รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเปลี่ยนแปลงสรีระเคมีของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่ขนาดต่าง ๆ
Physicochemical changes of white shrimp *(Litopenaeus vannamei)* at different sizes.

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 103209

สัญญาเลขที่ 41/2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเปลี่ยนแปลงสรีระเคมีของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่ขนาดต่าง ๆ
Physicochemical changes of white shrimp *(Litopenaeus vannamei)* at different sizes.

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

3 กันยายน พ.ศ. 2558

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการการเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงทางสรีระเคมีของกุ้งขาวตามขนาดเป็นสิ่งที่จำเป็นมาก ในการทดลองนี้จึงได้นำกุ้งขาวจากบ่อเลี้ยง 5 ขนาด (6, 12,18, 24 และ 30 กรัม) มาทำการปรับสภาพในน้ำความเค็ม 25 psu ในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร ที่ความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร ให้อาหารสำเร็จรูปกุ้งขาวระดับโปรตีนอย่างน้อย 35% ปริมาณ 5% ของน้ำหนักตัว แบ่งให้วันละ 4 ครั้ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เมื่อปรับสภาพกุ้งครบ 2 สัปดาห์ จึงคัดกุ้งระยะลอกคราบ D0 ของกุ้งขาวทั้ง 5 ขนาดในแต่ละซ้ำ มาเก็บเลือด ตับ และตับอ่อน และเปลือกเพื่อมาวัดปริมาณของแร่ธาตุ 9 ชนิด ได้แก่ Na, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Cl, P และ S ด้วยเครื่อง X-ray fluorescent spectrophotometer ED^{2000}

จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของ Na, K, Mg, Ca, Cu และ P ในพลาสมา ตับและตับอ่อน S ในพลาสมา และ P ในเปลือกของกุ้งขาวขนาดเล็ก (6 กรัม) มีความเข้มข้นสูงที่สุด (p<0.05) ความเข้มข้นของชนิดแร่ธาตุที่นอกเหนือจากข้างต้นทั้ง 3 อวัยวะมีค่าไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ชี้ชัดได้ว่ากุ้งขนาดเล็กมีความพร้อมสูงกว่ากุ้งขนาดใหญ่กว่า ทั้งด้านพลังงาน การควบคุมสมดุลเกลือแร่ กระบวนการลอกคราบ การสร้างเปลือก เพื่อสนับสนุนอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่ากุ้งขนาดใหญ่

Abstract

This experiment was aimed to increased efficiency for raising *Litopenaeus vannamei* shrimp. Physio-chemical change of shrimp in various sizes was very necessary to understand. Pond-reared white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in 5 sizes (6, 12, 18, 24 และ 30 g in total weight) were held at 50 shrimps/m^2 in 250-L fiberglass tank under 25 psu. They were fed four times daily with at least 35% protein pellet feed by ration of 5% of shrimp body weight. Three replications were operated. After an acclimation the experimental shrimp for two weeks, hemolymph, hepatopancreas and cuticle of experimental shrimp at D0 stage among different sizes were collected and further analyzed for concentrations of Na, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Cl, P and S using X-ray fluorescent spectrophotometer ED^{2000}.

The experiment found that concentrations of Na, K, Mg, Ca, Cu and P in plasma and hepatopancreas, S in plasma, including P in cuticle of the small shrimp (6 g) were the significant highest concentration ($p<0.05$). Concentrations of minerals besides above from the three organs were not different ($p>0.05$). This indicates that the completeness of the smaller shrimp is superior to that of the larger one including energy, ionic balance, molting, cuticle formation for supporting their higher growth rate.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 41/2558

Acknowledgment

This work was financially supported by the research grant of Burapha university through National Research Council of Thailand (Grant No. 41/2558)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทนำ	1
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
วิธีดำเนินการวิจัย	7
ผลการทดลอง	10
อภิปรายผลการทดลอง	15
สรุปผลการทดลอง	16
เอกสารอ้างอิง	17

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ความเข้มข้นของ Na, K และ Cl ในพลาสมากุ้งขาว (*L. vannamei*) ขนาดต่าง ๆ	10
2	ความเข้มข้นของ Mg และ Ca ในพลาสมากุ้งขาว (*L. vannamei*) ขนาดต่าง ๆ	11
3	ความเข้มข้นของ P และ S ในพลาสมากุ้งขาว (*L. vannamei*) ขนาดต่าง ๆ	11
4	ความเข้มข้นของ Cu และ Mn ในพลาสมากุ้งขาว (*L. vannamei*) ขนาดต่าง ๆ	12
5	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของโซเดียม (ก) แมกนีเซียม (ข) โพแทสเซียม (ค) แคลเซียม (ง) แมงกานีส (จ) ทองแดง (ฉ) คลอไรด์ (ช) ซัลเฟอร์ (ซ) และฟอสฟอรัส (ฌ) ในเปลือกกุ้งขาว (*L.vannamei*) ที่ขนาดต่าง ๆ	13
6	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของโซเดียม (ก) แมกนีเซียม (ข) โพแทสเซียม (ค) แคลเซียม (ง) แมงกานีส (จ) ทองแดง (ฉ) คลอไรด์ (ช) ซัลเฟอร์ (ซ) และฟอสฟอรัส (ฌ) ในตับและตับอ่อนของกุ้งขาว (*L.vannamei*) ที่ขนาดต่าง ๆ	14

บทนำ

การเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ของประเทศไทยในปัจจุบันมีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย จึงเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญแทนกุ้งกุลาดำและทำรายได้อย่างดีให้กับเกษตรกร ซึ่งในการเลี้ยงแต่ละรุ่นจะปล่อยลูกกุ้งที่ความหนาแน่นสูงเพื่อที่จะให้ได้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงมากที่สุด เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า การเจริญเติบโตของสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียน รวมทั้งกุ้งชนิดนี้นั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับการลอกคราบ ซึ่งความสำเร็จในการลอกคราบขึ้นอยู่กับความสามารถในการปรับตัวด้านสรีรวิทยาต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงไปของสรีระเคมีภายในร่างกายกุ้งตามวงจรการลอกคราบ และคาดว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดหรืออายุของกุ้ง เนื่องจากกุ้งขนาดเล็กกว่าย่อมมีความถี่ของการลอกคราบสูงกว่า เปอร์เซ็นต์การกินอาหารและมีการใช้พลังงานต่อน้ำหนักมากกว่า มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งระดับเอนไซม์และประสิทธิภาพของเอนไซม์ย่อยอาหารหลายชนิดยังมีความแตกต่างกันตามช่วงวัยหรือขนาดอีกด้วย (Lee and Lawrence, 1997) ดังนั้น วงจรความสมดุลแร่ธาตุ (ionic regulation) ในร่างกายของกุ้งน่าที่จะแตกต่างกันไปตามขนาด และและแร่ธาตุหลายชนิดมีความสัมพันธ์ต่อเอนไซม์และประสิทธิภาพของเอนไซม์ ดังนั้นความสำเร็จในการเลี้ยงกุ้งขึ้นอยู่กับความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาของกุ้งตามช่วงวัยหรือขนาด เมื่อเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีระเคมีแล้ว จะสามารถนำข้อมูลพื้นฐานนี้ไปใช้ในการกำหนดวิธีการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและการจัดการการเลี้ยงให้เหมาะสมกับความต้องการภายในร่างกายกุ้งขาวตามช่วงวัยหรือขนาดเพื่อเพิ่มผลผลิต รวมถึงข้อควรระวังและลดปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อสรีระเคมีของกุ้งขาว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางสรีระที่ค้นพบจากการวิจัยนี้ คาดว่าจะสามารถทราบระดับที่เหมาะสมและวิกฤติสำหรับการควบคุมสมดุลแร่ธาตุของกุ้งขาวของแต่ละช่วงวัยหรือขนาด เพื่อที่จะนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อกำหนดและควบคุมปัจจัยด้านอาหาร ด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเค็ม และแนวทางการจัดการเสริมแร่ธาตุบางชนิดในน้ำที่ใช้เลี้ยงและในอาหารอย่างถูกหลักวิชาการ ช่วยสร้างเสริมประสิทธิภาพการเลี้ยงกุ้งขาว และเพื่อจะช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับการตายของกุ้งขาวที่มีปัญหาจากการลอกคราบ

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แร่ธาตุมีบทบาทหลายประการสำหรับสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียน (crustacean) แร่ธาตุเป็นองค์ประกอบในเมทริกซ์ (metrix) เนื้อเยื่อที่มีความแข็งแรง (hard tissue) เช่น เปลือกหรือโครงร่างแข็ง เนื้อเยื่อที่อ่อนนุ่ม (soft tissue) เช่น ซัลเฟอร์ในโปรตีน เมทัลโล-โปรตีน (metalloprotein) เช่น สังกะสีในคาร์บอกซีเปปติเดต (carboxypeptidase) โคแฟคเตอร์ (cofactor) และ/หรือ ตัวกระตุ้นในเอนไซม์หลายชนิด (เช่น สังกะสี และ แมงกานีส) และฮีโมไซยานิน (hemocyanin) (เช่น ทองแดง) ส่วนแร่ธาตุที่ละลายง่ายกว่า เช่น แคลเซียม โซเดียม โปแตสเซียม แมกนีเซียม และคลอไรด์ จะทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบสมดุลเกลือแร่ (osmoregulation) และรักษาระดับความเป็นกรดด่างภายในร่างกาย และความต่างศักย์ของเมมเบรน (membrane potential)

