ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)
ปริญญา

วิทยาศาสตร์การประมง	ชีววิทยาประมง
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง ผลของการเสริมเกลือแร่ในอาหารต่อการรอดตาย และการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Effects of Minerals Supplementation to Feeds on Survival and Growth of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

นามผู้วิจัย นางสาววาสนา ไพรสิงห์ขรณ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....
(รองศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิติ ชูเชิด, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา ....
(รองศาสตราจารย์ณรงค์ วีระไวทยะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

....
(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ .... **เดือน** .... **พ.ศ.** ....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการเสริมเกลือแร่ในอาหารต่อการรอดตาย และการเจริญเติบโต ของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Effects of Minerals Supplementation to Feeds on Survival and Growth of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

โดย

นางสาววาสนา ไพรสิงห์ขรณ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วาสนา ไพรสิงห์ขรณ์ 2554: ผลของการเสริมเกลือแร่ในอาหารต่อการรอดตาย และการเจริญเติบโต ของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D. 67 หน้า

การศึกษาผลของการเกลือแร่ในอาหาร ต่ออัตราการรอดตาย และอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) วางแผนการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ 1 แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มควบคุม ให้อาหารปกติ กลุ่มที่ 2 เสริมแร่ธาตุแมกนีเซียม (Mg) ร่วมกับแคลเซียม (Ca) อัตราส่วน 1200:400 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เสริมแร่ธาตุแมกนีเซียมร่วมกับแคลเซียมอัตราส่วน 3600 : 1200 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 4 เสริมแร่ธาตุแมกนีเซียมร่วมกับแคลเซียมอัตราส่วน 7200 : 2400 มิลลิกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่ 5 เสริมเกลือสมุทร (Sea Salt) 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทุกกลุ่มการทดลองเลี้ยงโดยใช้กุ้งขาวแวนนาไมขนาดน้ำหนักตัว 3-4 กรัม ในอัตราความหนาแน่น 35 ตัวต่อถัง (63 ตัวต่อตารางเมตร) ลงเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร ความเค็ม 25 พีพีที เป็นเวลานาน 60 วัน ผลการทดลองพบว่า กลุ่มที่ 5 ที่เสริมด้วยเกลือสมุทร 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักรวม และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน สูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมแร่ธาตุแมกนีเซียม (Mg) ร่วมกับแคลเซียม (Ca) อัตราส่วนต่างๆ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนอัตราการรอดตาย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

จากผลการทดลองที่ 1 พบว่า การเสริมเกลือสมุทรอัตราส่วน 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ให้ผลการทดลองดีที่สุด จึงได้ทำการศึกษาต่อ ในชุดการทดลองที่ 2 แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มควบคุม ให้อาหารปกติ กลุ่มที่ 2 เสริมเกลือสมุทรอัตราส่วน 25 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และกลุ่มที่ 3 เสริมเกลือสมุทรอัตราส่วน 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม โดยวิธีการเลี้ยงเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่ปล่อยกุ้งในอัตราความหนาแน่น 45 ตัวต่อถัง (81 ตัวต่อตารางเมตร) และเลี้ยงนาน 60 วัน ผลการทดลองพบว่า กลุ่มที่ 3 ที่มีการเสริมเกลือสมุทร 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ให้ผลน้ำหนักรวมดีที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่กลุ่มควบคุม มีผลอัตราการรอดตายต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 และ 3 ที่มีการเสริมเกลือสมุทรอัตราส่วน 25 และ 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในชุดการทดลองที่ 3 แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มควบคุม ให้อาหารปกติ กลุ่มที่ 2 เสริมเกลือสมุทรอัตราส่วน 25 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และกลุ่มที่ 3 เสริมเกลือสมุทรอัตราส่วน 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทุกกลุ่มการทดลองเลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที ใช้กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 (พี 8) ขนาดน้ำหนักตัว 0.004 กรัม ในอัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อถัง (90 ตัวต่อตารางเมตร) ลงเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร เป็นเวลานาน 60 วัน ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการรอดตาย ผลผลิตรวม และอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน ของทุกกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กลุ่มที่ 3 เสริมเกลือสมุทรอัตราส่วน 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ให้ผลอัตราการรอดตายและผลผลิตรวมสูงที่สุด สรุปได้ว่าการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมทั้งในน้ำความเค็มปกติและความเค็มต่ำ ควรมีการเสริมเกลือแร่ระหว่างการเลี้ยง ซึ่งแร่ธาตุที่เหมาะสมคือเกลือสมุทรในอัตราส่วน 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เพื่อให้ได้อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายที่ดี และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

_________________ ______________________ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Wassana Prisingkorn 2011: Effects of Minerals Supplementation to Feeds on Survival and Growth of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Master of Science (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Associate Professor Chalor Limsuwan, Ph.D. 67 pages.

The effects of minerals supplementation to feeds on survival and growth of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) were studied. This study was divided into three experiments. The first experiment was consisted of five groups, (1) control group, (2) Mg : Ca ratio 1200 : 400 ppm, (3) Mg : Ca ratio 3600 : 1200 ppm, (4) Mg : Ca ratio 7200 : 2400 ppm and (5) sea salt 50 g/1 kg of feed. Shrimp weight 3-4 g were stocked into 500-L fiberglass tanks at the density of 35 shrimps per tank (63 shrimps/m^2) and salinity was 25 ppt. After 60 days shrimp were harvested. The average weight, yield and average daily weight gain(ADG) from group 5 were significantly higher ($P<0.05$) than the control and other groups. While survival rate from all groups were not significantly different ($P>0.05$).

According to the first experiment, sea salt 50 g/1 kg feed gave the best result. In the second experiment, sea salt at two different concentrations were used and compared with the control group, (1) control group, (2) sea salt 25 g/1 kg of feed and (3) sea salt 50 g/1 kg of feed. The rearing procedure was similar to the first experiment except the stocking rate was 45 shrimps per tank (81 shrimps/m^2) This experiment were cultured same the first experiment but shrimp were stocked at the density of 45 shrimps per tank (81 shrimps/m^2). After 60-day of rearing period, sea salt 50 g/ 1 kg feed showed the highest yield than other groups. However, there were no significant differences of yield and ADG across the groups. While survival rate from control group was significantly lower ($P<0.05$) than group 2 and 3. In the third experiment, sea salt at two different concentrations were used and compared with the control group, (1) control group, (2) sea salt 25 g/1 kg of feed and (3) sea salt 50 g/1 kg of feed. PL_8 of *L. vannamei* weight 0.004 g were stocked into 500-L fiberglass tanks at the density of 50 shrimps per tank (90 shrimps/m^2) and salinity was 1 ppt. After 60 days shrimp were harvested. The average weight, survival, yield and ADG from all groups were significantly different ($P<0.05$). While survival rate from all groups were not significantly different ($P>0.05$). In group (3) sea salt 50 g/ 1 kg feed showed the highest survival and yield than other groups. The results of the present study conclude that in order to achieve good survival and growth of *L. vannamei* cultured in normal salinity water and low salinity water, sea salt at the ratio of 50 g/ 1 kg feed should be added to the feed.

____________________ ____________________ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชลอ ลิ้มสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติ ชูเชิด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ วราห์ เทพาหุดี และ ดร.เต็มดวง สมศิริ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาในทุกเรื่อง และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณจุรีย์ฟาร์ม จังหวัดจันทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ลูกกุ้งที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.เกศินี หลายสุทธิสาร ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยแก้ไขทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และพี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ คุณยาย และครอบครัวไพรสิงห์ขรณ์ทุกๆคน ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์พร้อมทั้งคอยช่วยเหลือจนทุกอย่างสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

วาสนา ไพรสิงห์ขรณ์

พฤษภาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	29
ผลและวิจารณ์	38
สรุปผลการทดลอง	54
ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	57
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า

ตารางที่		หน้า
1	ความต้องการสารอาหารชนิดต่างๆของกุ้งขาวแวนนาไม	5
2	ปริมาณแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ในน้ำทะเล และน้ำจืด	17
3	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของแอมโมเนียที่ไม่แตกตัวเป็นอิออน ที่มีค่าพีเอชและอุณหภูมิของน้ำแตกต่างกัน	26
4	น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมระหว่างระยะเวลาการเลี้ยง ที่มีการเสริมแมกนีเซียมคลอไรด์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันกับเกลือสมุทร ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง	39
5	น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักรวม อัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่มีการเสริมแมกนีเซียมคลอไรด์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันกับเกลือสมุทร ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง	40
6	คุณภาพน้ำที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ที่มีการเสริมแมกนีเซียมคลอไรด์ร่วม กับ แคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน กับ เกลือสมุทร ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง	42
7	น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมระหว่างระยะเวลาการเลี้ยง ที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง	44
8	น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักรวม อัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม ที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง	46
9	คุณภาพน้ำที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง	47

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ | หน้า

ตารางที่		หน้า
10	น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมระหว่างระยะเวลาการเลี้ยง ที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง	50
11	น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักรวม อัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง	51
12	คุณภาพน้ำที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ที่มีที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง	52

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร ใช้ในการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ในห้องปฏิบัติการ	35
2	เตรียมน้ำความเค็ม 25 พีพีที ใช้ในการทดลองที่ 1 และ 2	35
3	เตรียมน้ำความเค็ม 1 พีพีที ใช้ในการทดลองที่ 3	36
4	กุ้งขาวแวนนาไมขนาดน้ำหนักตัว 3-4 กรัม ที่ใช้ในการทดลอง	36
5	กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสต์ลาร์วา 8 ที่ใช้ในการทดลอง	37
6	สุ่มชั่งน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสต์ลาร์วาในระหว่างการเลี้ยง	37
7	การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่มีการเสริมแมกนีเซียมคลอไรด์ร่วม กับ แคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน กับ เกลือสมุทร ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที	43
8	การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที	48
9	การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 พีพีที	53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการเสริมเกลือแร่ในอาหาร ต่อการรอดตาย และการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Effects of Minerals Supplementation to Feeds on Survival and Growth of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

คำนำ

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ส่วนใหญ่ฟาร์มเลี้ยงกุ้งจะใช้น้ำความเค็มปกติในพื้นที่ริมชายฝั่งทะเล โดยเฉพาะทางภาคใต้และทางภาคตะวันออกของประเทศไทย แต่ในบางพื้นที่มีการใช้น้ำจากแม่น้ำลำคลองที่อยู่ห่างไกลจากทะเลในการเลี้ยง ซึ่งในช่วงฤดูฝนความเค็มของน้ำจะลดลงทำให้ปริมาณแร่ธาตุในน้ำลดต่ำลงตามความเค็มด้วย โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีฝนตกหนักหรือตกติดต่อกันหลายวัน และมักพบกุ้งตายในลักษณะตัวนิ่มในระหว่างการเลี้ยง (ปิยนุช, 2550) เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในปัจจุบันมีการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่น โดยเฉพาะในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติและมักพบว่าบ่อที่กุ้งมีอัตรารอดสูงจะมีกุ้งจำนวนมากมีแผลขีดข่วนตามลำตัวมากกว่าบ่อที่มีกุ้งในปริมาณน้อยกว่า ในการแก้ปัญหาของเกษตรกรจะมีการเติมแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แคลเซียมซัลเฟตหรือแคลเซียมคลอไรด์ และแมกนีเซียมซัลเฟตหรือแมกนีเซียมคลอไรด์ หรืออาจจะเติมเกลือสมุทร ในช่วงเวลาที่กุ้งลอกคราบ(นิธิศ, 2550) ในระหว่างการเลี้ยงเพื่อจะทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรงขึ้นและมีการเจริญเติบโตดีขึ้น

สำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในอัตราความหนาแน่นสูงด้วยน้ำความเค็มต่ำมาก จะประสบปัญหากุ้งตายที่มีลักษณะตัวนิ่ม เปลือกบาง บางส่วนลอกคราบไม่ออก มีกุ้งทยอยตายในระหว่างการเลี้ยงมากกว่าการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ (ชลอและพรเลิศ, 2547) เนื่องจากน้ำความเค็มต่ำจะมีปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ แมกนีเซียม โซเดียม แคลเซียม โพแทสเซียม คลอไรด์ ไบคาร์บอเนต และซัลเฟตน้อย ซึ่งแร่ธาตุเหล่านี้มีผลต่อกระบวนการปรับสมดุลเกลือแร่ (osmoregulation) ของกุ้ง การลอกคราบ และการสร้างเปลือกของกุ้ง (แก้วตา, 2553) ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ โอกาสที่จะขาดแร่ธาตุตัวใดตัวหนึ่งหรือมีปริมาณไม่เพียงพอจึงเป็นไปได้สูง ซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของกุ้งขาวแวนนาไม แม้ว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จะมีการเติมแร่ธาตุต่าง ๆ ในระหว่างการเลี้ยงซึ่งทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรง การเจริญเติบโตดีขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นดีกว่าการไม่เติมแร่ธาตุในระหว่างการเลี้ยงแต่ยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนว่าควรเติมแร่ธาตุอะไรบ้างที่ระดับความเข้มข้นเท่าไหร่จึงจะทำให้กุ้งขาวแวนนาไมมีการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นในระดับที่คุ้มค่าต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น

สำหรับวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการเสริมแร่ธาตุลงไปในอาหารกุ้งเพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในการเลี้ยงกุ้งในทุกพื้นที่จะทำให้การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของเกษตรกรไทยมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้อุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งของประเทศไทยยังคงรักษาระดับความเป็นผู้นำในด้านการผลิตและการส่งออกได้อย่างมั่นคงและยั่งยืนต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเสริมแมกนีเซียมคลอไรด์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันกับเกลือสมุทรต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

2. เพื่อศึกษาการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

3. เพื่อศึกษาผลการเสริมเกลือสมุทรต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. กุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแวนนาไมหรือกุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) มีชื่อสามัญหลายชื่อ เช่น Pacific white shrimp, West coast white shrimp, Whiteleg shrimp (FAO name) (Poss, 1998) กุ้งขาวเป็นกุ้งขนาดกลาง มีลำตัวขาวใส ขาสีขาวใส หางมีสีแดง ลักษณะของกรียาวตรง โดยมีฟันกรีด้านบน 8 ซี่ ฟันกรีด้านล่าง 2 ซี่ ที่เปลือกส่วนหัว (carapace) มี antennal spine และ hepatic spine มีสันข้างกรี (adrostral carina) ยาวถึงฟันกรีอันสุดท้าย (epigastric tooth) แต่ยาวไม่เกินครึ่งหนึ่งของ carapace ส่วนหนวดจะมีสีแดงตลอดเส้น (ประจวบ, 2543)

1.1 การแพร่กระจายและแหล่งที่อยู่อาศัย

กุ้งขาวแวนนาไมอาศัยบริเวณพื้นท้องน้ำที่เป็นโคลน ตั้งแต่บริเวณชายฝั่งจนถึงระดับความลึก 72 เมตร เป็นกุ้งทะเลที่พบทั่วไปบริเวณชายฝั่งแปซิฟิกตะวันออกจากตอนเหนือของประเทศเม็กซิโก จนถึงตอนเหนือของประเทศเปรู มีการเลี้ยงกันมากในประเทศแถบอเมริกากลางและอเมริกาใต้ ได้แก่ เอกวาดอร์ เม็กซิโก เปรู ปานามา ฮอนดูรัส โคลอมเบีย และบราซิล (Dore and Frimodt, 1987; Tseng, 1987; Rosenbery, 1998; Cuzon *et al*., 2004)

1.2 การกินอาหารและความต้องการสารอาหาร

กุ้งขาวแวนนาไมสามารถกินได้ทั้งพืช ที่อยู่บริเวณกลางน้ำ พื้นท้องน้ำหรือสัตว์หน้าดินและซากสิ่งมีชีวิตได้ โดยจะว่ายน้ำเข้าจับอาหารกึ่งจมกึ่งลอยทั้งพืชและสัตว์บริเวณกลางน้ำ ส่วนกรณีน้ำตื้นจะหากินเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วตามพื้นบ่อ กุ้งชนิดนี้จะกินสาหร่ายหรือสิ่งอื่นๆ ถ้าอาหารไม่พอ (Wassenberg and Hill, 1987) สำหรับการให้อาหารในระหว่างการเลี้ยง ใช้อาหารสำเร็จรูป ตามอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักตัวของกุ้งที่เพิ่มขึ้น และได้อาหารเสริมจากธรรมชาติ คือ แพลงก์ตอนสัตว์ เช่น โคพีพอด (copepod) โพลีคีท (polychaete) แอมฟิพอด (amphipods) และหอย (mollusks) กุ้งขาวแวนนาไมเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาจึงต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิตสูงกว่ากุ้งกุลาดำ ระบบการให้อากาศในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจึงต้องเพียงพอต่อความต้องการ (Wyban *et al*., 1995; Martinez-Cordova *et al*. ,1998)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ezquerra *et al*. (1998) กล่าวว่า การเลี้ยงกุ้งทะเลในกลุ่ม penaeid อาหารเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากที่สุด โดยต้องมีสารอาหารครบถ้วน ในกุ้งขาวแวนนาไมนั้นโปรตีนเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องมีในปริมาณที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง (Smith *et al*., 1985) สำหรับความต้องการสารอาหารชนิดต่าง ๆ ในกุ้งขาวแวนนาไมสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความต้องการสารอาหารชนิดต่างๆของกุ้งขาวแวนนาไม

