific. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS REGIONAL OFFICE FOR ASIA AND THE PACIFIC. R. P. 2004/10. Bangkok, FAO: 99.

Charmantier, G., Charmantier-Daures, M., Bouaricha, N., Thuet, P., Aiken, D.E., Trilles, J.P., 1988. Ontogeny of osmoregulation and salinity tolerance in two Decapod Crustaceans: Homarus americanus and Penaeus japonicus. Biol. Bull. 175, 102–110.

Charmantier-Daures, M., Thuet, P., Charmantier, G., Trilles, J.-P., 1988. Tolérance a la salinité et osmorégulation chez les postlarves de Penaeus japonicus et P. chinensis. Effet de la température. Aquat. Living Resour. 1, 267–276.

Chicharo, L. A. Chicharo, M. Gaspar, F. Alves and J. Regala. 1996. Ecological characterization of drdged and non-dredge bivalve fishing areas off south Portugal. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 82: 41-50.

Chicharo, M. A., L. Chicharo, A. Amaral, S. Condinho, F. Alves, J. Regala and M. Gaspar. 2003. Adenylic-derived indices and reburying time as indicators of the effects of dredging-induced streaa on the clam Spisula solida. Mar. Biol. Inpress

FAO/SIDP Species Identification Sheet. 2007. **http://www.oceansatlas.com/world_fisheries_and_**

aquaculture/html/resources/capture/mainspec/default.htm

Holl, W. and R. L. Webb. 1989. Fluorescence methods for the analysis of nucleic acids in recombinant biological products. In Goldberg (ed.) Luminescence Application in Biological Chemical Environmental and Hydrological Series. ACS Symposium series 383.

Kinne, O. (1964). The effect of temperature and salinity on marine and brackish water animals. *Oceannography Marine Biology Animal Research, 2*, 281–339.

Lemonnier, H., Bernard, E., Boglio, E., Goarant, C., & Cochard, J. C. (2004). Influence of sediment characteristics on shrimp physiology : pH as principal effect. *Aquaculture, 240*, 297-312.

Lofts, B.(1956). The effect of salinity on the respiratory rate of the prawn. *Journal of Experimental Biology,* 33, 730-736.

Newell, R.C. (1979). Biology of intertidal animals. *Journal Experimental Marine Ecology Surveys Faversham, Kent, 2*(4), 700 – 781.

Rosas, C., A. Sanchez, E. Diaz, L.A. Soto, G. Gaxiola and R. Brito 1997. Critical dissolved oxygen level to Penaeus setiferus and P. schmitti postlarvae (PL 10-18) expose to salinity changes. Comparative Biochemistry and Physiology. 100A: 75-80.

Rosas. C., N. Lopez, P. Mercado, and E. Martinez. 2001. Effect of salinity acclimation on oxygen consumption of juveniles of the white shrimp Litopenaeus vannamei. J. of Crustracean Biology. 22(4): 912-922.

Padlan, P. G. **Pond Culture: POND CULTURE OF PENAEID SHRIMP.** Lectures presented at ARAC for the Senior Aquaculturists course AFRICAN REGIONAL AQUACULTURE CENTRE, PORT HARCOURT, NIGERIA. ARAC/87/WP 12 (14) UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS NIGERIAN INSTITUTE FOR OCEANOGRAPHY AND MARINE RESEARCH PROJECT RAF/82/009

Perez Farfante, I. and B. Kensley. 1997. Penaeoid and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World. Keys and Diagnoses for the Families and Genera. Memories du Museum National D'Historie Naturelle, Paris, France. 233 pp.

379220

Pillai, B. R. and A. D. Diwan, 2001. Effect of acute salinity stress on oxygen consumption and ammonia excreation rates of the marine shrimp *Metapeneus monoceros*. J. of Crustracean Biology. 22(1): 45-52.

RaO, K.P.1958. Oxygen consumotion as a function of size and salinity in *Metapenaeus monoceros* Fab. from marine and brackish-weter environment. Journal of Experimental Biology, 35(2), 307-313

Reyes, J.G.G., L. Dalla-Venezia and M. G. L. Alvarez. 2002. Effect of some organophosphorus pesticides on oxygen consumption of shrimp, Litopenaeus vannamei. Ecotoxicology and Environmental Safety. 52: 134-136.

Strickland, J.D. H. and T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fishery Research Board of Canada Bulletin. 167.

Walker, C.H., S.P. Hopkin, R.M. Sibly and D.B. Peakall. 1998. Principles of Ecotoxicology. Talor & Francis Ltd