กุ้งขาวมีการเจริญเติบโตด้วยการลอกคราบ องค์ประกอบทางเคมีของเลือดมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะลอกคราบและสิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งมีผลต่อกลไกการควบคุมสรีระเคมีภายในร่างกายเพื่อการเจริญเติบโตและกลไกการลอกคราบมีผลกระทบต่อระยะเวลาการลอกคราบและความสำเร็จในการลอกคราบ การรักษาสมดุลเกลือแร่ในวงจรการลอกคราบของสัตว์ในกลุ่มครัสเตรเชียนนั้น จะมีการเพิ่มความเข้มข้นของเลือดโดยการเพิ่มปริมาณของแคลเซียม แมกนิเซียม โซเดียม และคลอไรด์ โดยดึงมาจากเปลือกเก่าและจากน้ำภายนอก โดยที่การสะสมจะเริ่มต้นตั้งแต่ระยะหลังลอกคราบ (stage A) จนกระทั่งถึงระยะก่อนลอกคราบ (stage D_1) (Mantel and Farmer, 1985) ดังจะเห็นได้จากการศึกษาในสัตว์กลุ่มครัสเตเชียน เช่น lobster (*Hormarus americanus*) กุ้งขาว (*Penaeus vannamei*) และปู *Callinectes sapidus, Carcinus* และ *Scylla* ที่พบว่าปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม คลอไรด์ ฟอสฟอรัส โปรตีน กลูโคส และออสโมลาลิตี้ (osmolality) จะมีการเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับวงจรการลอกคราบในเลือด ระยะหลังลอกคราบมักจะต่ำกว่าระยะก่อนลอกคราบ (Vigh and Dendinger 1982; Roer and Dillaman 1984; Cameron 1985; Mercaldo-Allen, 1991; Pratoomchat *et al*., 2004) แคลเซียมอิออนนับว่าเป็นอิออนที่มีความสำคัญมากในการควบคุมกลไกในการสร้างเปลือกโดยมีทั้งการเคลื่อนย้ายจากเลือดไปสู่เปลือกและในทางกลับกัน (Roer and Dillaman 1984; Mangum 1992; Ziegler 1997; Pratoomchat *et al*., 2002, 2004) สารประกอบอินทรีย์ก็มีบทบาทสำคัญเช่นเดียวกัน (Hagerman, 1983)

การลอกคราบของกุ้ง

การลอกคราบนอกจากจะเป็นการเพิ่มขนาดแล้ว ยังเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะด้วย ระยะเวลาในการลอกคราบครั้งหนึ่งๆ จะห่างกันเท่าใดนั้นขึ้นกับขนาด อายุ และความสมบูรณ์ของกุ้ง นอกจากนี้ยังขึ้นกับสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมด้วย วงจรการลอกคราบของกุ้งขนาดโตเต็มวัยโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 5 ระยะใหญ่คือ ระยะหลังการลอกคราบตอนต้น หรือ ระยะ A (Early postmolt) ระยะหลังลอกคราบ หรือ ระยะ B (postmolt) ระยะคราบแข็ง หรือ ระยะ C (Intermolt) ระยะก่อนลอกคราบ หรือ ระยะ D (Premolt) และระยะลอกคราบ หรือ ระยะ E (Ecdysis) ระยะการลอกคราบที่มีการจำแนกไว้นี้ยังสามารถแบ่งย่อยได้อีกเป็น 7 ระยะคือ ระยะ A, B, C, D_0 ,D_1, D_2, D_3 (ประจวบ, 2537)

การรักษาสมดุลออสโมติกและไอออนิก (Osmotic and Ionic Regulation)

ครัสเตเชียนสามารถแสดงระบบ osmoregulation ได้หลายรูปแบบ บางชนิดเป็นกลุ่มที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มน้ำได้ในช่วงแคบๆ (stenohaline) บางชนิดเป็นกลุ่มที่ทนทานต่อการเปลี่ยนความเค็มน้ำได้ในช่วงกว้าง (euryhaline) โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าออสโมลาลิตี้ (osmolality) ภายในร่างกายกับน้ำภายนอก มักแสดงในรูปของ osmoconformity เรียกสัตว์กลุ่มนี้ว่า osmoconformer ซึ่งแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ภายในจะเปลี่ยนแปลงตามน้ำภายนอกตลอดช่วงของความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มน้ำ ความเข้มข้นของเลือด (hemolymph) และน้ำภายนอกจะมีแรงดันออสโมติกเท่ากันทั้งสองด้าน (isosmotic) ตัวอย่างสัตว์กลุ่มนี้ได้แก่ *Pollicipes polymerus* และ *Porcellana platycheles* ส่วนสัตว์กลุ่ม osmoregulator จะพยายามรักษาระดับความเข้มข้นออสโมติกภายในให้ค่อนข้างคงที่ อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าน้ำภายนอกตลอดช่วงของความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มน้ำ ตัวอย่างสัตว์กลุ่มนี้ได้แก่ *Panulirus longipes* และ *Crangon crangon* เป็นต้น (Mantel and Farmer, 1983)

การรักษาสมดุลไอออน (Ionic Regulation)

เป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่าไอออนที่เป็นองค์ประกอบของเลือดจะมีความแตกต่างกับน้ำภายนอก (Robertson, 1944, 1953, 1960 อ้างโดย Mantel and Farmer, 1983) โดยไม่คำนึงถึงความสัมพันธ์ของระบบออสโมติก การเปรียบเทียบกันโดยตรงของไอออนที่เป็นองค์ประกอบในน้ำภายนอกในเลือด และในปัสสาวะ มักจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้เนื่องจากผลกระทบของโปรตีนที่มีมากถึง 10% ในเลือด มีผลให้น้ำที่เป็นองค์ประกอบของของเหลวทั้ง 3 แหล่งไม่เท่ากัน

ความเข้มข้นของโซเดียมและคลอรีนในเลือดมักจะใกล้เคียงกับค่าที่จุดสมดุลเมื่อสัตว์อยู่ในน้ำทะเล และศักย์ไฟฟ้าที่เป็นลบจำนวนเล็กน้อยมักจะถูกนำมานับด้วย ซึ่งที่จุดสมดุลนี้มักจะทำให้ในเลือดมีค่าโซเดียมมากเกินจริง และมีคลอรีนน้อยกว่าค่าจริงเมื่อเทียบกับน้ำภายนอก มักจะพบว่าโปแตสเซียมในเลือดมีความเข้มข้นมากกว่าในน้ำภายนอก แม้ว่าบางส่วนอาจจะมาจากการปนเปื้อนโดยเซลล์ถ้ามีการนำเลือดทั้งหมดมาใช้ในการวิเคราะห์

การรักษาสมดุลของไอออนที่มีประจุ 2 หน่วย (divalent ion) ยิ่งมีความซับซ้อนมากกว่า บางส่วนของแคลเซียมและแมกนีเซียม จะเกิดพันธะกับโปรตีนหรือไอออนอื่นๆ และไม่แสดงความเป็นไอออน ตัวอย่างเช่น ปู *Gecarcinus lateralis* มีแคลเซียมทั้งหมดในเลือด 22 mmol ในขณะที่มีเพียง 8.6 mmol ในเลือดที่ผ่านการกรองอย่างละเอียดเพื่อขจัดโปรตีนออกไป นั่นคือมีแคลเซียมจับตัวกับโปรตีนอยู่ถึง 13.4 mmol (Skinner *et al*.,1965 อ้างโดย Mantel and Farmer, 1983) แคลเซียมที่เกิดพันธะกับสารอื่นจะมีประมาณ 10% ของแคลเซียมทั้งหมดในเลือดของ *Emerita asiatica* (Sitaramaiah and Krishnan, 1966 อ้างโดย Mantel and Farmer, 1983) อีกทั้งใน crayfish *Austropotamobius pallipes* มีแคลเซียมที่อยู่ในรูปของไอออนน้อยกว่า 50% ในขณะที่ส่วนอื่นๆ ไปเกิดพันธะกับโปรตีน, ไอออนของสารอินทรีย์ขนาดเล็กหรือกับสารอนินทรีย์ เช่น SO_4^{2-}, HCO_3^-, PO_4^{2-}, และ CO_3^{2-}(Greenaway, 1972 อ้างโดย Mantel and Farmer, 1983) ส่วนใน *Orconectes limosus* พบว่ามีแคลเซียมที่อยู่ในรูปไอออนอยู่ 82% และแมกนีเซียมก็พบว่าเป็นเช่นเดียวกัน (Andrews, 1976 อ้างโดย Mantel and Farmer, 1983)

divalent ion ที่มีการรักษาสมดุลไว้ได้เป็นอย่างดี คือ Mg^{2+} และ SO_4^{2-}เมื่อสัตว์อยู่ในน้ำทะเล ความเข้มข้นของแมกนีเซียมไอออนจะอยู่ระหว่าง 20 - 80% ของความเข้มข้นในน้ำทะเล โดย มีรายงานการศึกษาที่พบว่าปู *Hyas*, *Lithodes* และ *Dromia* มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในร่างกายประมาณ 80% ของ

แมกนีเซียมในน้ำทะเล หรือในปู *Uca* sp. และปู *Ocypode quadrata* มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในร่างกายมากกว่า 65% ของแมกนีเซียมในน้ำทะเล ส่วนปู grapsids พบว่ามีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในร่างกายประมาณ 20 – 30% ของน้ำทะเล ซึ่งเหมือนกับในเดคาปอด (decapod) ที่อาศัยบนบกและกึ่งบกชนิดอื่นๆ (Robertson, 1960 อ้างโดย Mantel and Farmer, 1983)

กลไกของระบบ Osmoregulation

ในสัตว์ครัสเตเชียนพวก euryhaline เช่น ปู *C. maenas* จะสามารถทนต่อสภาพสิ่งแวดล้อมทางด้านความเค็มน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปได้ซึ่งสภาพนี้เรียกว่า “hyper-regulation” และ “hypo-regulation” สัตว์เหล่านี้มีความสามารถที่จะรักษาระดับความเข้มข้นของเลือดให้คงที่ในระหว่างที่สัตว์มีการปรับตัวต่อความเค็มน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป เซลล์จะมีการต้านต่อ osmotic stress ซึ่งจะมากเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการควบคุมความเข้มข้นในเลือด (Gilles and Pequeux, 1981) ซึ่งการควบคุมระดับความเข้มข้นของเลือดภายในร่างกายกับน้ำภายนอกนั้นมีอยู่ 2 รูปแบบ ดังนี้