สารอาหาร	ความต้องการ	เอกสารอ้างอิง
โปรตีน (%)		
- ระยะ postlarva (0.5 กรัม)	30-35	Tseng (1987)
- ระยะ juvenile (1.4-8.5 กรัม)	32	Kureshy and Davis (2002)
วิตามิน (มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม)		
- ไพริดอกซิน	80-100	He and Lewrence (1991)
- วิตามินซี	90-120	He and Lewrence (1993)
- วิตามินอี	99	He and Lewrence (1993)
เกลือแร่(%)		
- แคลเซียม	-	Davis *et al*. (1993a)
- ฟอสฟอรัส	0.35(0% Ca)	Davis *et al*. (1993a)
	0.5-1.0(1% Ca)	Davis *et al*. (1993a)
	1.0-2.0(2% Ca)	Davis *et al*. (1993a)
- ทองแดง	0.0032	Davis *et al*. (1993a)

ที่มา: พรรณิภา (2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 สรีรวิทยาของครัสเตเชียน

ระบบหมุนเวียดเลือด

ระบบหมุนเวียนเลือดของพวกเดคาพอด (decapod) จัดเป็นระบบหมุนเวียนเลือดแบบกึ่งปิดกึ่งเปิด เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบหมุนเวียนเลือดภายในช่องว่างของลำตัว เนื่องจากระบบหมุนเวียนเลือดดังกล่าว ประกอบด้วย หัวใจ เส้นเลือด และแอ่งเลือดดำ มีแอ่งเลือดกระจายอยู่ทั่วไป พบอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ตามช่องว่างภายในลำตัว เลือดจะมีการหมุนเวียนอยู่ภายในช่องว่างเหล่านี้ โดยอาศัยการเคลื่อนไหวของร่างกายและกล้ามเนื้อต่างๆ การบีบและหดตัวของหัวใจ ในเลือดพบฮีโมไซยานิน (hemocyanin) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีทองแดง 0.17 เปอร์เซ็นต์ ลิพิด (lipid) โปรตีน (protein) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) น้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีองค์ประกอบของทองแดง ทำให้เลือดสัตว์เหล่านี้มีสีน้ำเงินหรือฟ้าเมื่อถูกสัมผัสกับอากาศ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อกระบวนการควบคุมสมดุลของน้ำและอิออน (นงนุช, 2550) ประกอบด้วย

โซเดียม พบในปริมาณที่สูงในเลือด ทำหน้าที่รักษาสมดุลออสโมติก (osmotic) ควบคู่กับคลอไรด์ โดยมีโพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม เป็นตัวช่วยปรับและรักษาสภาพความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ในร่างกายให้สมดุล นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อต่างๆ ในร่างกาย

คลอไรด์ พบในปริมาณใกล้เคียงกับโซเดียมแต่สูงกว่าเล็กน้อย เป็นสารที่มีการเคลื่อนย้ายที่รวดเร็วเมื่อความเค็มของน้ำภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงไป คลอไรด์ทำหน้าที่รักษาสมดุลออสโมติก ทำหน้าที่ร่วมกับโซเดียม เกี่ยวข้องกับการสมดุลของแคทอิออน (cation) และแอนอิออน (anion) ภายในเลือดและกล้ามเนื้อสัตว์

แคลเซียม เป็นส่วนประกอบสำคัญของเปลือกหุ้มร่างกาย โดยสะสมอยู่ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

แมกนีเซียมและฟอสฟอรัส มีความสำคัญต่อการสร้างเปลือกร่วมกับแคลเซียม เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) และสารประกอบฟอสโฟลิปิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(phospholipid) ที่สำคัญของระบบประสาทและสมองภายในร่างกาย เช่น โคเอนไซม์ NADP (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate) และ ATP (adenosine triphosphate) เป็นต้น

การแลกเปลี่ยนก๊าซบริเวณเหงือก

โดยทั่วไปกระแสน้ำที่ไหลผ่านเข้าสู่บริเวณเหงือกนั้นเกิดขึ้นจากการพัดโบกของรยางค์ scaphognathite หรือ gill bailer ของ maxilliped คู่ที่ 2 ที่อยู่บริเวณส่วนหัว ในกุ้งนั้นกระแสน้ำสามารถไหลผ่านทุกส่วนของขอบด้านล่างและด้านหลัง carapace แล้วไหลออกบริเวณส่วนหัว กลไกการแลกเปลี่ยนก๊าซบริเวณเหงือกจะเกิดขึ้นหลังจากที่กระแสน้ำจากภายนอกร่างกายของสัตว์ถูกนำเข้าช่องเหงือก โดยน้ำที่ไหลผ่านเข้ามาทางรูเปิดของขาเดินจะผ่านบริเวณฐานของเหงือก ไหลเข้าสู่ช่องว่างใต้เหงือก หลังจากนั้นจะไหลผ่านซี่เหงือก ซึ่งแต่ละอันจะมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ บริเวณซี่เหงือกนี้เองจะมีการแลกเปลี่ยนก๊าซในระบบสวนทิศทางกัน โดยทิศทางการไหลของเลือดจะสวนทางกับทิศทางการไหลของกระแสน้ำ การแลกเปลี่ยนก๊าซแบบสวนทิศทางที่เกิดขึ้นระหว่างเลือดกับตัวกลางบริเวณเหงือกของครัสเตเชียนมีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ในแง่ของสรีรวิทยาของการหายใจ ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่นำไปใช้ประโยชน์มากกว่าการแลกเปลี่ยนก๊าซแบบไม่สวนทิศทางการแลกเปลี่ยนก๊าซจะเกิดขึ้นโดยออกซิเจนที่มาพร้อมกับกระแสน้ำจะแพร่เข้าสู่เลือดและคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในเลือดจะแพร่ออกมาสู่กระแสน้ำ หลังจากนั้นน้ำจะไหลขึ้นทางด้านบนผ่านช่องว่างเหนือเหงือก แล้วไหลไปทางด้านหน้าเข้าสู่ห้องปั๊ม สุดท้ายจะถูกปั๊มออกโดย scaphognathite ซึ่งปริมาณน้ำที่ปั๊มผ่านเข้าออกบริเวณช่องเหงือก มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 1-2 มิลลิลิตร/กรัม/นาที (นงนุช, 2550; Mantel and Farmer, 1983)

การลอกคราบ

การลอกคราบ เป็นกลไกสำคัญในการดำรงชีวิตของครัสตาเชียนเนื่องจากเกี่ยวข้องกับสรีระและมีผลทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตขึ้น หากเกิดปัญหาการลอกคราบ สัตว์เหล่านี้จะหยุดการเจริญเติบโตและตายในที่สุด การลอกคราบของครัสเตเชียนจะเกิดบ่อยครั้งในระยะแรกของการเจริญเติบโต และความถี่จะลดลงเรื่อยๆ การลอกคราบจะมีการเปลี่ยนแปลงของสารต่างๆ รวมทั้งการเจริญเติบโตขึ้นด้วย ในการลอกคราบที่เป็นปกติในแต่ละครั้ง เปลือกเก่าจะถูกสลัดทิ้งไป สัตว์จะตัวบวมเนื่องจากมีการดูดน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการดื่มเข้าไป หลังจากนั้นเปลือกใหม่จะเริ่มแข็งขึ้น ขนาดของสัตว์จะใหญ่ขึ้น ระยะนี้สัตว์จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น จนถึงก่อนจะมีการลอกคราบครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต่อไป น้ำจะค่อยๆ ถูกแทนที่โดยเนื้อเยื่อใหม่ จะทำให้ปริมาณโปรตีนในร่างกายเพิ่มขึ้น คงไว้ตามเดิมแทนที่ของน้ำโดยเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นใหม่นี้ ถือว่าเป็นการเจริญเติบโตที่แท้จริง

โครงสร้างของเปลือกของกุ้ง

โครงสร้างของเปลือกของกุ้ง เป็นส่วนที่ปกคลุมภายนอกของลำตัว เพื่อป้องกันอันตรายให้กับลำตัวและอวัยวะภายใน นอกจากนี้ยังช่วยในการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ โดยเปลือกของกุ้งประกอบด้วย

1. Epicuticle (non-chitinous epicuticles) เปลือกชั้นนอกสุด ลักษณะบางและใส ไม่มีองค์ประกอบที่เป็นสารไคติน ประกอบด้วย โปรตีน ลิปิด แคลเซียม อาจจะอยู่ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต แคลเซียมคาร์บอเนต เรียงตัวกันโดยโปรตีนและลิปิดจะรวมกันอยู่ในรูปของ lipoprotein ล้อมรอบแคลเซียม จึงมีความเหนียวมากกว่าชั้นอื่น ๆ อาจมีองค์ประกอบเป็นไข ทำหน้าที่ป้องกันการซึมผ่านเข้าออกของน้ำ จำกัดปริมาณการผ่านเข้า-ออก ของเกลือแร่และอิออนต่าง ๆ

2. Exocuticle เป็นชั้นที่ทำให้เกิดสีในสัตว์ มีปริมาณเม็ดสี (pigment) สูงที่สุด ได้แก่ เมลานิน พบไคติน โปรตีน ฟีนอล มีไคตินและโปรตีนสานเป็นร่างแห ส่วนเม็ดสีและแคลเซียมจะรวมตัวอยู่ภายในร่างแห ทำให้ชั้นนี้มีความแข็งแรงมากกว่าชั้นอื่นๆ บริเวณรอยแยกของเปลือกขณะที่มีการลอกคราบจะไม่พบในชั้นนี้

3. Endocuticle เป็นชั้นที่หนาที่สุดและมีแคลเซียมสะสมอยู่มากที่สุด แบ่งเป็น 2 ชั้นย่อย คือ

- Calified layer แสดงความหนาของเปลือก ขึ้นกับปริมาณแคลเซียมที่สะสม

- Uncalcified layer หรือชั้น membranous layer ไม่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ ชั้นนี้ไม่มีเม็ดสีเมลานิน แต่มีไคตินและโปรตีนเป็นองค์ประกอบ ความแข็งแรงน้อยกว่า exocuticle เนื่องจากมีแคลเซียมเท่านั้นที่เรียงตัวแทรกอยู่ตามระหว่างร่างแหของไคติน และโปรตีน ซึ่งเป็นชั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงก่อนการลอกคราบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. Epidermis เซลล์มีขนาดใหญ่ อัดกันแน่น ใต้ชั้น epidermis ลงมาจะมีต่อมผิวหนัง (tegumental gland) อยู่ ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่มีหน้าที่สร้างสารซึ่งสามารถถูกขับออกทางท่อยาวสู่ภายนอกผิว epicuticle พบปลายประสาทที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับความรู้สึกซึ่งเชื่อมโยงไปยังขนเล็กๆ ที่อยู่ด้านบนของ cuticle

วงจรการลอกคราบ แบ่งตามวิธีของ Carlisle and Dohrn (1953) แบ่งได้เป็น 4 ระยะ ดังนี้

1. ระยะก่อนการลอกคราบ (Premolt stage) การเตรียมตัวเพื่อการลอกคราบ เกิดที่เซลล์ของ epidermal และ hepatopancreas โดยที่ epidermal จะแยกตัวออกจาก cuticle เรียกว่า apolysis ระหว่างที่มีการแยกออกนี้ เซลล์ของชั้น epidermal จะมีการสร้างเปลือกใหม่ขึ้น แคลเซียมจากเปลือกเก่าจะถูกดึงมาเก็บไว้ในน้ำเลือด ทำให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมในน้ำเลือด สัตว์จะหยุดกินอาหารและเคลื่อนไหวช้าลง อาหารที่ถูกสะสมไว้ใน hepatopancreas จะถูกนำมาใช้ ระยะนี้สิ้นสุดเมื่อเกิดรอยแยกของ cuticle เก่า

2. ระยะการสลัดคราบ (Ecdysis) ระยะสั้นที่สุดของการลอกคราบ มีการสลัดคราบเก่าทิ้ง มีเมแทบอลิซึม ไม่กินอาหาร มีการนำน้ำเข้าตัวอย่างรวดเร็ว ให้ลำตัวขยายขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อดันเปลือกเก่าออกไปด้วย ขนาดลำตัวสัตว์จะใหญ่มากขึ้น 20-25 เปอร์เซ็นต์

3. ระยะหลังการลอกคราบ (Postmolt stage) หลังจากสลัดคราบเก่าทิ้งหรือเพิ่งผ่านการลอกคราบใหม่ๆ เปลือกยังคงอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นได้ ยังคงมีการนำน้ำเข้าตัว สัตว์ยังคงไม่กินอาหาร ใช้อาหารสะสมที่ hepatopancreas ผ่านไปครึ่งหนึ่ง สัตว์จะเริ่มกินอาหาร และการสร้างเปลือกจะสมบูรณ์ขึ้น โดยการแข็งตัวขึ้น มีการดึงแคลเซียมจากเลือดกลับเข้าสู่เปลือก น้ำในลำตัวจะถูกแทนที่ด้วยเนื้อเยื่อ พบว่าอัตราการสังเคราะห์โปรตีนจะสูง และมีการนำน้ำบางส่วนออกจากตัว

4. ระยะปกติของสัตว์ (Intermolt) การสร้างเปลือกและเนื้อเยื่อต่างๆ จะเกิดสมบูรณ์ สัตว์อยู่ในสภาพปกติ แคลเซียมในเลือดจะต่ำ เนื่องจากส่วนใหญ่ถูกสะสมไว้ที่เปลือก สัตว์จะอยู่ในระยะนี้นานที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจัยที่มีผลต่อการลอกคราบ

1. ปัจจัยภายนอกร่างกาย (Exogeneous Factor)

อุณหภูมิ มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการลอกคราบ กล่าวคือจะมีผลโดยตรง โดยทำให้เกิดการลอกคราบขึ้น และผลโดยอ้อม คือ มีผลต่อกลไกการควบคุมการลอกคราบ พบว่าที่อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดการลอกคราบช้าลงและในทางตรงกันข้ามอุณหภูมิสูงทำให้การลอกคราบของสัตว์ดีขึ้น (Skiner, 1986) นอกจากนั้นยังพบว่าในการตัดตาเพื่อกระตุ้นให้เกิดการลอกคราบจะเกิดเร็วขึ้นที่อุณหภูมิสูง (Passano, 1960)

แสง มีผลต่อการลอกคราบของสัตว์แตกต่างกัน เช่น ในปู *Gecarcinus lateralis* แสงจะมีผลยังยั้งการลอกคราบ แต่ในทางตรงข้ามพบว่าในสภาพที่ไม่มีแสงจะช่วยให้ระยะเวลาในการลอกคราบสั้นขึ้น ส่วนใน crayfish (*Orconnectes virillis*) แสงจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการลอกคราบ ส่วนปู *Uca pungnax* แสงจะไม่มีผลต่อการลอกคราบเลย (Passano, 1960)

2. ปัจจัยภายในร่างกาย (Endogeneous Factor)

2.1 การสะสมธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการลอกคราบนั้น อาหารจะถูกเก็บสะสมไว้ในตับและตับอ่อนกุ้ง (hepatopancreas) ซึ่งได้แก่ ไขมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน แคลเซียม ฟอสเฟต และแมกนีเซียม เมื่อมีการสะสมอาหารในhepatopancreas อย่างเพียงพอ จะมีผลกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางซึ่งจะทำให้เกิดการลอกคราบเร็วขึ้น อย่างไรก็ตาม การสะสมธาตุอาหารนี้ ถ้าเป็นการสะสมเพื่อวัตถุประสงค์อื่น เช่น เพื่อใช้ในกิจกรรมการผสมพันธุ์วางไข่จะไม่มีผลทำให้เกิดการลอกคราบเร็วขึ้น แต่กลับมีผลทำให้เกิดการลอกคราบช้ากว่าปกติ (Passano, 1960)

2.2 การหลุดของรยางค์ (Autotomy of Pereiopod) เป็นการหลุดของ pereiopod อย่างทันทีทันใดซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุที่สัตว์ได้รับบาดเจ็บหรือไม่ก็ได้ (Passano, 1960; Skiner, 1986)

2.3 ปัจจัยอื่นๆ เช่น ในปู Gecarcinus สถานที่มีโคลนน้อยและเหมาะสมจะเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ปูเกิดการลอกคราบได้หรือในสถานที่สัตว์ตัวเมียกำลังมีไข่ช่วงระยะเวลาในการลอกคราบจะยาวนานมาก (Passano, 1960)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จิราภรณ์ (2533) ได้ศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนน้ำและการปรับความเค็มต่อการลอกคราบของกุ้งกุลาดำขนาดความยาว 1.5-2 นิ้ว น้ำหนัก 0.44-0.96 กรัมในน้ำเค็ม 20 พีพีที พบว่า การเพิ่มอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำจาก 20 เปอร์เซ็นต์ เป็น 62 เปอร์เซ็นต์ และการปรับลดความเค็มของน้ำลงในช่วง 10-30 พีพีที ไม่มีผลที่จะไปกระตุ้นให้กุ้งกุลาดำลอกคราบเร็วขึ้น

2. รูปแบบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทย

ชลอ และ พรเลิศ (2547) ได้แบ่งการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตามความเค็มของน้ำ ได้เป็น 2 รูปแบบคือ

1. การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ เป็นการเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำที่มีความเค็ม 10 พีพีทีขึ้นไปในพื้นที่ริมชายฝั่งทะเลโดยเฉพาะการเลี้ยงทางภาคใต้ ส่วนใหญ่จะมีการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่นมากกว่า 120,000 ตัวต่อไร่ ผลผลิตประมาณ 2 ตันต่อไร่ อัตรารอดประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้นกระแสการผลิตของกุ้งขาวที่ออกมามากในช่วงกลางปี พ.ศ. 2546 โดยเฉพาะการเลี้ยงทางภาคใต้โดยใช้น้ำความเค็มปกติ ทำให้ในหลายจังหวัดทางภาคใต้ซึ่งไม่เคยเลี้ยงกุ้งขาวมาก่อนหันมาเลี้ยงกุ้งขาวมากขึ้นมีผลผลิตสูงประมาณ 3-4 ตันต่อไร่ โดยมีการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่นมากกว่า 150,000 ตัวต่อไร่ การเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติจะได้ผลดีกว่าน้ำความเค็มต่ำ เนื่องจากมีการถ่ายน้ำในปริมาณที่มากในช่วงท้าย ๆ ของการเลี้ยง

2. การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ เป็นการเลี้ยงในเขตพื้นที่น้ำจืด เช่น พื้นที่ทางภาคกลาง ใช้น้ำความเค็มต่ำมากจนเกือบจะเป็นระดับที่ถือว่าเป็นน้ำจืด โดยทั่วไปเกษตรกรจะใช้น้ำความเค็มสูงจากนาเกลือที่มีความเค็มประมาณ 100-200 พีพีที มาเติมในน้ำจืดเพื่อให้ได้ความเค็มประมาณ 3-4 พีพีที และมีการกั้นคอกในบ่อเลี้ยงโดยใช้ผ้าพลาสติกพื้นที่ประมาณ 15 ตารางเมตร หรืออาจจะใหญ่กว่านี้ตามความเหมาะสมของอัตราความหนาแน่นของลูกกุ้ง ความลึกประมาณ 80 เซนติเมตร แล้วเติมน้ำจากนาเกลือจนน้ำในคอกพลาสติกมีความเค็มประมาณ 8-10 พีพีที หลังจากนั้นก็จะใช้ลูกกุ้งซึ่งปรับลดความเค็มจากโรงเพาะฟักมาแล้วโดยปล่อยลูกกุ้งขาวระยะโพสลาร์วา 10-12 (พี 10 -12) ลงในคอกและอนุบาลประมาณ 3-4 วัน ก่อนที่จะเปิดคอกให้ลูกกุ้งกระจายทั่วบ่อ ส่วนอีกวิธีหนึ่งเกษตรกรจะไม่ทำคอก แต่จะเตรียมน้ำความเค็มประมาณ 3-5 พีพีที ทั้งบ่อแล้วให้ทางโรงเพาะฟักปรับความเค็มของลูกกุ้งให้ใกล้เคียงกับน้ำในบ่อเลี้ยง แล้วนำลูกกุ้งมาปล่อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยตรงในบ่อ ซึ่งการเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ การปล่อยลูกกุ้งในบ่อไม่หนาแน่นมากเมื่อเทียบกับการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ

3. แร่ธาตุ (Minerals)

แร่ธาตุ คือ ธาตุที่เป็นโลหะและอโลหะซึ่งรวมกันเป็นสารประกอบอนินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ มีน้อยมากที่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ร่างกายของสัตว์ไม่สามารถสร้างแร่ธาตุเองได้และต้องได้รับจากอาหารในปริมาณเล็กน้อยเช่นเดียวกับวิตามินแต่น้อยกว่าโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันมาก แร่ธาตุมีความคงตัวไม่สูญเสียง่ายเหมือนวิตามินเมื่อถูกความร้อน แสง พีเอชหรือออกซิเจน (เวียง, 2543)

ความสำคัญของแร่ธาตุกับการเลี้ยงกุ้ง

กุ้งเป็นสัตว์ในกลุ่มครัสเตเซียน ซึ่งมีความสามารถในการควบคุมสมดุลแร่ธาตุในร่างกายได้ โดยกุ้งจะใช้พลังงานในการพยายามควบคุมแร่ธาตุและน้ำในร่างกายให้อยู่ในระดับคงที่ คือมีค่า osmolality ประมาณ 600 – 700 mOsm ซึ่งหากความเค็มของน้ำต่ำมากกุ้งก็ต้องใช้พลังงานมากในการรักษาระดับแร่ธาตุต่างๆ ในร่างกายให้คงที่ ในทำนองเดียวกัน ถ้าความเค็มสูงกุ้งก็ต้องใช้พลังงานมากในการกำจัดแร่ธาตุส่วนเกินออกจากร่างกาย การนำกุ้งทะเลเข้ามาเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มต่ำ จึงเป็นการฝืนธรรมชาติ เนื่องจากกุ้งจะต้องใช้พลังงานอย่างมากในการรักษาระดับแร่ธาตุต่างๆในร่างกายให้คงที่ทำให้กุ้งไม่สามารถนำพลังงานไปใช้ในการเจริญเติบโตได้เต็มที่ ดังนั้นกุ้งที่เลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มต่ำ จึงมักจะมีขนาดเล็ก โตช้า และให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ นอกจากนี้หากปริมาณแร่ธาตุในร่างกายมีไม่เพียงพอก็จะส่งผลให้กระบวนการลอกคราบของกุ้งไม่สมบูรณ์ และทำให้กุ้งตายระหว่างการลอกคราบได้ ดังนั้นแร่ธาตุจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนสำคัญในการเลี้ยงกุ้งค่อนข้างมากโดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นในพื้นที่มีความเค็มของน้ำต่ำ (บุญรัตน์, 2545)

กุ้งสามารถได้รับแร่ธาตุต่างๆ จากน้ำได้โดยการกินแล้วดูดซึมแร่ธาตุจากทางเดินอาหาร หรือการแพร่แร่ธาตุผ่านเหงือก หรือรอยแยกของเปลือกกุ้ง ทั้งนี้การที่กุ้งจะสามารถดูดซึมแร่ธาตุได้มากหรือน้อย ขึ้นกับปริมาณแร่ธาตุในน้ำและอาหาร โดยแร่ธาตุที่กุ้งต้องการแบ่งเป็น 2 ประเภท (บุญรัตน์, 2545) ได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. แร่ธาตุที่ต้องการในปริมาณมาก (macro minerals) ต้องการวันละไม่ต่ำกว่า 100 มิลลิกรัม ขึ้นไป มี 7 ชนิด คือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซัลเฟอร์ โซเดียม คลอไรด์ และแมกนีเซียม

2. แร่ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อย (micro / trace minerals) ต้องการวันละไม่มาก มี 16 ชนิด คือ เหล็ก แมงกานีส คอปเปอร์ ไอโอดีน โคบอลต์ ซีเซียม นิกเกิล ซิลีเนียม ฟลูออรีน โมลิบดีนัม ดีบุก โครเมียม สตรอนเซียม วาเนเดียม และซิลิคอน

ร่างกายของกุ้งต้องการแร่ธาตุ เพื่อทำหน้าที่ต่างๆกัน โดยสามารถจำแนกหน้าที่ของแร่ธาตุต่างๆที่สำคัญแต่ละชนิด ได้ดังนี้

แคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโครงสร้างเปลือกตามปกติแคลเซียมจะสะสมในตับและตับอ่อนในรูปของเกลือแคลเซียมฟอสเฟต ($CaPO_4$) มีการสะสมแคลเซียมในเลือด และส่วนอื่นของร่างกาย เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด ควบคุมการหลั่งฮอร์โมน โดยทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ช่วยให้การย่อยคาร์โบไฮเดรตเป็นไปอย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เอทีพีเอส (ATPase) ควบคุมการเต้นของหัวใจ และการทำงานของระบบประสาทที่รอยต่อกับกล้ามเนื้อ (ประจวบ, 2537; เวียง, 2543; Guillaume *et al*., 2001) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแคลเซียมในพลาสมากุ้งไม่มีความสัมพันธ์กับความเค็มภายนอก และกุ้งขาวจะพยายามรักษาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมให้คงที่ตลอดในทุกระดับความเค็ม ซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงโอกาสที่กุ้งจะขาดแร่ธาตุนี้ในน้ำที่มีความเค็มต่ำ (สว่างพงษ์ และบุญรัตน์, 2551) แคลเซียมในเลือดกุ้งขาวมีค่าสูงกว่าในน้ำตลอดทุกระดับความเค็ม เช่นเดียวกับกุ้ง *Penaeus latisulcatus* ที่ควบคุมแคลเซียมให้สูงกว่าน้ำภายนอก (Prangnell and Fotedar, 2006) และกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) (Funge-Smith *et al*., 2001) โดยความเข้มข้นแคลเซียมในเลือดกุ้งขาวมีค่าค่อนข้างคงที่กล่าวได้ว่าความเค็มไม่มีอิทธิพลต่อระดับแคลเซียมในเลือด เช่นเดียวกับกุ้งกุลาดำ พยายามรักษาระดับของแคลเซียมให้คงที่ในระบบเลือดมีปริมาณไม่สูงนักพบอยู่ในช่วง 13-16 mmol/L (บุญรัตน์และคณะ, 2547; บุญรัตน์และสว่างพงษ์, 2553)

แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างร่างกายประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 30 เปอร์เซ็นต์ พบในเนื้อเยื่อและเลือด มีหน้าที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆให้ทำงานดีขึ้น เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่จะเปลี่ยน ATP (adenosine triphosphate) ให้เป็น ADP (adenosine diphosphate) ซึ่งเกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีนและการเจริญเติบโต ทำหน้าที่เกี่ยวกับการยืดหดตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของกล้ามเนื้อร่วมกับแคลเซียม และแมกนีเซียมยังมีส่วนในระบบการปรับสมดุลน้ำและอิออน ถ้าแมกนีเซียมมีมากเกินความต้องการจะถูกขับออกรวมกับของเสียออกนอกร่างกาย (ประจวบ, 2537; เวียง, 2543; Guillaume *et al*., 2001; นงนุช, 2550) กุ้งขาวมีระดับแมกนีเซียมในเลือดต่ำกว่าภายนอกตั้งแต่ความเค็มสูงกว่า 5 พีพีที เป็นต้นไป เช่นเดียวกับในกุ้งชนิดอื่นมีระดับแมกนีเซียมในเลือดต่ำกว่าน้ำภายนอก (Frederich *et al*. 2000) กุ้ง *Penaeus latisulcatus* ควบคุมแมกนีเซียมให้ต่ำกว่าน้ำภายนอก (Prangnell and Fotedar, 2006) และมีรูปแบบการควบคุมปริมาณแมกนีเซียมในเลือดใกล้เคียงกับกุ้งกุลาดำ (Tantulo and Fotedar, 2006) และกุ้งก้ามกราม (Funge-Smith *et al*., 2001) กุ้งขาวมีการรักษาระดับแมกนีเซียมได้ค่อนข้างดีในระดับหนึ่ง กล่าวคือเมื่อความเค็มสูงขึ้นกว่า 25 พีพีที ขึ้นไป กุ้งสามารถปรับระดับแมกนีเซียมในเลือดไม่ให้สูงขึ้นมากเกินไป กุ้งยังสามารถสะสมแมกนีเซียมในเปลือกและตับและตับอ่อนให้เพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเค็มสูงขึ้นกว่า 25 พีพีที ขึ้นไปได้ กุ้งพยายามควบคุมแมกนีเซียมและซัลเฟอร์ในเลือดให้ได้ในสภาวะที่ในน้ำอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแมกนีเซียมนับว่าเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อกระบวนการสร้างเปลือกตลอดวงจรการลอกคราบ (Pratoomchat *et al*., 2002)

โซเดียมนับว่าเป็นแร่ธาตุที่พบในความเข้มข้นสูงที่สุดในทุกระดับความเค็มและสูงกว่าน้ำภายนอก (hyper-ionic regulation) โดยในกุ้งขาวมีค่า 410-600 mmol/L และมีความเข้มข้นสูงขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น โดยพบสูงสุดที่ความเค็ม 45 พีพีที เช่นเดียวกับกุ้งกุลาดำ (Tantulo and Fotedar, 2006) การที่พบปริมาณของโซเดียมในเลือดสูงกว่าที่พบในน้ำทุกระดับความเค็มนั้นชี้ให้เห็นว่าถึงความจำเป็นของโซเดียมต่อสรีระของกุ้งขาวอย่างมาก ซึ่งโซเดียมจะทำหน้าที่รักษาสมดุลของ osmotic pressure ควบคู่กับโพแทสเซียม รักษาสภาพความเป็นกรด-ด่างในร่างกายให้สมดุล ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อและระบบประสาท ถ้าโซเดียมปริมาณมากเกินไปจะถูกขับออกพร้อมกับของเสีย ถ้ามีปริมาณโซเดียมไม่พอหรือน้อยเกินไป จะทำให้กุ้งเบื่ออาหาร การเจริญเติบโตลดลง เกิดปัญหาเกี่ยวกับการผสมพันธุ์ (นงนุช, 2550; Guillavme *et al*., 2001)

โพแทสเซียมพบอยู่ในเซลล์ของร่างกายและเลือด ส่วนในของเหลวภายนอกเซลล์พบโพแทสเซียมปริมาณน้อยมาก ระยะที่มีการเจริญเติบโตหรือเริ่มสร้างเนื้อเยื่อใหม่ ความต้องการโพแทสเซียมในเซลล์สูงมาก มีการดูดซึมเข้าออกผ่านทางเหงือกและเนื้อเยื่อที่เหงือก โดยกระบวนการ active transport แต่โพแทสเซียมผ่านเซลล์ โดยกระบวนการ passive transport จากความเข้มข้นมากไปสู่ความเข้มข้นน้อย โดยไม่ต้องอาศัยพลังงาน ดังนั้นการขับโพแทสเซียม ที่มากเกินพอออกจากร่างกายพร้อมยูรีน ทำได้ง่ายกว่าการขับเกลือ (NaCl) ซึ่งต้องใช้กระบวนการ active

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

transport โพแทสเซียมในเลือด เป็นของเสียที่ต้องขับออกผ่านทาง antennal gland พร้อมกับแมกนีเซียม และซัลเฟตแต่ปริมาณน้อยกว่า หน้าที่ของโพแทสเซียมคือการรักษาความสมดุลของร่างกายโดยการควบคุมการเข้าออกของสารและน้ำภายในเซลล์ ด้วยการทำงานพร้อมกับโซเดียม และรักษา osmotic pressure รักษาความเป็นกรด-ด่าง ภายในร่างกาย มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและการทำงานของระบบประสาท มีผลต่อจังหวะการเต้นของหัวใจ ถ้าขาดโพแทสเซียมจะทำให้การใช้ประโยชน์จากโปรตีนด้อยลงไป เกิดปัญหาเกี่ยวกับการผสมพันธุ์ ทำให้เลือดเป็นกรด มีอาการอ่อนเพลีย เบื่ออาหาร แต่ถ้ามีโพแทสเซียมมากเกินไป จะทำให้หัวใจหยุดเต้น

คลอไรด์ พบในของเหลวทั้งภายในและภายนอกเซลล์ สัตว์สามารถสะสมได้มากกว่าโซเดียมและโพแทสเซียม มีหน้าที่รักษาความเป็นกรด-ด่างของน้ำย่อย รักษาสมดุลของระบบ osmotic การเข้าออกของสารและน้ำภายในเซลล์ ร่างกายได้รับและขับถ่ายหรือแลกเปลี่ยนคลอไรด์บริเวณเหงือก สลับกับเข้าออกของโซเดียมในการรักษาสมดุล สัตว์ที่อาศัยในน้ำจืด คลอไรด์จะแพร่เข้าตัว สลับกับโซเดียมที่ออกจากตัว ส่วนสัตว์ที่อาศัยในทะเล คลอไรด์จะแพร่ออกนอกตัว ในขณะที่โซเดียมจะซึมเข้าตัว (ประจวบ, 2537; เวียง, 2543; Guillaume *et al*., 2001)

โซเดียม คลอไรด์ และโพแทสเซียม แร่ธาตุทั้ง 3 ชนิด เมื่ออยู่ในสภาพอิออน ทำหน้าที่ในการรักษาสมดุลภายในและภายนอกเซลล์ซึ่งภาวะปกติภายในเซลล์จะมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมมากกว่า และมีโซเดียมและคลอไรด์น้อยกว่าภายนอกเซลล์ ซึ่งความเข้มข้นของเกลือแร่ทั้ง 3 ชนิดนี้มีอิทธิพลต่อการผ่านเข้าและออกนอกเซลล์ของน้ำ ถ้าความเข้มข้นของเกลือแร่ในเซลล์สูงกว่านอกเซลล์น้ำจะซึมเข้าเซลล์ แต่ถ้าความเข้มข้นของเกลือแร่นอกเซลล์สูงกว่าน้ำจะซึมออกมาอยู่นอกเซลล์ ดังนั้นสมดุลเกลือแร่ภายในและภายนอกเซลล์ จะช่วยรักษาปริมาณน้ำในร่างกายให้อยู่ในสภาวะปกติ (ประจวบ, 2537; เวียง, 2543; Guillaume *et al*., 2001)