Hyper-regulation

สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำจืดหรือน้ำทะเลที่มีความเจือจางกว่าเลือดของมัน จะต้องเผชิญกับการแพร่เข้าของน้ำภายนอกร่างกายและการสูญเสียไอออนออกไปสู่สิ่งแวดล้อม แต่ก็สามารถลดภาวะเหล่านี้ได้โดยการลดการนำน้ำและไอออนผ่านเข้าออกโดยการลดขนาดของเยื่อเลือกผ่านให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งตามปกติแล้วพวก osmoconformer จะมีการยอมให้สารผ่านเข้าออกได้มากกว่าพวก osmoregulator และจะมีการเปลี่ยนแปลงการยอมให้สารผ่านเข้าออกน้อยเมื่อน้ำภายนอกมีความเค็มลดลง ใน congeneric amphipods ได้แก่ *Gammarus duebeni*, *G. pulex*, *G. lacustris*, *G. zaddachi* และ *G. tigrinis* จะลดการยอมให้โซเดียมผ่านเมื่ออยู่ในสภาวะที่ความเค็มน้ำลดลง (Shaw and Sutcliffe, 1961, Sutcliffe, 1967a,b, 1968 อ้างโดย Mantel and Farmer, 1983)

ใน moderate regulator เช่น *C. maenas* (Shaw, 1961 อ้างโดย Mantel และ Farmer, 1983) แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงการยอมให้สารผ่านเข้าออกน้อย ส่วนในพวก strong regulator เช่น *Palaemonetes* sp. พบว่าอัตราการสูญเสียเกลือแร่ผ่านทางพื้นผิวภายนอกจะลดลงเป็นเวลาสั้นๆ เมื่อนำไปอยู่ในน้ำความเค็มต่ำ ส่วนพวก hyperregulator จะลดการยอมให้น้ำผ่านเข้าออกเมื่อต้องเผชิญกับน้ำความเค็มต่ำ

Rhithropanopeus harrisi ซึ่งเป็น hyperosmotic regulator ที่น้ำความเค็มต่ำและเป็น isosmotic ที่น้ำความเค็มปกติ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของน้ำที่ผ่านเข้าออกร่างกายเพิ่มขึ้น 145% ต่อชั่วโมง เมื่ออยู่ในน้ำความเค็ม 45% น้ำทะเล การแลกเปลี่ยนโดยการแพร่จะลดลงเหลือ 70% ต่อชั่วโมง และเมื่ออยู่ในน้ำความเค็ม 1% น้ำทะเล การแลกเปลี่ยนการแพร่จะลดลงเหลือ 10% ต่อชั่วโมง (Smith, 1967 อ้างโดย Mantel and Farmer, 1983) และยังพบรูปแบบเช่นนี้ในปู *U. pugilator*และ *C. sapidus* (Hannan ฟีก Euans, 1973, Robertson, 1982 อ้างโดย Mantel and Farmer, 1983)

ใน moderate hyperregulator เช่น *C. maenas* ที่มีการยอมให้น้ำแพร่ผ่านเข้าออกได้มากแสดงให้เห็นว่ามีการยอมให้น้ำผ่านลดลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มน้ำจาก 263% ต่อชั่วโมงในน้ำทะเลปกติเป็น 176% ต่อชั่วโมงในน้ำความเค็ม 40% น้ำทะเล รวมทั้ง isopod *S. serratum* ที่อาศัยในเขตน้ำขึ้นน้ำลงมีการลดการยอมให้น้ำผ่านเข้าออกจาก 820% ต่อชั่วโมง เมื่ออยู่ในน้ำทะเลเป็น 200% ต่อชั่วโมงในความเค็ม 50% น้ำทะเล ซึ่งเกิดขึ้นภายใน 30 นาทีเท่านั้น และยังพบว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการลดความเข้มข้น

ของโซเดียมและคลอรีนในน้ำภายนอกด้วย (Smith, 1970, Thuet, 1978 อ้างโดย Mantel and Farmer, 1983)

Hyporegulation

เมื่อสัตว์อยู่ในน้ำที่มีความเค็มสูง สัตว์จะมีการปรับตัวโดยทำให้ของเหลวในร่างกายมีความเข้มข้นต่ำกว่าภายนอกเพราะที่ระดับความเค็มน้ำสูงจะมีเกลือแร่เข้าสู่ร่างกายโดยมาพร้อมกับน้ำปริมาณที่มาก ดังนั้นสัตว์จะมีปรับให้มีความเข้มข้นที่น้อยลงโดยการขับเกลือแร่ออกและรักษาน้ำไว้ให้ได้มากที่สุด ซึ่งเป็นการยากที่จะวัดการยอมให้ผ่านของไอออนได้อย่างแม่นยำ เพราะมักจะมีการแลกเปลี่ยนองค์ประกอบของไอออนที่ไหลออกจากร่างกายอยู่ตลอดเวลา

ในสัตว์ที่มีความสามารถอย่างมากในการปรับระดับสมดุลเกลือแร่ภายในร่างกายจะแสดงภาวะ hyperosmotic เป็นการกระตุ้นการรับน้ำเข้าภายในตัว ซึ่งจะแพร่ผ่านเข้าสู่ลำไส้และจะพยายามรักษาเกลือแร่ไว้ภายในตัวให้มากที่สุดเพื่อปรับสมดุลเกลือแร่ภายในร่างกายเมื่อสภาวะสิ่งแวดล้อมมีความเข้มข้นเกลือแร่ต่ำกว่าภายในตัว (Passano, 1960) และในสัตว์ที่สามารถปรับสมดุลเกลือแร่ได้ไม่ดีนักจะมีค่าออสโมลาลิตี้ต่ำ ทำให้ระบบการแพร่ผ่านเข้าออกของแร่ธาตุต่างๆ ไม่ค่อยสมบูรณ์ ทำให้ต้องใช้พลังงานอย่างมากในการปรับสมดุล (Smith, 1976, Mykles, 1980 อ้างโดย Passano, 1960) การปรับสมดุลนี้จะเป็นตัวรักษาค่าความดันออสโมติกภายในร่างกายให้มีความสัมพันธ์กันอย่างคงที่กับสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งก็คือการปรับระดับค่าความเข้มข้นภายในร่างกายให้มีค่าสูงหรือต่ำกว่าสิ่งแวดล้อมภายนอกที่อาศัยอยู่ การปรับสมดุลดังกล่าวเพื่อให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่อสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง จะพบได้ในสิ่งมีชีวิตพวกครัสเตเชียน ซึ่งมีรูปแบบการปรับสมดุลแตกต่างกันออกไปในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด

ครัสเตเชียนที่อาศัยในน้ำกร่อยส่วนมากจะปรับสภาพสมดุลเกลือแร่ภายในร่างกายให้สูงกว่าน้ำภายนอก (hyperosmotic) ระดับความเข้มข้นของเกลือแร่ในเลือดจะสูงกว่าน้ำที่อาศัยอยู่ สัตว์ที่อาศัยในน้ำจืด น้ำทะเล เช่นกุ้งน้ำจืด กุ้งทะเล (Caridea และ Penaeids) ปู (Grapsid และ Xanthid) รวมทั้งสัตว์ชนิดอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำกร่อย พบว่าเลือดจะอยู่ในสภาวะ hyposmotic กับน้ำทะเลปกติและจะปรับสภาพเป็นสภาวะ hyperosmotic เมื่ออยู่ในความเค็มน้ำที่ต่ำลง การรักษาระดับ hyposmotic ในสภาพปกติของปู (Grapsid) และกุ้งบางชนิดทำได้ 2 ทางคือ ทางแรกการดูดน้ำจะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไป ทางที่ 2 การดื่มน้ำเข้าไปโดยตรงเหมือนเช่นปลากระดูกแข็งและในเวลาเดียวกันจะขับเกลือที่มากเกินออกมาทางเหงือก (ประจวบ, 2537)

ส่วนใหญ่แล้วสัตว์พวกครัสเตเชียนที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็มนั้น ในเลือดของสัตว์จะมีชนิดและปริมาณของอิออนใกล้เคียงกับของน้ำทะเล ซึ่งส่วนใหญ่แล้วประกอบด้วยโซเดียมและคลอรีน และแรงดันออสโมติกของเลือดก็มาจากอิออนสองตัวนี้เช่นกัน นอกจากนั้นก็มีพวกอิออนอื่นๆ บ้าง เช่น แมกนีเซียม ซัลเฟต และแคลเซียมอิออน เป็นต้น แต่จะมีอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะแมกนีเซียมในเลือดของครัสเตเชียนจะมีอยู่น้อยกว่าในน้ำทะเลมาก ถึงแม้องค์ประกอบของอิออนรวมในเลือดกับในน้ำทะเลจะต่างกันบ้าง แต่มันก็สามารถควบคุมให้อยู่ในภาวะสมดุลได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของอิออนรวมในเลือดกุ้ง อันเนื่องมาจากการปรับตัวทางด้าน สรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำภายนอก อิออนตัวที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นคือ โซเดียม และคลอรีนอิออน ส่วนอิออนตัวอื่นๆ นั้นจะมีปริมาณค่อนข้างคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (Parry, 1954 อ้างโดย ดาริน, 2531)

อิออนรวมที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเมื่อความเค็มเปลี่ยนแปลง เป็นอิออนรวมที่อยู่ในของเหลวภายนอกเซลล์ (extracellular fluid) ซึ่งได้แก่เลือดนั่นเอง เลือดนี้จะหมุนเวียนไปทั่วร่างกายโดยการสูบฉีดของหัวใจ ปริมาตรของของเหลวนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับว่ากุ้งและปูอยู่ในระยะใดของกระบวนการ