กำมะถันเป็นสารอิเล็กโทรไลต์ที่พบภายในเซลล์เช่นเดียวกับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งกำมะถันพบมากในเลือดและยังพบสะสมในกล้ามเนื้อในรูปสารอินทรีย์ในปริมาณที่น้อยมาก หน้าที่ของกำมะถันในสัตว์น้ำ คือ เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ช่วยควบคุมสมดุลของกรด-ด่าง ช่วยในการกำจัดความเป็นพิษของสารประกอบอะโรมาติก (aromatic) และเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน วิตามินบี 1 ไบโอตินและโคเอนไซม์ (Lovell, 1989; Silva and Williams, 2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทองแดงและเหล็กที่มีในเลือดจะช่วยสร้างเม็ดเลือดแดงให้สัตว์น้ำ แต่สำหรับสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลังจำพวกกุ้ง หอยและปู พบว่า ทองแดงก็จะช่วยสร้างเม็ดเลือดในสัตว์กลุ่มนี้เช่นกัน โดยการนำไปเป็นองค์ประกอบของฮีโมไซยานินในเม็ดเลือด และทองแดงยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์หลายชนิด รวมทั้งทองแดงยังช่วยในการดูดซึมเหล็กบริเวณผนังเส้นเลือดและใยหุ้มประสาท (Lovell, 1989; Silva and Williams, 2001) ทองแดงในเลือดของกุ้งมีค่าสูงกว่าในน้ำทุกระดับความเค็ม โดยความเค็มต่ำส่งผลให้ความเข้มข้นของทองแดงในเลือด เปลือกและในตับและตับอ่อนกุ้งขาวมีค่ามากกว่าที่ระดับความเค็ม 45 พีพีที (บุญรัตน์และสว่างพงษ์, 2553) เนื่องจากกุ้งใช้พลังงานมากขึ้นในการควบคุมสมดุลเกลือแร่ จึงจำเป็นต้องนำทองแดงเข้าสู่ระบบเลือดเพื่อไปใช้ในกระบวนการหายใจซึ่งสัมพันธ์กับการจับออกซิเจน และเกี่ยวข้องกับการนำออกซิเจนมาใช้ในกิจกรรมภายในเซลล์ (Lee and Shiau, 2002) จึงยังคงมีค่าสูงถึงแม้ว่าถูกเจือจางจากน้ำภายนอกก็ตาม เพราะกุ้งโดยทั่วไปแล้วมีอัตราการหายใจสูงขึ้นเมื่ออยู่ในสภาวะจะต้องปรับสมดุลภายในร่างกาย ซึ่งต้องใช้พลังงานมาก ชี้ให้เห็นว่ากุ้งน่าจะมีการใช้พลังงานสูงเมื่อต้องอยู่ในน้ำความเค็มต่ำมากกว่าน้ำความเค็มสูง

ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญในน้ำทะเลปกติคือมีความเค็มประมาณ 35 พีพีที (Boyd, 1987) และในน้ำจืด (Leopold, 1974) แสดงไว้ในตารางที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ปริมาณแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ในน้ำทะเล และน้ำจืด

แร่ธาตุ	อิออน	ความเข้มข้น (mg/l)	
		น้ำทะเล[1]	น้ำจืด[2]
คลอไรด์	Cl^-	19,000	7.8
โซเดียม	Na^+	10,500	6.3
ซัลเฟต	SO_4^{2-}	2,700	11.2
แมกนีเซียม	Mg^{2+}	1,350	4.1
แคลเซียม	Ca^{2+}	400	15
โพแทสเซียม	K^+	380	2.3
ไบคาร์บอเนต	HCO_3^-	142	61
ซิลิเกต	$Si(OH)_4$	6.4	13.1
โบรมีน	Br^-	68	0.02

ที่มา: 1. Boyd (1987)

2. Leopold (1974)

4. เกลือสมุทร

เกลือสมุทร หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขังน้ำทะเลในนาพักเพื่อให้มีโคลนตมตกตะกอนและมีความเค็มเพิ่มขึ้น จากนั้นระบายน้ำเข้าสู่นาอีกแห่งเพื่อให้น้ำระเหยไปโดยกระแสลมและความร้อนจากแสงอาทิตย์จนเกลือตกผลึก แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง

การผลิตเกลือสมุทร

จังหวัดที่มีการผลิตเกลือสมุทร ได้แก่ สมุทรสงคราม สมุทรปราการ สมุทรสาคร และชลบุรี ผู้ผลิตเกลือสมุทร เรียกว่า ชาวนาเกลือ การผลิตเกลือสมุทรแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การเตรียมพื้นที่นา เริ่มด้วยการปรับดินให้เรียบและแน่น แล้วแบ่งพื้นที่นาออกเป็นแปลง แต่ละแปลงมีพื้นที่ประมาณ 1 ไร่ แต่ละแปลงยกขอบให้สูงเหมือนคันนาและมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ร่องระบายน้ำ ระหว่างแปลง แล้วแบ่งพื้นที่นาออกเป็น 3 ตอน เรียกว่า นาตาก นาเชื้อ และนาปลง แต่ละตอนให้มีระดับสูงต่ำลงมาตามลำดับ คือนาตากซึ่งอยู่ใกล้ทะเลที่สุดให้มีระดับพื้นที่สูงที่สุด นาเชื้อมีระดับต่ำลงมา และนาปลังมีระดับพื้นที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการระบายน้ำเข้านาโดยไม่ต้องใช้เครื่องสูบน้ำ

ขั้นที่ 2 การทำนาเกลือ

1. ก่อนถึงฤดูทำนาเกลือ (ฤดูทำนาเกลือ คือเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนพฤษภาคม) ชาวนาจะไขน้ำเข้าไปเก็บไว้ในวังขังน้ำ เพื่อให้สิ่งเจือปนในน้ำ เช่น โคลนตมตกตะกอนลงมาก่อน

2. เมื่อถึงฤดูทำนาเกลือ จึงระบายน้ำทะเลจากวังขังน้ำเข้าสู่นาตาก โดยให้มีระดับน้ำในนาสูงประมาณ 5 เซนติเมตร ปล่อยให้น้ำในนาตากระเหยไปบ้าง โดยอาศัยแสงแดดและกระแสลม จนน้ำมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.08

3. ระบายน้ำจากนาตากเข้าสู่นาเชื้อ และปล่อยให้น้ำระเหยไปอีก ซึ่งความถ่วงจำเพาะของน้ำจะเพิ่มขึ้น ในขั้นนี้จะมีผลึกแคลเซียมซัลเฟตตกลงมาบ้าง ซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่นำไปขายได้ จากนั้นปล่อยให้น้ำระเหยไปจนมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.20

4. ระบายน้ำจากนาเชื้อเข้าสู่นาปลง ระยะเวลาตั้งแต่การระบายน้ำเข้าสู่นาตากจนถึงนาปลงประมาณ 45 วัน หลังจากระบายน้ำเข้าสู่นาปลงประมาณ 2 วัน ผลึกเกลือแกงจะตกลงมาและมีปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ ในระหว่างนี้น้ำจะยังคงระเหยต่อไป ทำให้ความถ่วงจำเพาะของน้ำเพิ่มขึ้น จะทำให้ผลึกแมกนีเซียมคลอไรด์ และแมกนีเซียมซัลเฟต ตกลงมาด้วย ทำให้ได้เกลือแกงที่ไม่บริสุทธิ์ เป็นเหตุให้เกลือแกงมีคุณภาพต่ำ ชื้นง่าย การป้องกันไม่ให้ผลึกแมกนีเซียมคลอไรด์ และแมกนีเซียมซัลเฟต ตกลงมา ก็คือควบคุมความถ่วงจำเพาะของน้ำในนาปลงไม่ให้สูงเกินไป โดยการระบายน้ำจากนาเชื้อเข้าสู่นาปลังอย่างสม่ำเสมอ

โดยทั่วไป ชาวนาเกลือจะปล่อยให้เกลือแกงตกผลึกอยู่ในนาปลงประมาณ 9 – 10 วัน จึงขูดเกลือออก เกลือแกงที่ได้จะมีผลผลิตประมาณ 4–9 ตันต่อไร่ หรือ 2.5–6 กิโลกรัมต่อพื้นที่นา 1 ตร.เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยทั่วไปเกลือแกงจะเป็นที่รู้จักกันในชื่อ โซเดียมคลอไรด์ ซึ่งทำให้เป็นที่เข้าใจกันว่า มีแร่ธาตุแค่ โซเดียมและคลอไรด์ แต่จริงๆแล้วเกลือแกงคือเกลือสมุทรที่สามารถแตกตัวให้ โซเดียม คลอไรด์ แมกนีเซียม โพแทสเซียม และแคลเซียม

เกลือแกง มีสูตรทางเคมี NaCl (Sodium Chloride) เกลือที่บริสุทธิ์จะมีลักษณะเป็นผลึกสีขาว รูปร่างไม่คงที่ แต่จัดลักษณะของผลึกเป็นแบบลูกบาศก์ (cubic system) มีคุณสมบัติในการดูดความชื้น มีคุณสมบัติในการละลายประมาณ 26.395% โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (กล้าณรงค์, 2521) เกลือแกงจะแตกตัวให้โซเดียมอิออน (Na^+) และคลอไรด์อิออน (Cl^-) เมื่อละลายน้ำ สัตว์น้ำจะได้รับอิออนเหล่านี้ได้โดยตรง ซึ่งทำให้สมดุลย์ต่าง ๆ ในร่างกายของสัตว์น้ำดีขึ้น ทำให้มีภูมิคุ้มกันสามารถต่อต้านเชื้อโรคได้

ประโยชน์ของเกลือ

1. ใช้ในการกำจัดปรสิตภายนอกของสัตว์น้ำ มักใช้กำจัดโปรโตซัวบางชนิดในปลา เช่น *Epistylis sp.* โดยใช้เกลือความเข้มข้น 0.5-1 เปอร์เซ็นต์ แช่นานตลอดไป นอกจากนี้ยังใช้กำจัดปลิงใส และเห็บปลา โดยการจุ่มปลาลงในน้ำเกลือเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ (ชลอ, 2528)

2. ใช้ฆ่าเชื้อรา Saprolegnia ซึ่งทำให้เกิดโรค Saprolegniasis โดยใช้เกลือในระดับความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (Long *et al*., 1977)

3. ใช้ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย น้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถป้องกันแบคทีเรียได้ และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณเกลือก็ควรจะเพิ่มขึ้นเช่นที่อุณหภูมิ 25-26 องศาเซลเซียส ควรใช้เกลือ 0.7 เปอร์เซนต์ จึงจะได้ผลดี (Hattingh *et al*., 1975)

4. ใช้ลดความเครียดของปลาเนื่องจากการขนส่งได้ (พรเลิศ, 2530; Redding and Schreck, 1983)

5. สามารถลดพิษของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำได้ ซึ่งความเป็นพิษของแอมโมเนียที่มีต่อสัตว์น้ำจะเกิดจากอัลอิออนไนซ์แอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งเปลี่ยนมาจากอิออนไนซ์แอมโมเนียโดยเฉพาะในขณะที่น้ำมีพีเอชและอุณหภูมิสูงขึ้น (Trussel, 1972; Emerson *et al*., 1975) เกลือจะทำให้ค่า ionic

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

strength ของสารละลายสูงขึ้น ทำให้สารละลายแอมโมเนียมีการแตกตัวเป็นอิออนไนซ์แอมโมเนียเพิ่มขึ้น ปริมาณของอัลอิออนไนซ์แอมโมเนียจึงมีค่าลดต่ำลงระดับความเป็นพิษก็จะต่ำลงไปด้วย (Tomasso *et al*., 1979)

6. สามารถลดพิษของไนไตรท์ได้ ไนไตรท์จะเป็นตัวที่ทำให้เกิดเมทธีโมโกลบิน (methemoglobin) ในเลือดซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคเลือดสีน้ำตาล (brown blood disease) ในสัตว์น้ำ (Wedmeyer and Yasutake, 1977; Tomasso *et al*., 1979) โดยขณะที่ไนไตรท์ผ่านเข้าไปในระบบเลือดของสัตว์น้ำจะออกซิไดซ์ฮีโมโกลบินเป็นเมทธีโมโกลบิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ไม่สามารถรวมกับออกซิเจนเป็นออกซีฮีโมโกลบิน (oxyhemoglobin) ได้ จึงหมดความสามารถในการนำส่งออกซิเจนให้แก่ระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ทำให้สัตว์น้ำอยู่ในภาวะขาดออกซิเจน (Smith and Russo, 1975)

ปริมาณของคลอไรด์ที่เพิ่มลงไปในน้ำ จะแพร่ผ่านเนื้อเยื่อผิวหนังของสัตว์น้ำเข้าไปในพลาสมาได้เร็วกว่าไนไตรท์ และมีโอกาสที่จะเข้ารวมกับฮีโมโกลบินได้เร็วกว่า จึงสามารถป้องกันการเกิดเมทธีโมโกลบินได้ (Tomasso *et al*., 1979)

5. คุณสมบัติของน้ำบางประการที่มีผลต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่นทำให้คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลงเนื่องจากปริมาณอาหารจะมากตามไปด้วย ดังนั้นของเสียที่ขับถ่ายจากกุ้งและอาหารที่เหลือในบ่อจะสะสมมากขึ้นตามระยะเวลาที่เลี้ยง จะมีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งที่เลี้ยงด้วย (คณิต และคณะ, 2537; ชลอ, 2543)