ลอกคราบ องค์ประกอบของของเหลวภายในตัวจะค่อนข้างคงที่ ส่วนอวัยวะที่ใช้ในการปรับสมดุลของของเหลวในร่างกายสัตว์เหล่านี้มี 3 แห่งคือ green gland หรือ maxillary gland เป็นอวัยวะที่คอยควบคุมปริมาณเกลือ เหงือกควบคุมอิออนกลุ่ม monovalents เช่น โซเดียม คลอรีน และโปแตสเซียมอิออน ส่วนลำไส้เล็กจะเป็นตัวควบคุมปริมาณอิออนกลุ่ม divalence เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟตอิออน เป็นต้น (Potts and Parry, 1964)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1.1 อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์

1.1.1 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)
1.1.2 เครื่องเหวี่ยงตกตะกอนควบคุมอุณหภูมิ (Centrifuge)
1.1.3 ตู้แช่แข็ง -80 $^{\circ}$C (Deep freeze refrigerator)
1.1.4 เครื่องวัดความเป็นกรด ด่าง (pH Meter)
1.1.5 ปิเปตอัตโนมัติ (Autopipette)
1.1.6 โกร่งแก้ว (Glass Homogenizer)
1.1.7 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)
1.1.8 หลอดแอพเพนดอร์ฟ (Appendorf Tube)
1.1.9 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator)
1.1.10 เครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer)
1.1.11 ตู้อบ (Hot air oven)
1.1.12 ตู้เผา (Muffle Fernance)
1.1.13 เครื่องวิเคราะห์ไนโตรเจน (Kjeltec system)
1.1.14 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
1.1.15 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน
1.1.16 โถดูดความชื้น (Desiccators)
1.1.17 ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)
1.1.18 Autopipette ขนาด 1,000 ไมโครลิตร
1.1.19 Microcentrifuge
1.1.20 X – ray fluorescent Spectrophotometer ED ^{2000}
1.1.21 เครื่องมือวัดการดูดกลืนแสง
1.1.22 เครื่องเขย่าสารละลาย (Vortex Mixer)

1.2 อุปกรณ์ และสารเคมีทางการเพาะเลี้ยง

1.2.1 กุ้งขาว
1.2.2 เครื่องวัดความเค็ม (Hand refractrometer)
1.2.3 คลอรีนผง Ca $(OCl)_2$
1.2.4 โพวิโดนไอโอดีน
1.2.5 ถังไฟเบอร์กลาสปริมาตร 500 L
1.2.6 บ่อซีเมนต์ขนาด 1 m^3 และ 5 m^3
1.2.7 หัวทรายและสายอากาศ

1.3สารเคมีและวัสดุสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุ

1.3.1 Sodium carbonate (Na_2CO_3)
1.3.2Sodium hydroxide (NaOH)

1.3.3 Copper sulphate ($CuSO_4$.$5H_2O$)

1.3.4 Potassium sodium tartrate

1.3.5 30 % - Tri Sodium Citrate

1.3.6 Proline film

1.3.7 Pure Helium gas

2. สัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

ใช้กุ้งขาววัยรุ่นจากบ่อเลี้ยง 5 ขนาดตามน้ำหนัก ได้แก่ 6, 12,18, 24 และ 30 กรัม

3. สถานที่ทำการเพาะเลี้ยง

โรงเพาะเลี้ยงภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาจังหวัดชลบุรี

4. ระยะเวลาทำการทดลอง

ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2558

5. การเลี้ยงและการให้อาหาร

เลี้ยงกุ้งในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร โดยสุ่มกุ้งที่ได้ทำการคัดเลือกแล้วใส่ลงในถังที่ความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร (50 ตัวต่อถัง) ในน้ำความเค็ม 25 psu ให้อาหารกุ้งโปรตีน 35% ให้ปริมาณ 5% ของน้ำหนักตัว แบ่งให้วันละ 4 ครั้ง เวลา 09.00, 14.00 และ 19.00 ดูดตะกอนเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 % ของปริมาณเดิม ทุก ๆ 10 วัน

ระหว่างการเลี้ยงกุ้ง จะมีการสุ่มตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำ ได้แก่ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วย D.O. meter pH ด้วยpH meter และเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ มีการควบคุม และรักษาระดับของคุณภาพน้ำตลอดการเพาะเลี้ยงดังนี้ความเค็มน้ำมีค่า 25 psu pH มีค่า 8.1-8.3 แอมโมเนีย< 0.2 ppm ไนไตรท์ <0.05 ppm ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ > 5.0 ppm และอัลคาไลนิตี้มีค่า >120 ppm

6. การวางแผนการทดลอง

แบ่งการทดลองออกเป็น 5 การทดลองตามขนาดกุ้งขาว 5 ขนาด ได้แก่ 6, 12,18, 24 และ 30 กรัม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้กุ้ง 50 ตัวต่อซ้ำ

7.การเก็บตัวอย่างเลือดและเปลือกกุ้งขาว

คัดกุ้งระยะ D0 ของแต่ละขนาดในแต่ละซ้ำ มาเพื่อเก็บเลือดและเปลือกเพื่อมาวัดปริมาณของธาตุ โดยทำการดูดเลือดโดยใช้เข็มฉีดยา (Tuberculin ขนาด 1.0 ml กับเข็มเบอร์ 27) แทงลงผ่าน Arthodial mambrane บริเวณโคนของรยางค์ขาเดินนำเลือดเก็บไว้ใน appendroff โดยผสม 30% tri-sodium citrate ซึ่งเป็นสารป้องกันเลือดแข็งตัว (anticoagulant) ลงไปด้วยในอัตราส่วน 1:1 (ใช้เลือด 1 ml : 30%tri-sodium citrate 1 ml) เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปเก็บในตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

8. การเตรียมพลาสมา ตับ และเปลือก

นำเลือดที่ผสม 30% tri-sodium citrate ดังข้อ 7 ไปปั่นเพื่อให้ตกตะกอน (ควรทิ้งให้เลือดในappendroffเป็นของเหลวก่อน)ด้วยเครื่อง micro centrifuge เพื่อให้เม็ดเลือดตกตะกอนรวมตัวกันที่ก้น

หลอดด้วยแรงเหวี่ยง 10,000 g ที่อุณหภูมิ4 องศาเซลเซียส นานประมาณ 15 -20 นาที แล้วดูดของเหลวส่วนบน (Supernatant)ซึ่งก็คือพลาสมาเก็บไว้ใน appendroff ใหม่

เมื่อตัวอย่างกุ้งที่ทำการเก็บเลือดแล้ว จึงทำการแกะเปลือกกุ้งแต่ละตัวของแต่ละการทดลอง การทดลองละ 6 ตัว นำมาล้างให้สะอาดด้วยน้ำบริสุทธิ์ยิ่งยวด (deionized water) 2 รอบ นำเปลือกที่ล้างแล้วไปอบในตู้อบด้วยอุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเปลือกที่อบแล้วชั่งน้ำหนักรอบแรก แล้วนำไปอบต่ออีก 2 ชั่วโมง นำกลับมาชั่งน้ำหนักอีก จนได้น้ำหนักแห้งคงที่ จึงนำเปลือกกุ้งแต่ละตัวที่อบแห้ง (คราบ) แล้วมาบดในโกร่งบด (ceramic mortar) ให้ละเอียด แล้วนำไปร่อนด้วยตะแกรงตาถี่ขนาด 150 µm. ให้ได้ปริมาณ 1 กรัม เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ต่อไป โดยเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (deccicator) ส่วนตับจะทำการแยกมาจากกุ้งแต่ละตัวของแต่ละการทดลอง การทดลองละ 6 ตัว ไปอบในตู้อบด้วยอุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 3-5 วัน แล้วนำมาย่อยด้วยกรดไนตริกที่ความเข้มข้น 6 N แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุต่อไป

9. การวัดปริมาณแร่ธาตุ

ใช้ autopipette ขนาด 1,000 ไมโครลิตร ดูดพลาสมา 1,000 ไมโครลิตร ตับในรูปของสารละลาย และเปลือกป่น 1 กรัมนำมาใส่ cup โดยด้านล่างหุ้มด้วย prolene film แล้วนำไปวัดปริมาณของธาตุโซเดียม คลอรีน โปแตสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส กำมะถัน ทองแดง และแมงกานีส ด้วยเครื่อง X-ray fluorescent spectrophotometer ED^{2000}ตามวิธีการของ Pratoomchat *et al*. (2002)

10. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลโซเดียม โปแตสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม คลอรีน ฟอสฟอรัส กำมะถัน ทองแดง และแมงกานีส ในเลือด ตับ และในเปลือกของกุ้งทั้ง 5 ขนาด มาทำวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variance) และนำมาหาค่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยใช้วิธี Duncan New' Multiple Rang Test

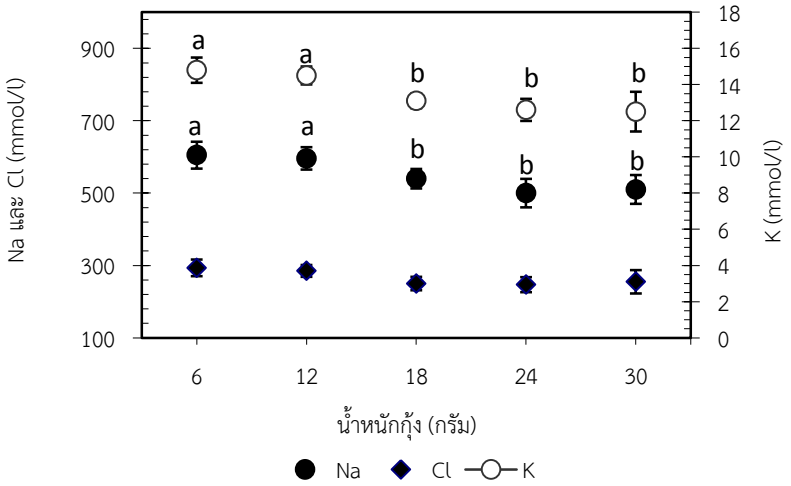
ผลการทดลอง

จากผลการวิจัย พบว่าข้อมูลแร่ธาตุทั้ง 9 ชนิด ในพลาสมา ตับ และเปลือกของกุ้งขาวทั้ง 5 ขนาด มีดังต่อไปนี้

1. พลาสมา (Plasma)

1.1 โซเดียม (Na) คลอรีน (Cl) และโพแทสเซียม (K)

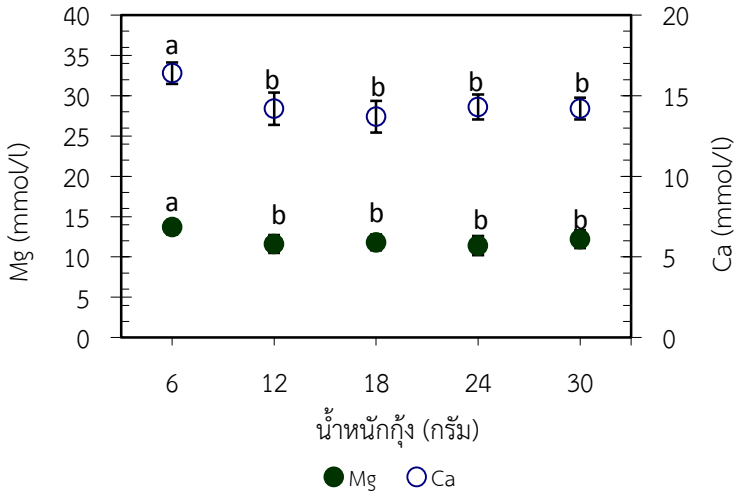
ปริมาณของ Na และ K มีความเข้มข้นสูงขึ้น (p<0.05) ในกุ้งขาวขนาดเล็ก 6 และ 12 กรัม พบว่ามีค่า Na 605 mmol/l และ 596 mmol/l และ K 14.8 mmol/l และ 14.5 mmol/l ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่พบในกุ้งขาวขนาดใหญ่กว่า (18, 24 และ 30 กรัม) ขณะที่ความเข้มข้น Cl มีค่าไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ความเข้มข้นของ Na, K และ Cl ในพลาสมากุ้งขาว (*L. vannamei*) ขนาดต่าง ๆ (Mean ± SE, p <0.05)

1.2. แมกนีเซียม (Mg) และแคลเซียม (Ca)

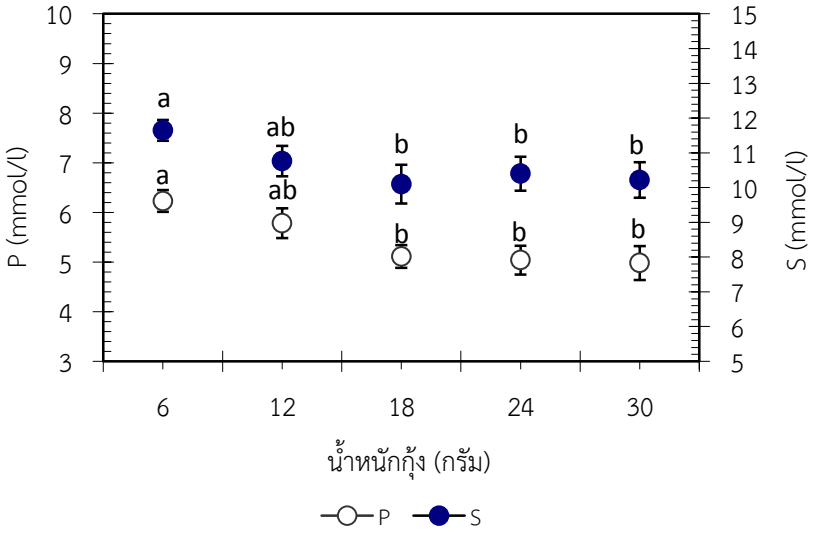
Mg และ Ca ในกุ้งขาวขนาดเล็ก (6 กรัม) มีความเข้มข้นสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 13.7 mmol/l และ 16.4 mmol/l ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่า (p<0.05) ที่พบในกุ้งขาวขนาดใหญ่กว่า ขณะที่ไม่แตกต่างกันในกุ้งขาวขนาด 12, 18, 24 และ 30 กรัม (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ความเข้มข้นของ Mg และ Ca ในพลาสมากุ้งขาว (*L. vannamei*) ขนาดต่าง ๆ (Mean ± SE, p <0.05)

1.3. ฟอสฟอรัส (P) และกำมะถัน (S)

P และ S ในกุ้งขาวขนาดเล็ก (6 กรัม) มีความเข้มข้นสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.23 mmol/l และ 11.65 mmol/l ตามลำดับ สูงกว่า (p<0.05) ที่พบในกุ้งขาวขนาดใหญ่กว่า แต่ไม่แตกต่าง (p>0.05) กับกุ้งขาวขนาด 12 กรัม ขณะที่ไม่แตกต่างกันในกุ้งขาวขนาด 12, 18, 24 และ 30 กรัม (รูปที่ 3)

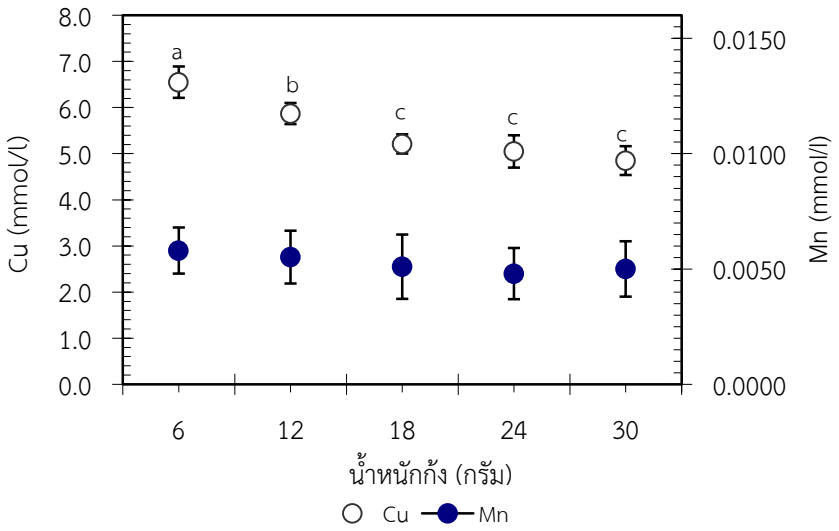


รูปที่ 3 ความเข้มข้นของ P และ S ในพลาสมากุ้งขาว (*L. vannamei*) ขนาดต่าง ๆ (Mean ± SE, p <0.05)

1.4. ทองแดง (Cu) และแมงกานีส (Mn)

Cu ในพลาสมากุ้งขาวขนาดเล็ก (6 กรัม) มีความเข้มข้นสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.55 mmol/l ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่า (p<0.05) ที่พบในกุ้งขนาด 12, 18, 24 และ 30 กรัม และพบ Cu ในพลาสมากุ้งขาวขนาด 12 กรัม สูงกว่า (p<0.05) ที่พบในกุ้งขาวขนาด 18, 24 และ 30 กรัม แต่ไม่แตกต่าง (p>0.05) ระหว่าง

กุ้งขาวขนาด18, 24 และ 30 กรัม (รูปที่ 4) ขณะที่ค่า Mn ในพลาสมากุ้งขาวทุกขนาดไม่แตกต่างกัน (p>0.05) (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 ความเข้มข้นของ Cu และ Mn ในพลาสมากุ้งขาว (*L. vannamei*) ขนาดต่าง ๆ

2. เปลือก (Cuticle)

ปริมาณของ Na (รูปที่ 5ก) Mg (รูปที่ 5ข) K (รูปที่ 5ค) Ca (รูปที่ 5ง) Mn (รูปที่ 5จ) Cu (รูปที่ 5ฉ) Cl (รูปที่ 5ช) S (รูปที่ 5ซ) ในเปลือกกุ้งขาวที่ขนาดต่างๆไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ขณะที่ P (รูปที่ 5ฌ) ที่พบในเปลือกกุ้งขาวขนาดเล็ก (6 กรัม) มีค่าสูงที่สุด (10.15 mg/g) โดยมีค่าสูงกว่ากุ้งขาวขนาดใหญ่กว่าทั้งหมด (p<0.05)

3. ตับและตับอ่อน (Hepatopancrease)

3.1 โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) และฟอสฟอรัส (P)