ความโปร่งแสงของน้ำเป็นดัชนีที่บอกถึงปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล วัดโดยการใช้ Secchi disc หย่อนลงไปในบ่อเลี้ยงกุ้งจนถึงความลึกที่เริ่มมองไม่เห็นวัตถุดังกล่าว ค่าความโปร่งแสงที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 30-60 เซนติเมตร (ชลอ, 2534; 2543) ความโปร่งแสงยังช่วยป้องกันการเกิดสาหร่ายตามพื้นบ่อหรือขี้แดด (benthic algae) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อน้ำใสหรือมีความโปร่งแสงมาก เป็นเวลานาน สาหร่ายตามพื้นบ่อหรือขี้แดดนี้ทำให้เกิดปัญหา คือ เมื่อจมลงสู่พื้นบ่อและตายลงจะทำให้พื้นบ่อเน่าเสียเกิดแอมโมเนียและสารพิษอื่น ๆ ที่เป็นอันตรายต่อกุ้งได้ (ชลอ, 2534; Boyd, 1989)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุณหภูมิของน้ำเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสัตว์น้ำ โดยปกติอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติจะแปรผันตามอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับฤดูกาล ระดับความสูงและสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความเข้มแสง กระแสลม ปริมาณสารแขวนลอยและความลึก (Conroy and Herman, 1970) อุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการกินอาหารและการเจริญเติบโตของกุ้งซึ่งกุ้งทะเลสามารถทนต่ออุณหภูมิในช่วงกว้าง คือ 18-35 องศาเซลเซียส (วรวิทย์, 2531) ส่วนอุณหภูมิของน้ำที่ทำให้กุ้งเจริญเติบโตได้ดีที่สุดอยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส (Chiang *et al*., 1989) สำหรับกุ้งทะเลจะกินอาหารดีที่สุดเมื่ออุณหภูมิ ระหว่าง 28-30 องศาเซลเซียส (ชลอ, 2534) หากอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีความร้อนสูงเกินไปและถ้าต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส กุ้งจะไม่กินอาหาร การรักษาระดับน้ำให้ลึกกว่า 1 เมตรจะช่วยป้องกันไม่ให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงมากในช่วงกลางวัน ในรอบปีจะมีช่วงที่ควรระมัดระวังในเรื่องอุณหภูมิมากที่สุด คือ ในช่วงที่มีอุณหภูมิสูงมากกว่าปกติ คือ ช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม และช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ คือ ช่วงเดือนธันวาคม-มกราคม (ปกรณ์, 2531)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (พีเอช) ของน้ำเป็นค่าที่ชี้ถึงสภาวะความเป็นกรดหรือความเป็นด่างของสารละลายแต่ค่าพีเอชไม่ได้เป็นตัวบอกปริมาณกรด (acidity) หรือ ปริมาณด่าง (alkalinity) โดยแท้จริงแล้วค่าพีเอชเป็นค่าที่วัดความสามารถของไฮโดรเจนอิออน ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในน้ำ มีหน่วยเป็นโมลต่อลิตร แต่เนื่องจากค่าที่วัดได้เป็นค่าที่น้อยมาก จึงได้กำหนดค่าของพีเอชเป็นค่าลบล็อก (-log) ของกิจกรรมของไฮโดรเจนอิออนในน้ำเพื่อที่จะได้ค่าเป็นจำนวนเต็มที่ง่ายต่อการอ่านค่า (ยนต์, 2530) การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชในบ่อเลี้ยงกุ้งจะถูกควบคุมโดยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณอิออนที่อยู่ในน้ำ ในตอนกลางวันแพลงก์ตอนพืชจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งได้จากไบคาร์บอเนต เพื่อการสังเคราะห์แสงทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้น การที่มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมากจะทำให้ในช่วงตอนบ่ายค่าพีเอชอาจสูงถึง 9 หรือ 10 (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528) ตอนกลางคืนคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยกลับคืนออกมาจากการหายใจของแพลงก์ตอนและสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สะสมเพิ่มขึ้นและมากที่สุดตอนเช้ามืดทำให้ค่าพีเอชลดลง (Boyd, 1982) ดังนั้นในการวัดค่าพีเอชของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงควรทำการวัดในตอนเช้าและตอนบ่ายอีกครั้งเพื่อทราบความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดและสูงสุดในรอบวัน (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528) แหล่งน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของกุ้งไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงของพีเอชเกินกว่า 0.5 หน่วยในรอบวัน (ชลอ, 2543) หากมีความแตกต่างมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อกุ้งในบ่อ Swingle (1969) แนะนำระดับและช่วงของพีเอชที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไว้ดังนี้ ค่าพีเอช 1-3 หรือ ต่ำกว่าจะเป็นจุดอันตรายที่สามารถทำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ให้สัตว์น้ำตายได้ ค่าพีเอช ระหว่าง 4-6 สัตว์น้ำบางชนิดอาจไม่ตาย แต่มักจะทำให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตช้า ทำให้การสืบพันธุ์หยุดชะงัก ค่าพีเอช ระหว่าง 6-9 เป็นระดับที่เหมาะสมแก่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ค่าพีเอช 9 ขึ้นไป ไม่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตหากปรากฏว่าสัตว์น้ำต้องอาศัยอยู่เป็นเวลานาน จะมีผลผลิตต่ำและเกิดโรคได้ง่ายและค่าพีเอช 10 หรือมากกว่าเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ นอกจากผลที่มีต่อสัตว์น้ำโดยตรงแล้ว พีเอชยังมีผลทางอ้อม เช่น ทำให้สารพิษชนิดอื่น ๆ มีการแตกตัวเพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ พีเอชที่มีระดับสูงขึ้นจะทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าพีเอชที่มีระดับลดลงจะทำให้เปอร์เซ็นต์ของไฮโดรเจนซัลไฟด์เพิ่มมากขึ้นและการแทรกซึมของสารพิษบางชนิดเข้าสู่ร่างกายของสัตว์น้ำยังขึ้นอยู่กับค่าพีเอชของสารละลายต่าง ๆ อีกด้วย (Tucker and Boyd, 1985) นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยในบ่อกุ้ง ในขณะที่น้ำหรือดินในบ่อมีสภาพเป็นกรดมากเกินไป การใส่ปุ๋ยก็จะไม่เกิดผลดีแต่อย่างใด และเป็นการสิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์ จะต้องเพิ่มให้ค่าพีเอชสูงขึ้นโดยการเติมวัสดุปูนลงไปในบ่อจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมเสียก่อนจึงใส่ปุ๋ยเพื่อทำให้ปุ๋ยสามารถละลายและถูกนำไปใช้ประโยชน์โดยสิ่งมีชีวิตในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Colt and Armstrong, 1979)

ออกซิเจนเป็นปัจจัยสำคัญของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดในบ่อเลี้ยงกุ้ง การละลายของออกซิเจนในน้ำนั้นจะต้องอาศัยการแพร่ของออกซิเจนในอากาศลงในน้ำโดยอาศัยคลื่นและลม นอกจากนั้นแล้ว การใช้เครื่องให้อากาศเป็นแหล่งสำคัญในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา แต่แหล่งที่ให้ออกซิเจนในน้ำมากที่สุด คือ การสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ในตอนกลางวัน (Boyd, 1987; Maitland, 1978) ปริมาณออกซิเจนที่ได้จะมากกว่าการใช้สำหรับหายใจของทั้งตัวแพลงก์ตอนพืชเองและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในบ่อไม่ว่าจะเป็นกุ้งและแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน แต่ในตอนกลางคืนกุ้งและแพลงก์ตอนจะใช้ออกซิเจนละลายในน้ำเพื่อการหายใจ ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะค่อย ๆ ลดลงจนถึงจุดต่ำสุดในช่วงตอนเช้าก่อนที่จะมีแสงแดดและหากแพลงก์ตอนมีปริมาณมากเกินไปจะเกิดปรากฏการณ์ขาดออกซิเจนที่ละลายในน้ำในช่วงเช้าและจะมีมากเกินพอในช่วงบ่ายเนื่องจากการสังเคราะห์แสง (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีผลต่อการกินอาหาร การเจริญเติบโตและสุขภาพกุ้ง ถ้าปริมาณออกซิเจนต่ำเกินไปอาจมีผลทำให้กุ้งตายได้ ปริมาณออกซิเจนในน้ำควรอยู่ระหว่าง 4 มิลลิกรัมต่อลิตรถึงจุดอิ่มตัว การแก้ปัญหาเรื่องการขาดออกซิเจนในบ่อกุ้งที่มีกุ้งอยู่อย่างหนาแน่นและกุ้งมีขนาดใหญ่จะต้องมีเครื่องให้อากาศและการเปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างเพียงพอ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ชลอ และ พรเลิศ (2547) ได้สรุปปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่มีผลต่อกุ้งไว้ ดังนี้ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งเจริญเติบโตดี สารอินทรีย์สลายตัวได้เร็ว ปริมาณออกซิเจนที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ละลายน้ำ 3-4 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งเจริญเติบโตช้าลง การสะสมของสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำน้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งกินอาหารน้อยลงการเจริญเติบโตช้า โอกาสป่วยเพิ่มขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำน้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งจะขึ้นมาอยู่บริเวณผิวน้ำ กุ้งที่อ่อนแอจะลอกคราบแล้วตายและปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งจะตาย

ความเค็ม คือ ความเข้มข้นของอิออนทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำแสดงในรูปมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) แต่นิยมใช้ในรูปส่วนในพันส่วน (พีพีที) (Boyd, 1987) กุ้งกุลาดำมีความสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มในช่วงกว้างและถ้าความเค็มลดลงอย่างช้า ๆ กุ้งขาวแวนนาไมสามารถปรับตัวมีชีวิตอยู่ได้ที่ความเค็มเป็นศูนย์นานพอสมควรหรือความเค็มที่เพิ่มขึ้นจนถึง 45 พีพีที แต่ความเค็มที่เหมาะสมและกุ้งมีการเจริญเติบโตดีที่สุด คือ อยู่ระหว่าง 15-20 พีพีที ในปัจจุบันพบว่าการเลี้ยงกุ้งที่ความเค็ม 3-10 พีพีทีจะเลี้ยงกุ้งได้ง่าย เนื่องจากมีปัญหาเรื่องความเสียหายจากโรคกุ้งน้อยมากโดยเฉพาะปัญหาจากโรคแบคทีเรียเรืองแสงซึ่งจะไม่พบในน้ำความเค็มต่ำ (ชลอ, 2543)

การนำไฟฟ้าหรือค่าการนำไฟฟ้าเป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน คุณสมบัติข้อนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของอิออนที่มีอยู่ในน้ำ รวมทั้งอุณหภูมิของน้ำขณะที่ทำการวัดสารประกอบอนินทรีย์ เช่น กรดอนินทรีย์ เบสและเกลือ เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี ตรงข้ามกับสารอินทรีย์ซึ่งไม่แตกตัวในน้ำ ดังนั้นจึงไม่นำไฟฟ้า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำไม่ได้บอกให้ทราบถึงชนิดของสารในน้ำแต่บอกเพียงว่ามีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารในน้ำเท่านั้น (กรรณิการ์, 2522) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจะแปรผันตามความเข้มข้นของสารละลาย อุณหภูมิและพีเอชของน้ำ น้ำที่มีค่าพีเอชสูงกว่า 9 หรือต่ำกว่า 5 จะมีผลต่อการนำไฟฟ้ามากและถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นมากสารต่าง ๆ จะแตกตัวได้ดี ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น สมเจตน์ และคณะ (2529) รายงานว่า ค่าการนำไฟฟ้าที่น้อยกว่า 1 มิลลิซิเมนส์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) หรือมิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร (mmhos/cm) จะไม่มีความเค็ม ส่วนค่าการนำไฟฟ้าที่อยู่ในช่วง 2-4 มิลลิซิเมนส์ต่อเซนติเมตรจะมีความเค็มต่ำ ค่าการนำไฟฟ้าที่อยู่ในช่วง 5-8 มิลลิซิเมนส์ต่อเซนติเมตร จะมีความเค็มปานกลางและค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 9 มิลลิซิเมนส์ต่อเซนติเมตร จะมีความเค็มสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเป็นด่างของน้ำ หมายถึง ความสามารถหรือคุณสมบัติของน้ำที่จะรับเอาไฮโดรเจนอิออน (H^+) นั่นก็คือในแหล่งน้ำจะประกอบด้วยคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) เป็นส่วนใหญ่ แต่อาจจะมีพวกบอเรต (borates) ซิลิเกต (silicates) ฟอสเฟต (phosphate) และสารอินทรีย์ต่าง ๆ อยู่บ้าง แต่เป็นจำนวนน้อย (ชาญยุทธ, 2533) สารประกอบเหล่านี้จะทำให้น้ำมีค่าพีเอชสูงกว่า 7 โดยที่พีเอชของน้ำนั้นจะเป็นตัวกำหนดสารประกอบที่ละลายอยู่ในน้ำ เมื่อน้ำที่มีพีเอช 7-8.3 จะมีไบคาร์บอเนตมาก น้ำที่มีพีเอชตั้งแต่ 8.3 ขึ้นไปจะเริ่มมีคาร์บอเนต น้ำที่มีพีเอช 9.5-10.5 จะมีคาร์บอเนตมากและน้ำที่มีพีเอช 11 จะมีไฮดรอกไซด์มาก ค่าความเป็นด่างเพียงตัวเดียวไม่ถือว่าเป็นสารมลพิษ แต่มีผลเกี่ยวเนื่องกับคุณสมบัติด้านอื่น ๆ เช่น พีเอช ความเป็นกรดและความกระด้าง เป็นต้น (Brawn *et al*., 1983) ความเป็นด่างของน้ำจึงเป็นค่าแสดงถึงความสามารถของน้ำที่จะป้องกันไม่ให้พีเอชเปลี่ยนแปลง (buffer capacity) (Wedemeyer *et al*., 1976) หากปรากฏว่าแหล่งน้ำนั้นมีค่าความเป็นด่างต่ำก็แสดงว่ามี buffer capacity น้อย พีเอชของน้ำแห่งนั้นจะเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ความเป็นด่างในแหล่งน้ำธรรมชาติจะแตกต่างกันออกไป โดยมีค่าตั้งแต่ 25 จนถึง 400-500 มิลลิกรัมต่อลิตร (Boyd, 1982; 1990) ชลอ และ พรเลิศ (2547) กล่าวว่า ค่าความเป็นด่างมีความสำคัญมากในการเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งทะเลทุกชนิดค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอยู่ระหว่าง 80-150 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความกระด้างของน้ำ คือ อิออนของโลหะวาเลนซี่สอง ซึ่งได้แก่ แคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) แมกนีเซียมอิออน (Mg^{2+}) เป็นส่วนใหญ่ (ยนต์, 2530) หน่วยความเข้มข้นวัดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต (mg/l as $CaCO_3$) ความกระด้างโดยทั่วไปจะสัมพันธ์กับความเป็นด่าง เพราะอิออนลบของความเป็นด่างและอิออนบวกของความกระด้างโดยปกตินั้นได้มาจากการละลายของแร่คาร์บอเนต

แอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเกิดจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ (Tucker and Boyd, 1985; Wickins, 1985) และจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรีย เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาซึ่งมีการให้อาหารในปริมาณมาก ทำให้มีของเสียและเศษอาหารสะสมอยู่ในบ่อตามระยะเวลาการเลี้ยงส่งผลให้เกิดแอมโมเนีย ซึ่งเป็นสารประกอบของไนโตรเจนถูกปล่อยออกมาจากกระบวนการแอมโมนิฟิเคชั่น (ammonification) ซึ่งพบในรูปของแอมโมเนียมที่แตกตัวเป็นอิออน (ionize ammonia; NH_4^+) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำและแอมโมเนียที่ไม่แตกตัวเป็นอิออน (un-ionize ammonia; NH_3) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ทั้งสองรูปนั้นจะเปลี่ยนรูปกลับไปกลับมา แต่การที่จะอยู่รูปใดนั้นขึ้นอยู่กับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าพีเอชและอุณหภูมิ (ตารางที่ 2) แต่จะพบว่าค่าพีเอชจะส่งผลต่อการแตกตัวเป็นแอมโมเนียที่ไม่แตกตัวเป็นอิออนมากกว่าอุณหภูมิ (Boyd, 1989) คือ เมื่อพีเอชสูงขึ้นจะมีผลทำให้แอมโมเนียที่ไม่แตกตัวเป็นอิออนมีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย แต่ถ้าพีเอชต่ำลงจะมีผลทำให้แอมโมเนียที่แตกตัวเป็น อิออนมีปริมาณเพิ่มขึ้น การวัดแอมโมเนียโดยทั่วไปจึงเป็นการวัดแอมโมเนียทั้งสองรูปนี้ ค่าที่วัดได้จะเรียกว่าค่าแอมโมเนียรวม (total ammonia nitrogen; TAN) ตัวอย่างการแตกตัวของแอมโมเนียที่ไม่แตกตัวเป็นอิออนที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส พีเอช 7 มีค่าแอมโมเนียรวม 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะฉะนั้นจะมีแอมโมเนียที่ไม่แตกตัวเป็นอิออน 1x(0.6/100) = 0.0571 มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่อแอมโนเนียในน้ำมีปริมาณสูงจะทำให้การขับถ่ายของกุ้งทำได้น้อยเกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อ ส่งผลให้เหงือกกุ้งถูกทำลายเป็นแผลติดเชื้อโรคและความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซลดลง ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ทำให้สัตว์น้ำตายโดยปกติอยู่ในช่วง 0.4-2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของแอมโมเนียที่ไม่แตกตัวเป็นอิออน แต่แอมโมเนียในช่วงระหว่าง 0.1-0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้กุ้งโตช้า สำหรับระดับที่ปลอดภัยต่อการเลี้ยงกุ้งควรน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของแอมโมเนียที่ไม่แตกตัวเป็นอิออนที่มีค่าพีเอชและอุณหภูมิของน้ำแตกต่างกัน

พีเอช	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)								
	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7.0	0.30	0.34	0.40	0.46	0.52	0.60	0.70	0.81	0.95
7.2	0.47	0.54	0.63	0.72	0.82	0.95	1.10	1.27	1.50
7.4	0.74	0.86	0.99	1.14	1.30	1.50	1.73	2.00	2.36
7.6	1.17	1.35	1.56	1.79	2.05	2.35	2.72	3.13	3.69
7.8	1.84	2.12	2.45	2.80	3.21	3.68	4.24	4.88	5.72
8.0	2.88	3.32	3.83	4.37	4.99	5.71	6.55	7.52	8.77
8.2	4.49	5.16	5.94	6.76	7.68	8.75	10.00	11.41	13.22
8.4	6.93	7.94	9.09	10.30	11.65	13.20	14.98	16.96	19.46
8.6	10.56	12.03	13.68	15.40	17.28	19.42	21.83	24.45	27.68
8.8	15.76	17.82	20.08	22.38	24.88	27.64	30.68	33.90	37.76
9.0	22.87	25.57	28.47	31.37	34.42	37.71	41.23	44.84	49.02

ที่มา: Boyd (1982)

ไนไตรท์เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย เช่น *Nitrosomonas* sp. และ *Nitrococcus* sp. ก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นไนเตรท โดย *Nitrobacter* sp. โดยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น (nitrification) เรียกกลุ่มแบคทีเรียนี้ว่าไนตริไฟอิ้งแบคทีเรีย (nitrifying bacteria) แต่ไนไตรท์ในบ่ออาจเกิดจากการเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์โดยแบคทีเรียในบริเวณดินโคลนก้นบ่อหรือ ในน้ำที่ไม่มีออกซิเจนเพียงพอ จึงทำให้ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น (nitrification) เกิดไม่สมบูรณ์ส่งผลให้เกิดการสะสมไนไตรท์ในน้ำขึ้นได้ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547; Boyd, 1982) ไนไตรท์เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ แต่ไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงส่วนใหญ่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยไม่เป็นอันตรายต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ บางครั้งในช่วงที่มีแพลงก์ตอนพืชตายพร้อม ๆ กันเป็นจำนวนมากหรือมีของเสียในบ่อมากจะพบว่ามีค่าไนไตรท์สูง โดยปริมาณไนไตรท์สูงประมาณ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (ยงยุทธ และ คณิต, 2537; ธัญญนันท์, 2547; EPA, 1973; Wetzel, 1975)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การศึกษาการใช้แร่ธาตุในการเลี้ยงกุ้ง