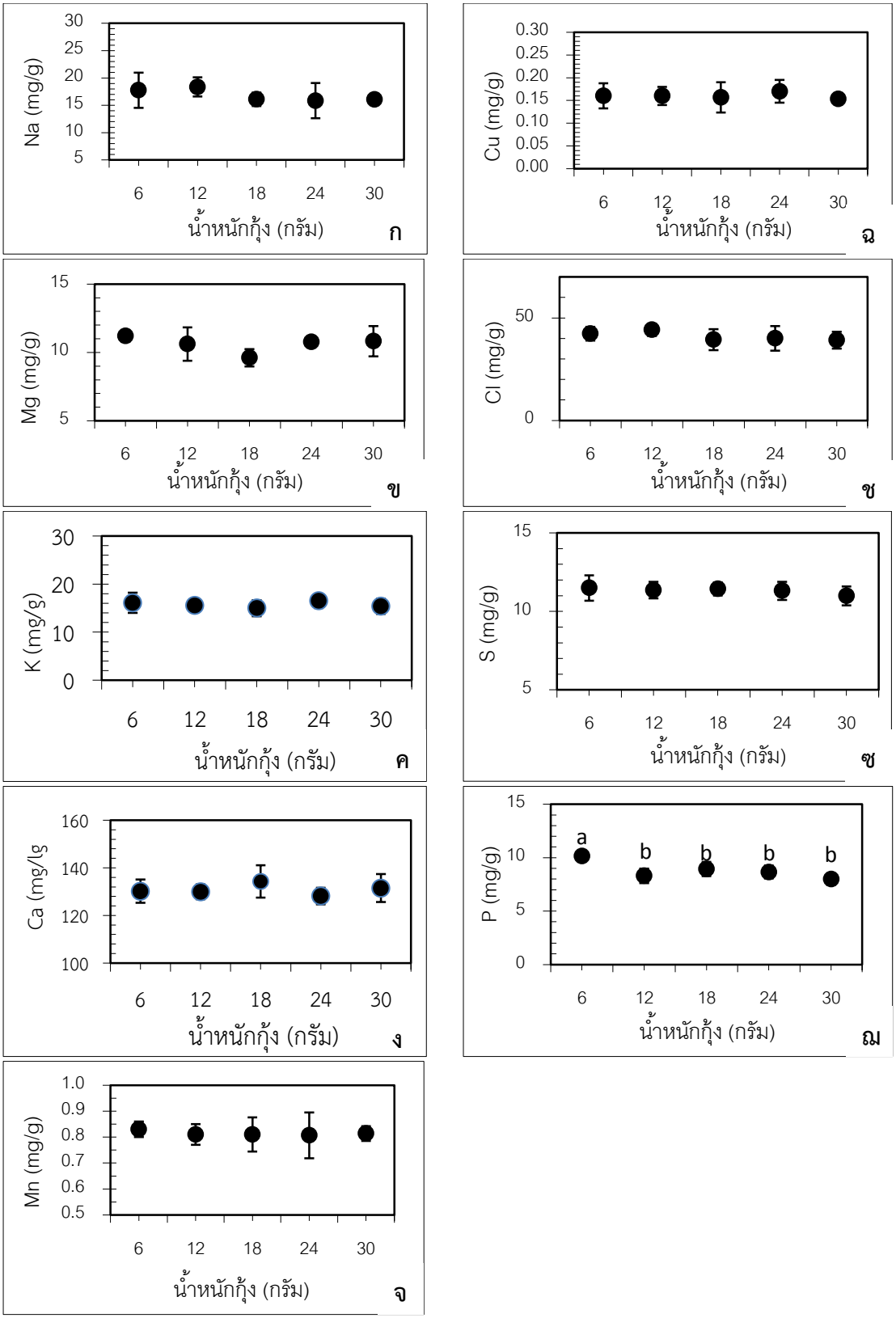
ความเข้มข้นของ Na (รูปที่ 6ก) K (รูปที่ 6ค) และ P (รูปที่ 6ฌ) ที่พบในตับกุ้งขาวขนาดเล็กสุด (6 กรัม) มีค่าสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.96, 8.86 15.18 mg/g ตามลำดับ โดยมีค่าสูงกว่ากุ้งขาวขนาดใหญ่กว่าทั้งหมด (p<0.05) แต่ความเข้มข้นของแร่ธาตุทั้ง 3 ชนิดนี้ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ระหว่างกุ้งขาวขนาด 12, 18, 24 และ 30 กรัม

3.2 ทองแดง (Cu)

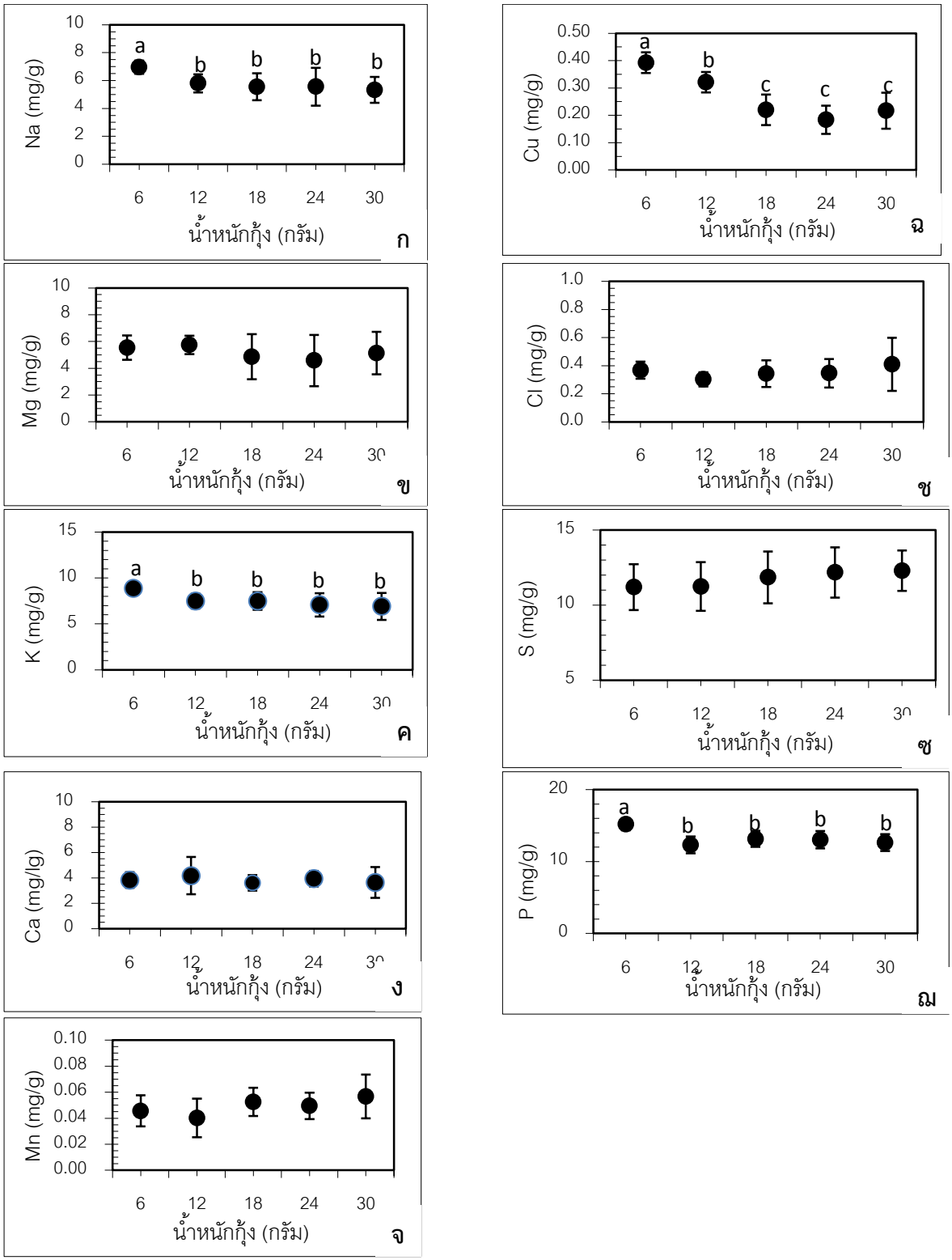
Cu ในตับและตับอ่อน ของกุ้งขาวขนาดเล็ก (6 กรัม) มีความเข้มข้นสูงที่สุด (0.39 mg/g) ซึ่งสูงกว่า (p<0.05) ที่พบในกุ้งขนาด 12, 18, 24 และ 30 กรัม และพบ Cu ในตับและตับอ่อนของกุ้งขาวขนาด 12 กรัม (0.32 mg/g) สูงกว่า (p<0.05) กุ้งขนาด 18, 24 และ 30 กรัม และไม่พบค่าแตกต่างกัน (p>0.05) ระหว่างกุ้งขนาด18, 24 และ 30 กรัม (รูปที่ 6ฉ)

3.3 แมกนีเซียม (Mg) แคลเซียม (Ca) แมงกานีส (Mn) คลอรีน (Cl) และซัลเฟอร์ (S)

Mg (รูปที่ 6ข) Ca (รูปที่ 6ง) Mn (รูปที่ 6จ) Cl (รูปที่ 6ช) และ S (รูปที่ 6ซ) ในตับและตับอ่อนของกุ้งขาวที่ขนาดต่างๆไม่แตกต่างกัน (p>0.05)



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของโซเดียม (ก) แมกนีเซียม (ข) โพแทสเซียม (ค) แคลเซียม (ง) แมงกานีส (จ) ทองแดง (ฉ) คลอไรด์ (ช) ซัลเฟอร์ (ซ) และ ฟอสฟอรัส (ฌ) ในเปลือกกุ้งขาว (*L.vannamei*) ที่ขนาดต่าง ๆ (Mean ± SE, $p < 0.05$)



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของโซเดียม (ก) แมกนีเซียม (ข) โพแทสเซียม (ค) แคลเซียม (ง) แมงกานีส (จ) ทองแดง (ฉ) คลอไรด์ (ช) ซัลเฟอร์ (ซ) และ ฟอสฟอรัส (ฌ) ในตับและตับอ่อนของกุ้งขาว (*L.vannamei*) ที่ขนาดต่าง ๆ (Mean ± SE, $p < 0.05$)

อภิปรายผลการทดลอง

1 โซเดียม (Na) คลอไรด์ (Cl) และโพแทสเซียม (K)

Na และ Cl ในพลาสมากุ้งขาวนับว่าเป็นองค์ประกอบหลักถึง 91% ในเลือดกุ้งชนิดนี้ซึ่งสอดคล้องกับครัสเตเชียนส่วนใหญ่ (Castille and Lawrence,1981; Mantel and Farmer, 1983) ซึ่งการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของ Na และ Cl มีผลมากต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าออสโมลาลิตี้ เนื่องจากพบปริมาณแร่ธาตุ 2 ชนิดนี้สูงสุดในระบบเลือด และทำหน้าที่ในการควบคุมระบบ osmoregulation (Teeter, 1997 อ้างถึงใน Tantulo and Fotedar, 2006) ซึ่งโซเดียมเป็นแร่ธาตุที่พบในพลาสมาความเข้มข้นสูงที่สุดในทุกระดับความเค็มน้ำและสูงกว่าน้ำภายนอก (hyper-ionic regulation) โดยมีค่า 410-620 mmol/l