Saoud *et al*. (2002) ได้ศึกษาอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยน้ำที่มีความเค็มต่ำแนะนำว่าธาตุโพแทสเซียมมีความสัมพันธ์ที่สุดต่อการรอดตายในกุ้งระยะโพสลาร์วา หากเพิ่มโพแพสเซียมในน้ำให้มีระดับความเข้มข้นเท่ากับในน้ำทะเลที่ความเค็ม 4 พีพีที จะเพิ่มอัตราการรอดตายของกุ้งจากน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นมากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ สำหรับแมกนีเซียมและซัลเฟตต่างมีความสัมพันธ์กับอัตราการรอดตายเช่นกัน และกล่าวอ้างการศึกษาของ Mantel and Farmer (1983) ว่าโพแทสเซียมไม่ได้มีส่วนช่วยเพิ่มระดับ osmolality ในเลือด แต่โพแทสเซียมมีความสำคัญต่อการทำงานของ Na^{+} - K^{+} ATPase ในการขนส่งแร่ธาตุ และกระบวนการปรับสมดุลแร่ธาตุเช่นกัน

Cawthorne *et al*. (1983) ศึกษาเกี่ยวกับการรอดตายของกุ้งกุลาดำระยะโพสลาร์วาที่เลี้ยงในน้ำทะเลเทียมความเค็มต่ำ (1.7 พีพีที) ใช้เกลือเพียงชนิดเดียว เช่น NaCl, $CaCl_2$, $MgSO_4$ ในการเตรียมน้ำทะเลเทียม ปรากฏว่าไม่สามารถใช้เลี้ยงกุ้งได้ ดังนั้นการเตรียมน้ำทะเลเทียมจะเป็นต้องเติมเกลือมากกว่า 1 ชนิด

มีรายงานการเลี้ยงกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* ในประเทศเอกวาดอร์ ฟาร์มกุ้งหลายแห่งมีปัญหาการตายของกุ้ง หลังจากนำน้ำมาวิเคราะห์หาอิออนพบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมน้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงแก้ปัญหาโดยการเติมปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ลงไปเพื่อให้มีความเข้มข้นโพแทสเซียมมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าอัตรารอดของกุ้งสูงขึ้น (Boyd, 2002)

Lin *et al*. (2000) ได้ศึกษาปริมาณแร่ธาตุคลอไรด์ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม ในเลือด ยูริน ของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่ความเค็ม 5, 25, และ 45 พีพีที พบว่าความเข้มข้นของคลอไรด์ในยูรินมีปริมาณสูงกว่าในเลือดเล็กน้อยที่ความเค็ม 5 และ 45 พีพีที ส่วนความเข้มข้นของโซเดียม โพแทสเซียม และแคลเซียม ในเลือดและยูรินไม่แตกต่างกันในทุกระดับความเค็ม ส่วนความเข้มข้นของแมกนีเซียมในยูรินจะสูง แต่ในเลือดจะต่ำ โดยที่ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในเลือดและยูรินจะแตกต่างกันมากในน้ำทะเลที่มีความเค็มสูง โดยสรุปว่า เมื่อความเค็มสูงขึ้นอัตราส่วนของแมกนีเซียมในยูรินต่อในเลือดก็จะมีค่าเพิ่มจาก 2.3-13.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่ามีการขับแมกนีเซียมผ่านทางยูริน เพื่อรักษาระดับแมกนีเซียมในเลือดให้อยู่ในสภาพ hypoionic

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตรีชฎา (2548) ศึกษาประสิทธิภาพของสารประกอบแร่ธาตุในระหว่างการขนย้ายกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำ พบว่า การใช้สารประกอบแร่ธาตุในระหว่างการขนย้ายกุ้งสามารถลดความเครียดและเพิ่มอัตราการรอดตาย ทำให้ปริมาณผลผลิตและผลตอบแทนเพิ่มขึ้น

วิทยา (2549) ศึกษาเกี่ยวกับอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยความเค็มต่ำ และองค์ประกอบ ของธาตุในน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโต พบว่า ในการเลี้ยงกุ้งขาวไม่ควรให้ความเค็มของน้ำลดต่ำมาอยู่ที่ระดับ 0.5-1.0 พีพีที และการขาดโพแทสเซียม และ แมกนีเซียมเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาว ซึ่งระดับที่เหมาสมคือ 10.7 และ 39.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

นิธิศ (2550) ได้แนะนำว่า การเลี้ยงกุ้งกุลาดำหรือกุ้งทะเลชนิดอื่นๆ ด้วยน้ำความเค็มต่ำ ไม่ควรปล่อยลูกกุ้งที่น้ำความเค็มต่ำกว่า 5 พีพีที และควรจะมีสัดส่วนอิออนสำคัญใกล้เคียงกับน้ำทะเล คือ คลอไรด์ 2,755 มิลลิกรัมต่อลิตร โซเดียม 1,522 มิลลิกรัมต่อลิตร ซัลเฟต 392 มิลลิกรัมต่อลิตร แมกนีเซียม 132 มิลลิกรัมต่อลิตร แคลเซียม 58 มิลลิกรัมต่อลิตร โพแทสเซียม 54 มิลลิกรัมต่อลิตร ไบคาร์บอเนต 92 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าสัดส่วนไม่คล้ายกับน้ำทะเลควรจะมีปริมาณอิออน โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมมากพอ โดยเฉพาะปริมาณโพแทสเซียมควรจะไม่ต่ำกว่า 40 มิลลิกรัมต่อลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การ ศึกษาเปรียบเทียบการเสริมแมกนีเซียมคลอไรด์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันกับเกลือสมุทรต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

การเตรียมน้ำและสัตว์ทดลอง

การเตรียมน้ำ

ความเค็มของน้ำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ 25 พีพีที โดยนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือ (brine solution) ที่มีความเค็มประมาณ 100 พีพีที มาเจือจางด้วยน้ำประปาที่ผ่านการพักและมีการให้อากาศตลอดเวลาจนไม่มีคลอรีนหลงเหลืออยู่เลยในถังไฟเบอร์กลาส ขนาดความจุ 5000 ลิตร จนได้ความเค็มของน้ำ 25 พีพีที พักน้ำไว้ 2 สัปดาห์ ก่อนที่จะนำมาทดลอง

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำกุ้งขาวแวนนาไมขนาดน้ำหนักตัว 3-4 กรัม จากจุรีย์ฟาร์มในจังหวัดจันทบุรีมายังศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พักกุ้งไว้ 3-4 วัน เพื่อปรับสภาพในห้องทดลอง ก่อนจะย้ายกุ้งลงเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร บรรจุน้ำ 400 ลิตร ถังละ 35 ตัว (63 ตัวต่อตารางเมตร) พร้อมที่จะนำไปทำการทดลองต่อไป โดยมีการให้เครื่องให้อากาศอย่างเพียงพอและควบคุมอุณหภูมิน้ำให้อยู่ที่ 29±1 องศาเซลเซียส โดยใช้ heater

การทดลอง

การวางแผนการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) โดยมี 5 กลุ่มการทดลอง (treatment) ในแต่ละกลุ่มการทดลองมี 3 ซ้ำ (replication)

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ กลุ่มของอาหารควบคุม (control) เป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปปกติ

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของอาหารที่ผสมด้วยแมกนีเซียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วน 1200 : 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งใช้หลักที่ว่าปริมาณแมกนีเซียมในน้ำทะเลปกติจะมีมากกว่าแคลเซียมประมาณ 3 เท่า โดยชั่งแมกนีเซียมคลอไรด์ 1.56 กรัมละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร และชั่งแคลเซียมคลอไรด์ 0.12 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร น้ำสารละลายที่มีแมกนีเซียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนดังกล่าวมาคลุกกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป ก่อนที่จะให้อาหารแต่ละมื้อ

กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ กลุ่มของอาหารที่ผสมด้วยแมกนีเซียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วน 3600 : 1200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่งแมกนีเซียมคลอไรด์ 4.69 กรัมละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร และชั่งแคลเซียมคลอไรด์ 0.35 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตรดำเนินการเตรียมอาหารทุกครั้งเช่นเดียวกับในกลุ่มการทดลองที่ 2

กลุ่มการทดลองที่ 4 คือ กลุ่มของอาหารที่ผสมด้วยแมกนีเซียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วน 7200 : 2400 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่งแมกนีเซียมคลอไรด์ 9.38 กรัมละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร และชั่งแคลเซียมคลอไรด์ 0.69 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร เตรียมอาหารอาหารแต่ละครั้งเช่นเดียวกับในกลุ่มการทดลองที่ 2

กลุ่มการทดลองที่ 5 คือ กลุ่มของอาหารที่ผสมด้วยเกลือสมุทรอัตราส่วน 50 กรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณเกลือแร่จากการวิเคราะห์อิออนต่างๆดังนี้ คลอไรด์ (Cl^-) 2616.32 มิลลิกรัมต่อลิตร (ppm) แคลเซียม (Ca^{2+}) 12.22 ppm แมกนีเซียม (Mg^{2+}) 235.923 ppm โพแทสเซียม (K^+) 66.03 ppm โซเดียม (Na^+) 18739.923 ppm นำน้ำสารละลายของเกลือแกงที่มีปริมาณแร่ธาตุดังกล่าวมาคลุกกับอาหารแต่ละมื้อเช่นเดียวกับในกลุ่มการทดลองที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาหารและการให้อาหาร

ให้อาหาร 4 เวลา คือประมาณ 07.00 น. 11.00 น. 15.00 น. และ 19.00 น. ในอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวกุ้งต่อวัน ปรับอาหารตามน้ำหนักของกุ้งตามวิธีของ ชลอ และพรเลิศ (2547) ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงนาน 60 วัน

การศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม

สุ่มชั่งน้ำหนักและบันทึกอัตราการรอดตายของกุ้งในแต่ละกลุ่มการทดลองในวันที่ 15, 30, 45 และสิ้นสุดการทดลอง 60 วัน

การวิเคราะห์อิออนที่สำคัญและคุณสมบัติของน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำก่อนการทดลองและในระหว่างการทดลองทุก 10 วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณอิออนที่สำคัญ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Hitachi 170-30, Japan) ตามวิธีของ APHA *et al.* (1995) ส่วนคลอไรด์ และซัลเฟตวิเคราะห์โดยวิธี tritration (UNEP GEMS, 1994) วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทุกวัน ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ พีเอช และความเค็ม ส่วนความเป็นด่าง ความกระด้าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน วิเคราะห์ทุก 7 วัน ตามวิธีของ Strickland and Parson (1972) ระหว่างทำการทดลองมีการดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 7 วัน ด้วยน้ำที่มีความเค็ม 25 พีพีที ในปริมาณเท่ากันทุกถังทดลอง ใช้พลาสติกสีเขียวปิดถังเพื่อควบคุมปริมาณแสงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการกินอาหารของกุ้ง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

หลังจากสิ้นสุดการทดลองนาน 60 วัน บันทึกจำนวนกุ้งที่เหลือรอดในแต่ละถัง ชั่งน้ำหนัก คำนวณอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายในแต่ละกลุ่มการทดลอง นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (อนันตชัย, 2542)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การศึกษาการเสริมเกลือสมุทรต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

จากผลการทดลองในการศึกษาข้อที่ 1 พบว่าการใช้เกลือสมุทรในอัตราส่วน 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ให้ผลดีที่สุดจึงนำเกลือสมุทรมาทำการทดลองต่อไป

การเตรียมน้ำ

ความเค็มของน้ำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ 25 พีพีที โดยนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือ (brine solution) ที่มีความเค็มประมาณ 100 พีพีที มาเจือจางด้วยน้ำประปาที่ผ่านการพักจนไม่มีคลอรีนหลงเหลืออยู่เลยในถังไฟเบอร์กลาส ขนาดความจุ 5000 ลิตร จนได้ความเค็มของน้ำ 25 พีพีที พักน้ำไว้ 2 สัปดาห์ ก่อนที่จะนำมาทดลอง

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำกุ้งขาวแวนนาไมขนาดน้ำหนักตัว 3-4 กรัม จากจุรีย์ฟาร์มในจังหวัดจันทบุรีมายังศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พักกุ้งไว้ 3-4 วัน เพื่อปรับสภาพในห้องทดลอง ก่อนจะย้ายกุ้งลงเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร บรรจุน้ำ 400 ลิตร ถังละ 45 ตัว (81 ตัวต่อตารางแมตร) พร้อมที่จะนำไปทำการทดลองต่อไป โดยมีการให้เครื่องให้อากาศอย่างเพียงพอและควบคุมอุณหภูมิน้ำให้อยู่ที่ 29±1 องศาเซลเซียส โดยใช้ heater

การทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) โดยนำเกลือสมุทรมาทำการศึกษาต่อ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่มการทดลองกลุ่มการทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ กลุ่มของอาหารควบคุม (control) ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปกติ

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของอาหารที่ผสมเกลือสมุทรอัตราส่วน 25 กรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ใช้วิธีการนำสารละลายเกลือสมุทรมาคลุกกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป ก่อนให้อาหารแต่ละครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ กลุ่มของอาหารที่ผสมเกลือสมุทรอัตราส่วน 50 กรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ใช้วิธีการผสมสารละลายเกลือสมุทรคลุกกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปก่อนให้อาหารแต่ละครั้ง เช่นเดียวกับกลุ่มการทดลองที่ 2

การเลี้ยงและการให้อาหาร

การให้อาหาร การสุ่มชั่งน้ำหนักเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย การวิเคราะห์อิออนที่สำคัญ และคุณสมบัติของน้ำ ดำเนินการเช่นเดียวกับการศึกษาในข้อ 1

3. ผลการเสริมเกลือสมุทรต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

การเตรียมน้ำ

ความเค็มของน้ำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ 1 พีพีที โดยนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือ ที่มีความเค็มประมาณ 100 พีพีที มาเจือจางด้วยน้ำประปาที่ผ่านการพักจนไม่มีคลอรีนหลงเหลืออยู่เลย ในถังไฟเบอร์กลาส ขนาดความจุ 5000 ลิตร จนได้ความเค็มของน้ำ 1 พีพีที พักน้ำไว้ 2 สัปดาห์ก่อนที่จะนำมาทดลอง

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 (พี 8) จากโรงเพาะฟักในจังหวัดฉะเชิงเทรามายังศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อปรับสภาพในห้องทดลอง โดยลดความเค็มของน้ำจากระดับ 10 พีพีที ให้ลดลงเหลือ 1 พีพีที โดยใช้เวลาในการปรับลดระดับความเค็ม 5 วัน และพักลูกกุ้ง 2 วัน ในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร จนลูกกุ้งมีอายุเป็นพี 15 พร้อมที่จะนำไปทำการทดลองต่อไป โดยย้ายลูกกุ้งลงถังไฟเบอร์กลาสขนาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความจุ 500 ลิตร จำนวน 9 ถัง ถังละ 50 ตัว โดยมีการให้เครื่องให้อากาศอย่างเพียงพอและควบคุมอุณหภูมิน้ำให้อยู่ที่ 29±1 องศาเซลเซียส โดยใช้ heater

การทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) โดยนำเกลือแกงมาทำการศึกษาต่อ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่มการทดลองกลุ่มการทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ กลุ่มของอาหารควบคุม (control) ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปกติ

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของอาหารที่ผสมเกลือสมุทรอัตราส่วน 25 กรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

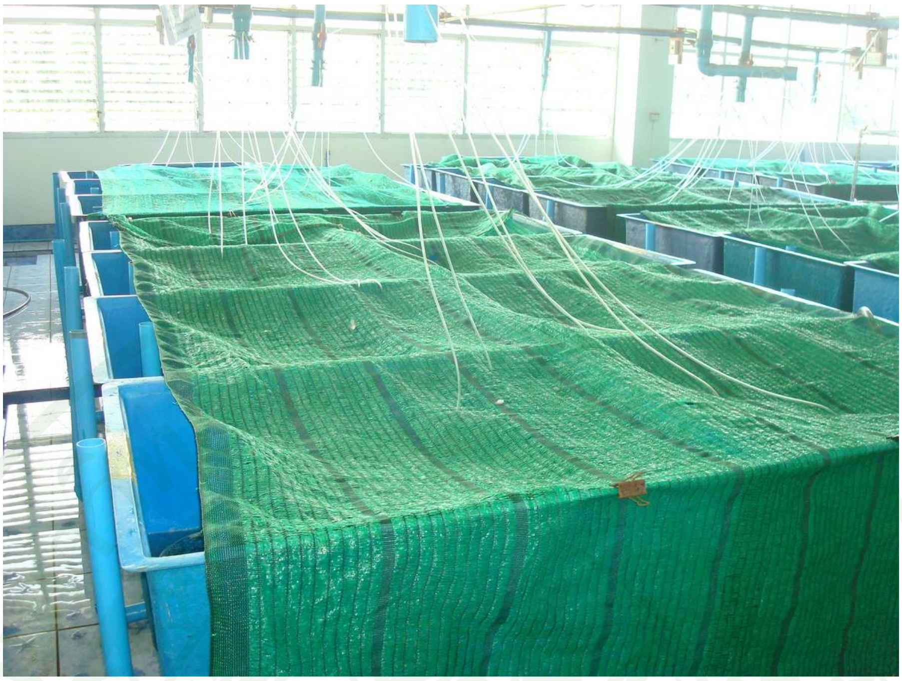
กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ กลุ่มของอาหารที่ผสมเกลือสมุทรอัตราส่วน 50 กรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ผสมสารละลายเกลือสมุทรกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปเช่นเดียวกับในการทดลองที่ 2