ปริมาณของ Na และ K มีความเข้มข้นสูงขึ้น (p<0.05) ในกุ้งขาวขนาดเล็ก 6 และ 12 กรัม ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นของ Na และ K ต่อสรีระของกุ้งขาวขนาดเล็กน่าจะสูงกว่ากุ้งขนาดใหญ่ สอดคล้องกับการวิจัยของ Vargas-Albores and Ochoa (1992) ที่พบว่า กุ้ง *Penaeus styrilostris* ขนาดเล็กมีความเข้มข้น K ในเลือดสูงกว่ากุ้งขนาดใหญ่ ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่ากุ้งสามารถใช้ Na และ K ไปกระตุ้นการทำงานของ Na^+-K^+-ATPase ในโครงสร้างเหงือก จึงทำให้มีระบบควบคุมสมดุลเกลือแร่ได้ดีกว่า ดังนั้นหากกุ้งขาวขนาดเล็กเผชิญกับน้ำความเค็มต่ำจะมีความเครียดสูงเพื่อที่จะต้องควบคุมสมดุล Na และ K ขณะที่ความเข้มข้นของ Na และ K ที่พบในตับและตับอ่อนกุ้งขาวขนาดเล็กสุด (6 กรัม) มีค่าสูงที่สุด ชี้ให้เห็นถึงการพยามตอบสนองของกุ้งขนาดเล็กที่น่าจะมีการเตรียมความพร้อมสูงเมื่อพบต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทางเคมีของน้ำที่เลี้ยง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเค็ม โดยกุ้งทุกขนาดรักษาระดับความเข้มข้น Na, K และ Cl ในเปลือกไม่แตกต่างกัน K จะไปกระตุ้นการทำงานของ Na และ Cl (Gong *et al*., 2004) และรักษาประสิทธิภาพระบบประสาทของกล้ามเนื้อ และมีผลต่อระดับ Na และ K ซึ่งผลต่อกิจกรรมของ Na^+/K^+-ATPase และมีความสำคัญต่อการควบคุมสมดุลไอออน (Towle, 1981; Wang *et al*., 2003)

2. แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) ฟอสฟอรัส (P) และ ซัลเฟอร์ (S)

Ca เป็นแร่ธาตุหลักที่สำคัญในการสร้างเปลือกของสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียน (Pratoomchat *et al*., 2002) และแคลเซียมมีที่สำคัญในการสร้างเนื้อเยื่อ กล้ามเนื้อ ระบบประสาท และในระบบ osmoregulation (Lall, 1989; Lovell, 1989) ส่วน P ในเลือดมีความสำคัญต่อการผลิตพลังงาน เป็นส่วนประกอบของ nucleic acid, phospholipids phosphoprotein ATP กิจกรรมของเอ็นไซม์ (Lovell, 1989) มีส่วนร่วมกับแคลเซียมในโครงสร้างเปลือก ยังมีความสัมพันธ์กับ alkaline phosphatase และมีส่วนช่วยระบบ osmoregulation (Lovett *et al*., 1994; Pinoni *et al*., 2004 อ้างถึงใน Cheng *et al*, 2006) จากการทดลองพบว่า Mg Ca และ P ในเลือดและในตับและตับอ่อน รวมทั้ง S ในเลือดของกุ้งขาวขนาดเล็ก (6 กรัม) มีความเข้มข้นสูงที่สุด ซึ่งสูงกว่า (p<0.05) ที่พบในกุ้งขาวขนาดที่ใหญ่ขึ้น จึงมีความเป็นไปได้ว่ากุ้งขนาดเล็กมีการควบคุมแร่ธาตุทั้ง 4 ชนิดให้มีความพร้อมสูงเพื่อใช้ในกระบวนการลอกคราบสร้างเปลือก รวมถึงการเสริมสร้างเสริมทางสรีระร่างกายให้ทันท่วงที โดยเฉพาะอย่างยิ่ง P นั้นมีความสำคัญต่อการสร้างเปลือกกุ้งช่วงหลังลอกคราบใหม่ ๆ อีกด้วย เนื่องจากกุ้งขนาดเล็กมีรอบวงจรลอกคราบสั้น P จึงมีความสำคัญมาก จะเห็นได้ว่ากุ้งขนาดเล็กพบ P มากในโครงสร้างเปลือกเช่นกัน

3. ทองแดง (Cu) และ แมงกานิส (Mn)

จากการทดลองพบว่า กุ้งขนาดเล็กมี Cu สูงทั้งในระบบเลือดและในตับและตับอ่อน ซึ่งเป็นไปได้ว่ากุ้งขนาดเล็กใช้พลังงานมากขึ้นในการควบคุมสมดุลเกลือแร่ (Vargas-Albores and Ochoa, 1992) กระบวนการลอกคราบ และอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่ากุ้งขนาดใหญ่ จึงจำเป็นต้องนำ Cu เข้าสู่ระบบเลือดเพื่อไปใช้สร้าง haemocyanin ซึ่งสัมพันธ์กับการจับออกซิเจน และเกี่ยวข้องกับการนำออกซิเจนมาใช้ในกิจกรรมภายในเซลล์ (Lee and Shiau, 2002; Cuzon *et al*. 2004) เพื่อจับตัวกับออกซิเจนแล้วขนส่งเข้าสู่ระบบเลือด (Cheng *et al*., 2003) ดังนั้นเมื่อกุ้งขนาดเล็กมีความเข้มข้น Cu ทั้งในระบบเลือดและตับสูงกว่าจึงมีโอกาสสร้าง oxyhaemocyanin เพื่อเพิ่มความจุในการจับออกซิเจน (oxygen carrying capacity) ได้มากกว่า (Cheng *et al*., 2003) ทำให้มีเมทาโบลิซึมสูงกว่า จึงมีข้อได้เปรียบทั้งด้านสุขภาพ การเจริญเติบโต การปรับสมดุลเกลือแร่ (osmotic balance) กระตุ้นการเพิ่ม B cell ทำให้มีการผลิตเอนไซม์และประสิทธิภาพของเอนไซม์ย่อยอาหารโดยเฉพาะ trypsin activity สูงขึ้น รวมทั้งการเพิ่มประสิทธิภาพภูมิคุ้มกัน เนื่องจากไปเพิ่มค่า activity ของ superoxide dismutase (SOD) และ catalase (CAT) (Chen and Cheng, 1993; Weiland and Mangum, 2005; Li *et al*., 2008) ขณะที่แมงกานิส มีการเปลี่ยนแปลงต่ำมากทั้งในเลือด เปลือก และตับ จึงเป็นไปได้ว่ากุ้งทุกขนาดมีความต้องการแมงกานิสไม่แตกต่างกัน

สรุปผลการทดลอง

ความเข้มข้นของ Na, K, Mg, Ca, Cu และ P ในพลาสมา ตับและตับอ่อน S ในพลาสมา และ P ในเปลือกของกุ้งขาวขนาดเล็ก (6 กรัม) มีความเข้มข้นสูงที่สุด ($p<0.05$) ความเข้มข้นของชนิดแร่ธาตุที่นอกเหนือจากข้างต้นทั้ง 3 อวัยวะมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

เอกสารอ้างอิง

ประจวบ หลำอุบล.2537. **สรีรวิทยาของกุ้งทะเล** . ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 293 หน้า.

ดาริน ชาญวิชัย.2531.การปรับตัวของกุ้งกุลาดำวัยรุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็ม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 31หน้า

Cameron, J. N. 1985. Post-moult calcification in the blue crab (*Callinectes sapidus*): Relationships between apparent net H^+ excretion, calcium and bicarbonate. *J. Exp. Biol.* 119, 275-285.

Chen, J.C. and Cheng, S.Y. 1993. Hemolymph, PCO2, hemocyanin, protein level and urea excretions of *Penaeus monodon* exposed to ambient ammonia *Aquat. Toxicol***. 27, 281-292.**

Chen, W., Liu, C.H., Kuo, C.M. 2003. Effects of dissolved oxygen on hemolymph parameters of fresh water giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) *Aquaculture* **220,** 843-856**.**

Cheng, K.-M., Hu, C.-Q., Liu, Y.-N., Zheng, S.-X., and Qi, X.-J. 2006. Effects of dietary calcium, phosphorus and calcium/phosphorus ratio on the growth and tissue mineralization of *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity water. *Aquaculture*. 251, 472– 483.

Cheng, W., Liu, C.H., and Kuo, C.M. 2003. Effects of dissolved oxygen on hemolymph parameters of fresh water giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture* 220, 843–856.

Cuzon, G., Lawrence, A., Gaxiola, G., Rosas, C., and Guillaume, J. 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*, *235*, 513-551.

Gilles, R. and Pequeux, A. 1981. Cell regulation in Crustacean : Relation between mechanism for controlling the osmolality of extracellular and intracellular fluids. *J. Exp. Zool.* 215 : 351–362.

Gong, H., Jiang, D.H., Ligthner, D.V., Collins, C. and Brock, D. 2004. A dietary modification approach to improve the osmoregulatory capacity of *Litopenaeus vannamei* cultured in the Arizona desert. *Aquacult. Nutri.* 10, 227-236.

Hagerman, L., 1983. Haemocyanin concentration of juvenile lobsters (*Homarus gammarus*) inrelation to moulting cycle and feeding conditions. *Mar. Biol.* 77, 11-17.

Lall, S.P. 1989. *The minerals.* In: Halver, J.E.(Ed.), Fish Nutrtion, 2nd ed Academic Press, San Diego, CA, 231p.

Lee, M.-H. and Shiau, S.-Y. 2002. Dietary copper requirement of juvenile grass shrimp, *Penaeus monodon*, and effect on non-specific immune response. Fish Shellfish Immunol. 13, 259-270.

Li, E., Chen, L., Zeng, C., Yu, N., Xiong, Z., Chen, X., and Qin, J.G. 2008. Comparison of digestive and antioxidant enzyme activities, haemolymph oxyhemocyanin contents and hepatopancreas histology of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at various salinities. *Aquaculture* 274, 80-86.

Lovell, R.T. 1989. *Nutrition and feeding of fish*. Van Nostrand Reinshold, New York, 260p.

Mangum, C.P. 1992. Physiological aspects of molting in the blue crab *Callinectes sapidus*. *Amer. Zool.*32, 459-469.

Mantel, L.H. and Farmer, L.L. 1983 .*Osmotic and ionic regulation*. In: The Biology of Crustacea Vol 4. Internal anatomy and physiological regulation, Mantle, L.H. (ed), Academic press, New York, pp. 53-161.

Mercaldo-Allen, R. 1991. Change in the blood chemistry of the american lobster *Hormarus americanus*, H. Milne Edwards, 1837, over the molt cycle. *J Shellfish Res*. 10(10), 147-156.

Passano, L.M. 1960. Molting and its control. In:*The Physiology of Crustacea. Vol. 1*, Waterman T.H. (ed), Academic Press, New York, pp. 437 – 536.

Potts, W.T.W. and Parry, G. 1964.*Osmotic and ionic regulation in animals*: *In*: International series of monographs on pure and applied biology, Kerkut, G.A. (Ed.), Pergamon press, Oxford, pp.423

Pratoomchat, B.,Sawangwong, P., Pakkong, P. and Machado, J. 2002. Organic andinorganic variations in haemolymph, epidermal tissue and cuticle over the molt cycle in *Scylla serarta* (Decapoda*). Comp. Biochem. and Physiol. Part A,* 131: 243-255.

Pratoomchat, B., Sawangwong, P., and Machado, J. 2004. The identification of molt stage in *Scylla serrata* on cuticle morphology. *Proceedings of Biomineralization (BIOM2001): formation, diversity, evolution and application*, Kobayashi & Ozawa (Eds) Tokai Univ Press, 2004, p. 98-102. ISBN4-486-01370-9

Roer, R. and Dillaman, R. 1984.The structure and calcification of the crustacean cuticle *Amer .Zool.*24, 893-909.

Tantulo, U., and Fotedar, R. 2006. Comparison of growth, osmoregulatory capacity, ionic regulation and organosomatic indices of black tiger prawn (*Penaeus monodon* Fabricius, 1798) juveniles reared in potassium fortified inland saline water and ocean water at different salinities. *Aquaculture*, *258*, 594-605.

Towle, D.W. 1981. Role of Na^+/K^+-ATPase in ionic regulation by marine and estuarine animals. *Mar. Biol.*, *2*, 107-122.

Vargas-Albores, F. and Ochoa, J.L. 1992. Variation of pH, osmolality, sodium and potassium concentrations in the haemolymph of sub-adult blue shrimp (*Penaeus stylirostris*) according to size. *Comp. Biochem. Physiol Part A: physiology* 102 (1), 1-5.

Vigh, D.A. and Dendinger, J.E., 1982. Temporal relationships of postmolt deposition of calcium, magnesium, chitin and protein in the cuticle of the Atlantic blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun.*Comp. Biochem. Physiol*. 72A (2), 365-369.

Wang, A.L., Wang, W.N., Wang, Y., Shang, L.X., Liu, Y., and Sun, R.Y. 2003. Effects of dietary vitamin C supplementation on the oxygen consumption, ammonia-N excretion and Na^{+}/K^{+}ATPase of *Macrobrachium nipponense* exposed to ambient ammonia. *Aquaculture* 220, 833-841.

Weiland, A.L. and Mangum, C.P. 2005. The influence of environmental salinity in hemocyanin function in the blue crab, *Callinectes sapidus J Exp. Zool.* 193A, 265-273.

บทสรุปผู้บริหาร

(Executive Summary)

ข้าพเจ้าผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสรีระเคมีของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่ขนาดต่าง ๆ (Physicochemical changes of white shrimp *(Litopenaeus vannamei*) at different sizes) รหัสโครงการ 103209 สัญญาเลขที่ 41/2558 ได้รับงบประมาณทั้งสิ้น 760,000 บาท (เจ็ดแสนหกหมื่นบาทถ้วน) ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี (1 ตุลาคม พ.ศ. 2557 ถึง 3 กันยายน พ.ศ. 2558)

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการการเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงทางสรีระเคมีของกุ้งขาวตามขนาดเป็นสิ่งที่จำเป็นมาก ในการทดลองนี้จึงได้นำกุ้งขาวจากบ่อเลี้ยง 5 ขนาด (6, 12,18, 24 และ 30 กรัม) มาทำการปรับสภาพในน้ำความเค็ม 25 psu ในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร ที่ความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร ให้อาหารสำเร็จรูปกุ้งขาวระดับโปรตีนอย่างน้อย 35% ปริมาณ 5% ของน้ำหนักตัว แบ่งให้วันละ 4 ครั้ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เมื่อปรับสภาพกุ้งครบ 2 สัปดาห์ จึงคัดกุ้งระยะลอกคราบ D0 ของกุ้งขาวทั้ง 5 ขนาดในแต่ละซ้ำ มาเก็บเลือด ตับ และตับอ่อน และเปลือกเพื่อมาวัดปริมาณของแร่ธาตุ 9 ชนิด ได้แก่ Na, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Cl, P และ S ด้วยเครื่อง X-ray fluorescent spectrophotometer ED^{2000}

จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของ Na, K, Mg, Ca, Cu และ P ในพลาสมา ตับและตับอ่อน S ในพลาสมา และ P ในเปลือกของกุ้งขาวขนาดเล็ก (6 กรัม) มีความเข้มข้นสูงที่สุด (p<0.05) ความเข้มข้นของชนิดแร่ธาตุที่นอกเหนือจากข้างต้นทั้ง 3 อวัยวะมีค่าไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ชี้ชัดได้ว่ากุ้งขนาดเล็กมีความพร้อมสูงกว่ากุ้งขนาดใหญ่กว่า ทั้งด้านพลังงาน การควบคุมสมดุลเกลือแร่ กระบวนการลอกคราบ การสร้างเปลือก เพื่อสนับสนุนอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่ากุ้งขนาดใหญ่

Output/Outcome

การตีพิมพ์ผลงาน

วางแผนการตีพิมพ์ลงใน Journal ต่างประเทศ เช่น Aquaculture, Aquaculture research, Fisheries Science และ Marine Biology หรืออื่น ๆ ในสาขาที่เกี่ยวข้อง จำนวน 1 เรื่อง

ประกอบการเรียนการสอนและการค้นคว้า

สามารถนำเอาความรู้มาถ่ายทอดให้นิสิตทั้งระดับ ปริญญาตรีและโท ในวิชา Coastal Aquaculture, Shrimp Aquaculture, Crustacean aquaculture และ Biomineralization

ถ่ายทอดเทคโนโลยี

การถ่ายทอดความรู้ผ่านทางชมรมผู้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมทั่วประเทศ (ตามความเหมาะสม)

ข้อเสนอแนะ

การที่กุ้งขาวประสบปัญหาการตายด่วน (Early Mortality Syndrome, EMS) ของการเลี้ยงกุ้งขาวในช่วง 1 เดือนแรก ช่วงที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน มีเหตุผลมาจากกุ้งขาวมีอัตราการเจริญเติบโตที่เร็วมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วง 1 เดือนแรก จากการวิจัยชี้ให้เห็นว่า กุ้งขาวขนาดเล็กมีความจำเป็นต้องรักษาระดับความเข้มข้นของ Na, K, Mg, Ca, Cu และ P ในพลาสมา และในตับและตับอ่อน S ในพลาสมา และ P ในเปลือกของ (6 กรัม) สูงกว่ากุ้งที่มีขนาดใหญ่กว่า ดังนั้นสภาวะอัตราการเจริญเติบโตที่เร็วมาจากเหตุผลกุ้งลอกคราบเร็วขึ้น ดังนั้นกุ้งที่มีขนาดเล็กซึ่งมีรอบวงจรการลอกคราบสั้นอยู่แล้ว ก็จะมีวงจรลอกคราบสั้นกว่าเดิม นั่นหมายถึง กุ้งขนาดเล็กจะต้องมีการปรับสมดุลแร่ธาตุหลายชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่ง Na, K, Mg, Ca, Cu และ P เพื่อสร้างสมดุลทางสรีระเคมีและกลไกทางชีวเคมีภายในร่างกาย รวมทั้งความต้องการ P เพื่อการสร้างเปลือกให้รวดเร็ว เพื่อตอบสนองการอยู่รอด การสร้างเปลือก และการเจริญเติบโต ดังนั้นกุ้งขาวขนาดเล็กจะมีความเครียดค่อนข้างสูง ด้วยเหตุผลข้างต้น หากผู้เลี้ยงกุ้งขาวมีการเตรียมความพร้อมไม่ดีทั้งในเรื่องระดับแร่ธาตุ หรือการจัดการที่ไม่เหมาะสมอันมีผลต่อการดูดซึมและการนำแร่ธาตุไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ก็มีโอกาสเสี่ยงต่อกุ้งซึ่งทำให้มีอัตรารอดต่ำลงได้ ดังนั้นผู้เลี้ยงกุ้งขาวต้องมีการบริหารจัดการอย่างประณีตทั้งน้ำที่ใช้เลี้ยงให้มีคุณภาพดีและอาหารให้มีโภชนาการด้านแร่ธาตุให้พร้อมอยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกุ้งที่มีขนาดเล็กกว่า 6 กรัม