การเลี้ยงและการให้อาหาร

การให้อาหาร การสุ่มชั่งน้ำหนักเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย การวิเคราะห์อิออนที่สำคัญ และคุณสมบัติของน้ำ ดำเนินการเช่นเดียวกับการศึกษาในข้อ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

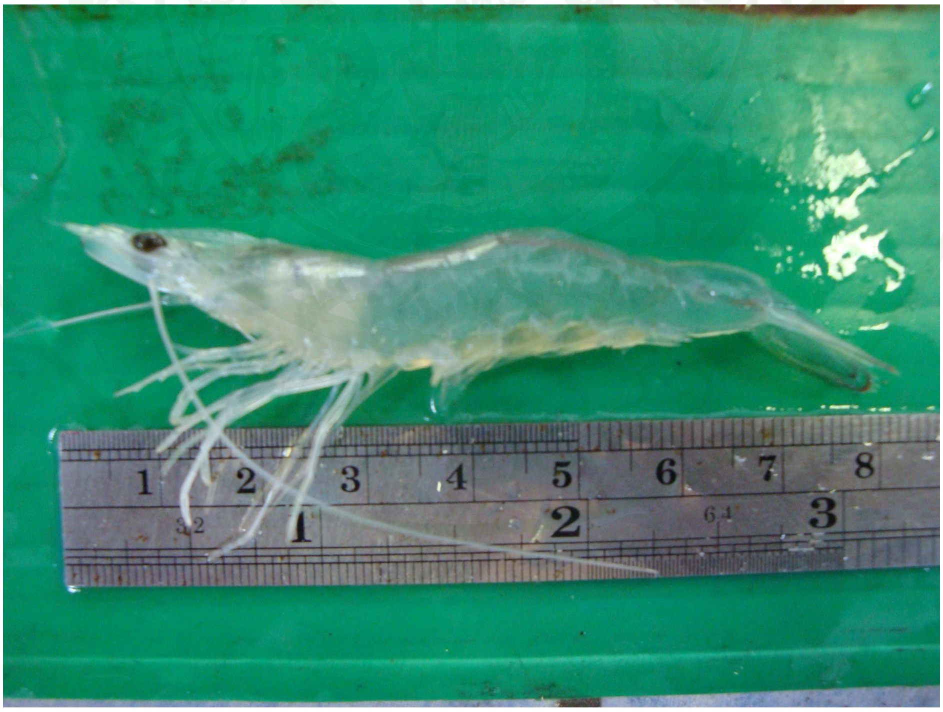


ภาพที่ 1 ถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร ที่ใช้ในการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ในห้องปฏิบัติการ

ภาพที่ 2 เตรียมน้ำความเค็มต่ำ 25 พีพีที เพื่อใช้ในการทดลองที่ 1 และ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 3 เตรียมน้ำความเค็ม 1 พีพีที เพื่อใช้ในการทดลองที่ 3



ภาพที่ 4 กุ้งขาวแวนนาไมขนาดน้ำหนักตัว 3-4 กรัม ที่ใช้ในการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 5 กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 6 สุ่มชั่งน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วาในระหว่างการเลี้ยง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. การศึกษาเปรียบเทียบการเสริมแมกนีเซียมคลอไรด์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันกับเกลือสมุทรต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมในทุกกลุ่มการทดลองในวันที่ 15 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่หลังจากเลี้ยงนาน 30 วัน พบว่ากลุ่มที่ 1 หรือกลุ่มควบคุมมีน้ำหนักเฉลี่ย 11.32±0.91 กรัม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับ กลุ่มที่ 4 ที่มีการเสริมเกลือแร่แมกนีเซียมร่วมกับแคลเซียมอัตราส่วน 7200:2400 มิลลิกรัมต่อลิตร และ กลุ่มที่ 5 ที่มีการเสริมเกลือสมุทรอัตราส่วน 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มที่ 2 ที่มีการเสริมเกลือแร่แมกนีเซียมร่วมกับแคลเซียมอัตราส่วน 1200:400 มิลลิกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่ 3 ที่มีการเสริมเกลือแร่แมกนีเซียมร่วมกับแคลเซียมอัตราส่วน 3600:1200 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 45 พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมในกลุ่มที่ 1 หรือกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกลุ่มทดลอง และวันสุดท้ายของการเลี้ยง (60 วัน) พบว่ากลุ่มที่ 5 ที่มีการเสริมเกลือสมุทรอัตราส่วน 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด 17.93±0.06 กรัม ซึ่งแตกต่างกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมเกลือแร่แมกนีเซียมร่วมกับแคลเซียมอัตราส่วนต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 4)

อัตราการรอดตายเฉลี่ยของกุ้งในกลุ่มที่ 5 ที่มีการเสริมเกลือสมุทร 91.43±2.86 เปอร์เซนต์ น้ำหนักรวม 573.90±19.57 กรัม และอัตราการเจริญเติบโต 0.31±0.00 กรัมต่อตัวต่อวัน ในขณะที่กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมเกลือแร่แมกนีเซียมร่วมกับแคลเซียมอัตราส่วนต่างๆ ให้ผลน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักรวมและอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน ต่ำกว่ากลุ่มที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่ากลุ่มที่เสริมเกลือแร่แมกนีเซียมร่วมกับแคลเซียมอัตราส่วน 1200:400 มิลลิกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่เสริมเกลือสมุทรมีอัตราการรอดตายและผลผลิตรวมสูง (ตารางที่ 5) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Davis and Lawrence. (1992) ที่มีการเสริมเกลือแร่รวม ซึ่งให้ผลอัตราการรอดตายสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมเกลือแร่ และ Davis *et al*. (2002) ได้กล่าวไว้ว่าแร่ธาตุโซเดียม คลอไรด์ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม และซัลเฟต เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้ง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้เนื่องจากเกลือสมุทร มีแร่ธาตุที่สำคัญต่างๆครบ จึงทำให้กุ้งมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมระหว่างระยะเวลาการเลี้ยง ที่มีการเสริมแมกนีเซียมคลอไรด์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันกับเกลือสมุทร ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

ระยะเวลาการเลี้ยง	กลุ่มการทดลอง				
	1	2	3	4	5
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
15 วัน	9.83±0.15^{a}	9.60±0.20^{a}	9.77±0.60^{a}	10.07±0.65^{a}	9.77±0.72^{a}
30 วัน	11.32±0.91^{a}	12.30±0.33^{ab}	12.07±1.01^{ab}	13.03±0.40^{b}	13.30±0.82^{b}
45 วัน	15.10±0.70^{a}	15.40±0.62^{b}	14.60±0.50^{b}	15.07±1.35^{b}	15.67±1.36^{b}
60 วัน	16.57±0.12^{a}	16.20±0.40^{a}	16.57±1.21^{a}	16.93±0.25^{a}	17.93±0.06^{b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อัตรารอดตาย อัตราการเจริญเติบโต และน้ำหนักเฉลี่ยสูง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ให้เกลือแร่เพียงแค่แมกนีเซียม และแคลเซียมคลอไรด์เท่านั้น แม้ว่าจะมีปริมาณแมกนีเซียมและแคลเซียมเพิ่มมากขึ้นก็ตาม สอดคล้องกับ McGraw and Scarpa (2002) พบว่าโซเดียมและโพแทสเซียมมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวที่เลี้ยงมากกว่าแคลเซียมและแมกนีเซียม เนื่องจากโซเดียม โพแทสเซียมมีส่วนสำคัญในการรักษาสมดุลเกลือแร่ภายในและภายนอกเซลล์ จะช่วยรักษาปริมาณน้ำในร่างกายให้อยู่ในสภาวะปกติ จึงส่งผลให้มีพลังงานเหลือเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้มากขึ้น นอกจากนี้กุ้งยังไม่มีสภาวะเครียดจากการปรับสมดุลออสโมติกทำให้กุ้งมีประสิทธิภาพในการย่อยอาหารและดูดซึมดีขึ้น ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งที่มีความหนาแน่นมากจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณแร่ธาตุต่างๆ เพื่อทำให้การเจริญเติบโตดีขึ้น เนื่องจากเกลือแร่ที่เสริมช่วยในการรักษาความเข้มข้นของแร่ธาตุที่กุ้งต้องนำไปใช้ให้เพียงพอกับความต้องการของกุ้งขาว (Pan *et al.*, 2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักรวม อัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่มีการเสริมแมกนีเซียมคลอไรด์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันกับเกลือสมุทร ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

กลุ่มการทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	ผลผลิตรวม (กรัม	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)
1	16.57 ± 0.11^{a}	87.62 ± 3.30^{a}	508.00 ± 17.58^{a}	0.28 ± 0.00^{a}
2	16.20 ± 0.40^{a}	92.38 ± 5.95^{a}	524.33 ± 46.07^{ab}	0.27 ± 0.01^{a}
3	16.57 ± 1.21^{a}	86.67 ± 7.19^{a}	500.87 ± 24.51^{a}	0.28 ± 0.03^{a}
4	16.73 ± 0.25^{a}	85.71 ± 5.71^{a}	501.87 ± 31.01^{a}	0.28 ± 0.01^{a}
5	17.93 ± 0.06^{b}	91.43 ± 2.86^{a}	573.90 ± 19.57^{b}	0.31 ± 0.00^{b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การศึกษาคุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

คุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 60 วัน แสดงไว้ในตารางที่ 6 พบว่า อุณหภูมิ พีเอช ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งช่วงที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิของน้ำในช่วง 25-32 องศาเซลเซียสทำให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด พีเอชระหว่าง 7.5-8.5 ออกซิเจนไม่ควรต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนความเป็นด่างของน้ำ ชลอและพรเลิศ (2547) กล่าวว่า ค่าความเป็นด่างมีความสำคัญมากในการเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งทุกชนิด ค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอยู่ระหว่าง 80-150 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการทดลองนี้ค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ค่าความกระด้างของน้ำจะแปรผันตามความเค็ม ในบางช่วงของการทดลองพบว่าเมื่อความเค็มเพิ่มค่าความกระด้างของน้ำจะเพิ่มขึ้นด้วย ค่าแอมโมเนียรวมและไนไตรท์จะพบว่าบางช่วงมีค่าเพิ่มสูงเนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำและการเปลี่ยนถ่ายน้ำแต่ละครั้งก็ไม่มากนักทำให้มีการสะสมตะกอนจากเศษอาหารและขี้กุ้งบริเวณก้นถังมาก โดยเฉพาะค่าเฉลี่ยของไนไตรท์อยู่ในระดับที่สูงกว่ามาตรฐานมาก แต่ก็ไม่มีผลต่ออัตราการรอดและการเจริญเติบโตอาจจะเนื่องมาจากปริมาณไนไตรท์ที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นทำให้กุ้งสามารถปรับตัวให้มีความทนทานได้มากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และระดับออกซิเจนที่สูงตลอดเวลา รวมทั้งความเค็มของน้ำที่สูงถึง 25 พีพีที ทำให้ความเป็นพิษของไนไตรท์ไม่รุนแรงมากเท่ากับในน้ำความเค็มต่ำ ซึ่งค่า LC_{50} ของกุ้งขาวแวนนาไมมีค่าสูงถึง 178.3 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และคณะ, 2553)

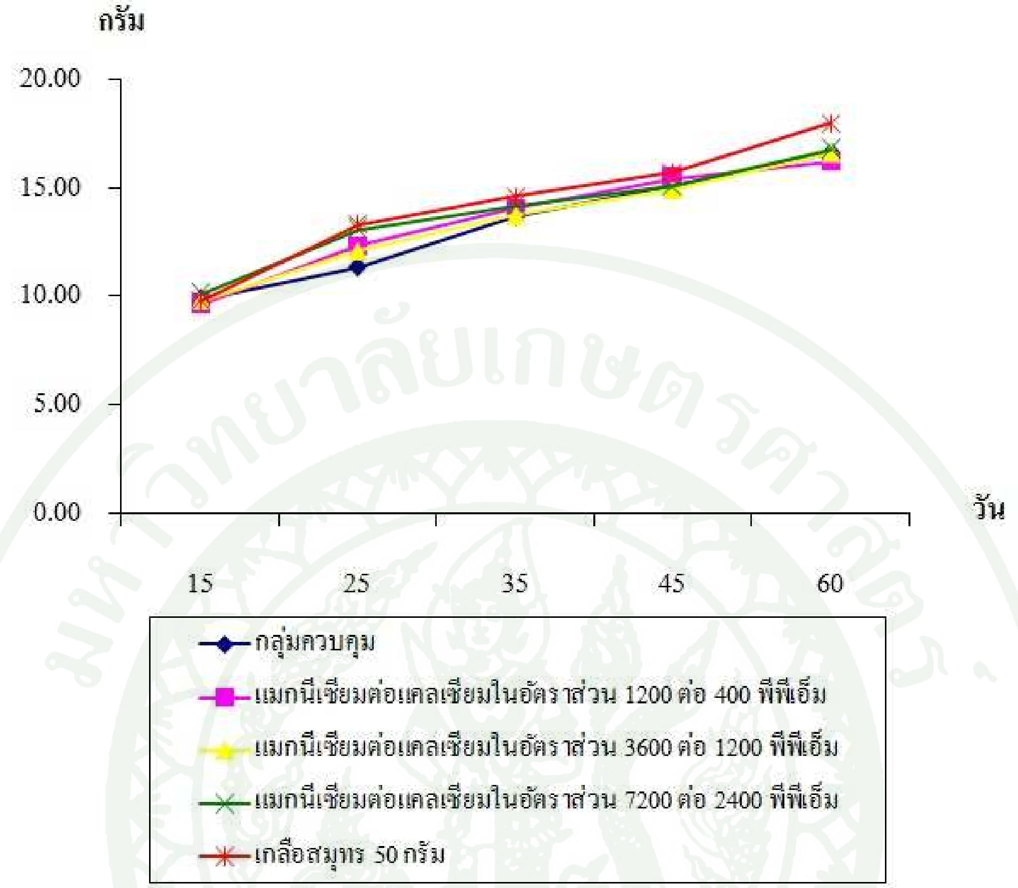
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่มีการเสริมแมกนีเซียมคลอไรด์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันกับเกลือสมุทร ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

คุณภาพน้ำที่สำคัญ	กลุ่มการทดลอง				
	1	2	3	4	5
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
อุณหภูมิ (°c)	29.95±0.00^{a}	29.95±0.01^{a}	29.97±0.01^{ab}	30.01±0.02^{b}	30.08±0.06^{c}
พีเอช	7.45±0.04^{a}	7.58±0.03^{b}	7.61±0.01^{ac}	7.62±0.02^{ac}	7.63±0.01^{c}
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	6.03±0.06^{a}	6.20±0.10^{a}	6.13±0.06^{a}	6.20±0.10^{a}	6.13±0.06^{a}
ความเค็ม (พีพีที)	28.12±2.56^{a}	27.54±2.17^{a}	27.26±2.11^{a}	27.40±1.91^{a}	27.35±1.83^{a}
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร as $CaCO_3$)	120.44±13.15^{a}	142.89±18.03^{b}	125.78±10.84^{a}	131.78±10.79^{ab}	142.22±16.20^{b}
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5581.3±210.8^{b}	5410.7±193^{ab}	5373.8±271.7^{ab}	5283.6±336.4^{ab}	5108±175.2^{a}
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.37±1.80^{a}	2.34±1.90^{a}	4.14±3.17^{a}	3.21±3.26^{a}	3.28±3.01^{a}
ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.41±2.27^{a}	3.03±2.26^{a}	2.76±1.55^{a}	5.02±1.52^{b}	3.45±1.86^{ab}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่มีการเสริมแมกนีเซียมคลอไรด์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน กับ เกลือสมุทร ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงว่า การเสริมเกลือแร่ระหว่างการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเสริมเกลือสมุทร 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะให้ผลอัตราการเจริญเติบโตดี อัตราการรอดตายสูง และผลผลิตรวมสูงที่สุด โดยเกลือแกงนั้นมีองค์ประกอบแร่ธาตุหลายชนิด ได้แก่ โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์ และโพแทสเซียม แร่ธาตุต่างๆ เหล่านี้เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต และการดำรงชีวิตของกุ้งขาวแวนนาไม สอดคล้องกับ Davis *et al.* (1990) กล่าวว่าองค์ประกอบของแร่ธาตุที่พบในน้ำเค็มมีความสำคัญต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะเวลาที่กุ้งมีการลอกคราบจะมีความต้องการแร่ธาตุอย่างสูงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสร้างเปลือก และเนื้อเยื่อใหม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การศึกษาการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมหลังจากเลี้ยง 30 วัน ในทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่เมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลานาน 45 วัน กลุ่มที่ 1 หรือกลุ่มควบคุมมีน้ำหนักเฉลี่ย 14.09±1.45 กรัม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับ กลุ่มที่ 2 และ 3 ที่มีการเสริมเกลือสมุทรในอัตราส่วน 25 กรัม และ 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แต่เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง 60 วัน พบว่า กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด 18.63±2.64 กรัม เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ 2 (17.16±0.98) และ 3 (16.98±0.77) ที่เสริมเกลือสมุทร แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมระหว่างระยะเวลาการเลี้ยง ที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

ระยะเวลาการเลี้ยง	กลุ่มการทดลอง		
	1	2	3
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
15 วัน	6.93±0.63[a]	6.56±0.36[a]	6.99±0.06[a]
30 วัน	9.83±0.97[a]	9.58±0.37[a]	9.24±0.21[a]
45 วัน	14.09±1.45[b]	11.91±0.37[a]	11.83±0.32[a]
60 วัน	18.63±2.64[a]	17.16±0.98[a]	16.98±0.77[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

กุ้งขาวแวนนาไมกลุ่มที่ 3 มีการเสริมเกลือสมุทร 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมมีน้ำหนักเฉลี่ย 16.99±0.77กรัม อัตราการรอดตาย 97.78±2.22เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตรวม 747.08±25.00 กรัม และอัตราการเจริญเติบโต 0.29±0.02 กรัมต่อตัวต่อวัน ในขณะที่กลุ่มควบคุม มีอัตราการรอดตายต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 และ 3 ที่มีการเสริมเกลือแกงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื่องจากกลุ่มควบคุมมีอัตราการรอดตายน้อยกว่ากลุ่มอื่นจึงทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่ากลุ่มอื่นเพราะมีจำนวนกุ้งในถังน้อยกว่าเมื่อเทียบกับระยะแรกของการเลี้ยงที่ปล่อยกุ้งในอัตราความหนาแน่นสูง ทำให้กุ้งบางส่วนตายอาจจะเนื่องจากแร่ธาตุในน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของกุ้งซึ่งน่าจะเป็นช่วงภายใน 30 วันแรก ทำให้กุ้งที่เหลือรอดมีอัตราความหนาแน่นเหมาะสมกับปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำ กุ้งจึงมีการเจริญเติบโตได้ดี สังเกตจากน้ำหนักที่สุ่มชั่งในวันที่ 45 และไม่มีการตายของกุ้งเพิ่ม (ตารางที่ 7) จะเห็นได้ว่าการเสริมเกลือสมุทรทำให้อัตราการรอดตายสูงกว่าการไม่เสริมเกลือสมุทร เนื่องจากการทดลองครั้งนี้เลี้ยงกุ้งในอัตราที่หนาแน่นสูง แร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของกุ้ง โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่กุ้งมีการลอกคราบ มีความต้องการแร่ธาตุสูงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสร้างเปลือกใหม่ (Pante, 1990; Li *et al.*, 2008) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของเกลือสมุทรมีแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมมีหน้าที่สำคัญต่ออัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของกุ้ง อีกทั้งโซเดียม และคลอไรด์มีหน้าที่สำคัญในกระบวนการ osmoregulation (Castill and Lawrence, 1981; Ferraris *et al.*, 1986; Parado-Estepa *et al.*, 1987) ซึ่งองค์ประกอบแร่ธาตุเหล่านี้จะเป็นตัวช่วยเสริมให้การทำงานของกระบวนการต่างๆที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของกุ้งมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักรวม อัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม ที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

กลุ่มการทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	ผลผลิตรวม (กรัม	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)
1	18.63±2.64[a]	82.22±6.67[a]	684.24±47.01[a]	0.33±0.06[a]
2	17.16±0.98[a]	93.33±2.23[b]	720.24±29.63[a]	0.29±0.02[a]
3	16.99±0.77[a]	97.78±2.22[b]	747.08±25.00[a]	0.29±0.02[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การศึกษาคุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

คุณสมบัติของน้ำเฉลี่ยตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงนาน 60 วันแสดงไว้ในตารางที่ 9 ซึ่งอุณหภูมิ พีเอช ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นด่าง ความกระด้าง และแอมโมเนียรวมในทุกกลุ่มทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) คุณสมบัติของน้ำส่วนใหญ่ยกเว้นแอมโมเนียและไนไตรท์อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำในช่วง 25-32 องศาเซลเซียสทำให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด พีเอชระหว่าง 7.5-8.5 ออกซิเจนไม่ควรต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งจะทำให้กุ้งมีการกินอาหารและการเจริญเติบโตที่ดี ส่วนความเป็นด่างของน้ำ อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมคืออยู่ระหว่าง 80-150 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าความกระด้างของน้ำจะแปรผันตามความเค็ม คือ เมื่อน้ำมีความเค็มเพิ่มขึ้นค่าความกระด้างของน้ำจะเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนแอมโมเนียและไนไตรท์ในทุกกลุ่มการทดลองอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงกว่าระดับมาตรฐานสำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเล เนื่องจากมีการถ่ายน้ำระบายตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำแต่ละครั้งไม่มาก ทำให้มีการสะสมของเศษอาหารที่เหลือและสิ่งขับถ่ายจากกุ้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเลี้ยง แต่ปริมาณไนไตรท์ในกลุ่มการทดลองที่ใช้เกลือสมุทร 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะต่ำกว่ากลุ่มควบคุม อาจจะเนื่องมาจากในกลุ่มควบคุมมีอัตราการรอดตายต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

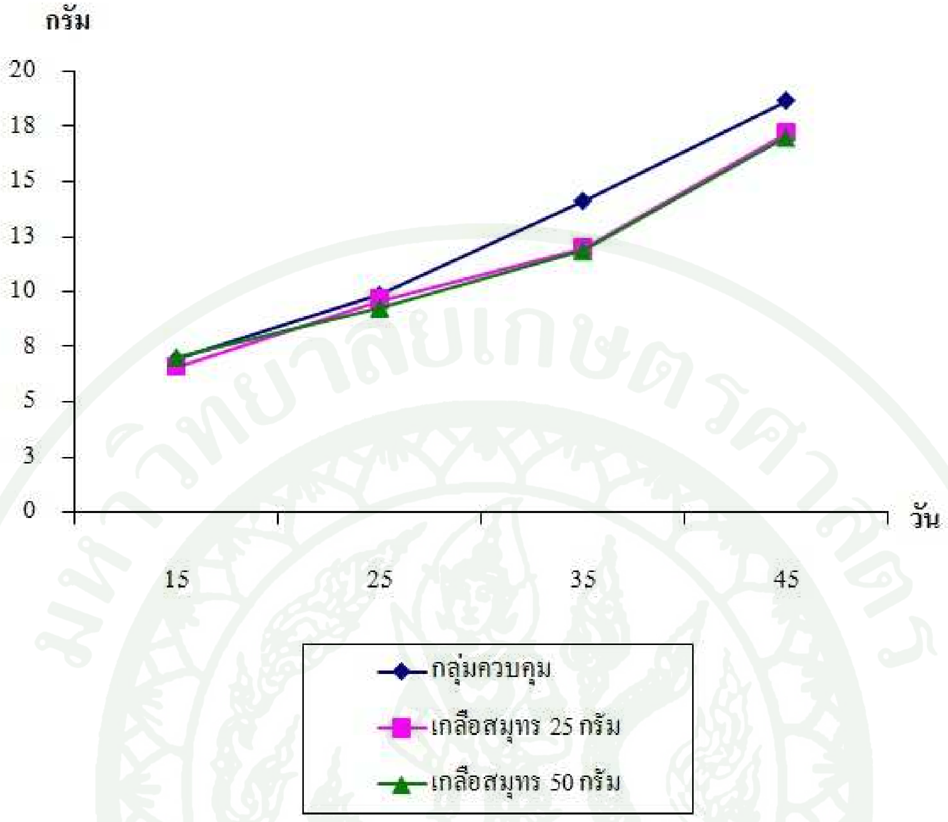
กว่าทำให้มีอาหารเหลือมากกว่า และเมื่อมีการย่อยสลายในระหว่างที่มีออกซิเจนพอเพียงจะเกิดเป็นแอมโมเนียและไนไตรท์ จนกระทั่งเป็นไนเตรทในที่สุด แต่เนื่องจากในการเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสในห้องปฏิบัติการ ไม่มีแพลงก์ตอนพืชจำนวนมากเหมือนกับในบ่อเลี้ยง ทำให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียและไนไตรท์มากกว่าการเลี้ยงในบ่อเลี้ยง ซึ่งลักษณะเช่นนี้คล้ายกับที่เคยมีการศึกษาโดย ชลอ และคณะ (2553) ที่พบว่า ปริมาณไนไตรท์ในระหว่างการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมสูงถึง 178.3 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่กุ้งก็ยังมีการกินอาหารและการเจริญเติบโตที่เป็นปกติ

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

คุณภาพน้ำที่สำคัญ	กลุ่มการทดลอง		
	1	2	3
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
อุณหภูมิ (°c)	28.2±1.00[a]	28.2±1.00[a]	28.1±1.00[a]
พีเอช	7.55±0.02[a]	7.58±0.03[a]	7.61±0.01[a]
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	6.70±0.20[a]	6.80±0.30[a]	6.70±0.20[a]
ความเค็ม (พีพีที)	28.12±2.56[a]	27.40±1.91[a]	27.35±1.83[a]
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร as $CaCO_3$)	135.78±13.32[a]	139.33±10.27[a]	138.98±10.69[a]
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5661.33±286.49[a]	5620.44±255.40[a]	5676.89±266.37[a]
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.45±0.50[a]	3.39±1.32[a]	3.50±0.69[a]
ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.86±3.34[b]	2.10±0.81[ab]	1.70±0.39[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงว่า การเสริมเกลือสมุทรระหว่างการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยอัตราความหนาแน่นสูงมีผล ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณ 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะให้ผลอัตราการรอดตายสูง และผลผลิตรวมสูงที่สุด เนื่องจากเกลือสมุทรมีองค์ประกอบแร่ธาตุที่สำคัญที่มีอยู่ในน้ำทะเล ได้แก่ โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์ และโพแทสเซียม ซึ่งแร่ธาตุต่างๆ เหล่านี้เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต และการดำรงชีวิตของกุ้งขาวแวนนาไม ดังนั้นการเสริมเกลือแร่ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม จะให้ผลการเลี้ยงทั้งอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายดีกว่าการไม่เสริมเกลือแร่ อีกทั้งการเสริมเกลือแร่นี้ยังช่วยให้กุ้งมีแร่ธาตุที่เพียงพอต่อความต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีการลอกคราบกุ้งจะมีความต้องการแร่ธาตุสูงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการลอกคราบ (บุญรัตน์, 2545)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การศึกษาการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็มต่ำ 1 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมหลังจากเลี้ยง 10 วัน ในกลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่ 2 และ 3 ที่มีการเสริมเกลือสมุทร 25 และ 50 กรัม (ตารางที่ 10) หลังจากเลี้ยงเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าทุกกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ 3 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่เมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลานาน 30 วัน พบว่ากลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) มีน้ำหนักเฉลี่ยเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) หลังจากเลี้ยงเป็นระยะเวลา 40 วัน พบว่าทุกกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด แต่เมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลานาน 50 วัน พบว่า กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนกลุ่มที่ 2 ที่มีการเสริมเกลือสมุทร 25 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด และแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง 60 วัน พบว่า ทุกกลุ่มการทดลองให้ผลน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก อัตราการรอดตายของกลุ่มที่ 3 สูงที่สุดถึง 83 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กลุ่มควบคุมเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น (ตารางที่ 11)

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าในระยะ 20 วันแรก ของการเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มต่ำเพียง 1 พีพีที ลูกกุ้งระยะโพสลาร์วายังมีขนาดเล็กมาก เมื่อได้รับสารละลายเกลือสมุทรเสริมในอาหารทำให้มีการเจริญเติบโตดีขึ้น เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเสริมเกลือสมุทร แต่หลังจาก 20 วัน เป็นต้นไป ลูกกุ้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 ซึ่งเสริมด้วยเกลือสมุทร 25 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เริ่มมีการตายและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระยะเวลา 50 วัน แสดงว่าเกลือแร่หรือปริมาณแร่ธาตุในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 เริ่มมีไม่เพียงพอสำหรับปริมาณกุ้งที่เหลือรอด ในขณะที่กลุ่มที่ 3 ไม่พบกุ้งตายซึ่งเป็นผลมาจากการเสริมด้วยเกลือสมุทร 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งจำนวนกุ้งที่เหลือรอดถึง 83 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้การเจริญเติบโตในช่วง 10 วันสุดท้ายต่ำมากเพียงประมาณ 1 กรัมเท่านั้น ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่มีอัตราการรอดตายเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตถึง 2.2 กรัม ส่วนกุ้งในกลุ่มที่ 2 ซึ่งมีอัตราการรอดตายสูงกว่ากลุ่มควบคุมคือ 47 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการเสริมด้วยเกลือสมุทร 25 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทำให้มีการเจริญเติบโตถึง 2.8 กรัม เมื่อพิจารณาผลผลิตรวมทั้งหมด จะพบว่า กลุ่มควบคุมมีผลผลิตรวมต่ำที่สุดในขณะที่ กลุ่มที่เสริมด้วยเกลือสมุทร 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีผลผลิตรวมสูงที่สุด (ตารางที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมระหว่างระยะเวลาการเลี้ยง ที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

ระยะเวลา	กลุ่มการทดลอง		
	1	2	3
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
10 วัน	0.21±0.01[a]	0.28±0.02[b]	0.29±0.01[b]
20 วัน	0.34±0.01[a]	0.40±0.01[b]	0.44±0.01[c]
30 วัน	0.97±0.11[a]	1.52±0.07[b]	1.52±0.03[b]
40 วัน	1.52±0.07[a]	2.14±0.10[b]	2.34±0.05[c]
50 วัน	3.77±0.04[a]	4.13±0.17[b]	3.95±0.08[ab]
60 วัน	5.99±0.11[b]	6.93±0.08[c]	5.01±0.10[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดลองนี้ใช้น้ำความเค็มต่ำมาก 1 พีพีที ซึ่งน้ำความเค็มระดับนี้จะมีปริมาณแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของกุ้งน้อยมาก ทำให้กุ้งบางส่วนตาย โดยเฉพาะระยะหลังจาก 30 วันจะพบว่ากุ้งตายเป็นจำนวนมากในลักษณะเปลือกตัวนิ่ม บางตัวตายในลักษณะลอกคราบไม่ออก และมีแผลขีดข่วนบริเวณลำตัวเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะพบกุ้งตายเป็นจำนวนมากที่มีลักษณะดังที่กล่าวมานี้ในกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมไม่มีการเสริมเกลือแร่ และในกลุ่มที่ 2 เนื่องจากมีปริมาณแร่ธาตุไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิต สอดคล้องกับ บุญรัตน์ (2545) ที่กล่าวว่า การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำ กุ้งมีโอกาสได้รับปริมาณแคลเซียมที่ไม่เพียงพอซึ่งจะทำให้กุ้งเปลือกบาง เปลือกนิ่ม และเปลือกแข็งช้าหลังจากการลอกคราบ เมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงในน้ำความเค็มปกติ เมื่อผ่านไปช่วงระยะเวลาหนึ่งการตายของกุ้งจะน้อยลง อัตราความหนาแน่นเหมาะสมกับปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำกุ้งจึงมีการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น แต่ในกลุ่มที่ 3 ที่เสริมเกลือสมุทร 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมจะไม่พบกุ้งตายในลักษณะที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากมีปริมาณแร่ธาตุที่เพียงพอต่อการดำรงชีวิต สอดคล้องกับ Devis *et al*. (1990) กล่าวว่า ควรมีการเติมหรือเสริมแร่ธาตุที่สำคัญให้เพียงพอจะทำให้กุ้งมีอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตที่ดีเมื่อเลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากอัตราการเจริญเติบโตในช่วงสุดท้ายของกลุ่มที่ 3 แม้ว่าจะมีการเสริม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกลือสมุทร 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แต่การเจริญเติบโตเริ่มช้าลง แสดงว่ากุ้งที่เหลือน่าจะมีมากเกินไป ดังนั้นถ้าต้องการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำมากๆ ควรจะลดจำนวนอัตราความหนาแน่นให้เหมาะสมด้วย นอกเหนือจากที่ต้องมีการเสริมเกลือแร่ในอาหาร จะทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตดีขึ้นตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง

ตารางที่ 11 น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักรวม อัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

กลุ่มการทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการรอดตาย (%)	ผลผลิตรวม (กรัม	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)
1	5.99±0.11[a]	40.67±3.06[a]	121.82±8.50[a]	0.13±0.01[a]
2	6.93±0.08[b]	47.33±2.31[b]	164.15±9.83[b]	0.15±0.01[b]
3	5.01±0.10[c]	83.33±3.06[c]	208.73±8.10[c]	0.11±0.01[c]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การศึกษาคุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญ (ตารางที่ 12) ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นด่าง และแอมโมเนียรวม ในทุกกลุ่มทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 60 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งช่วงที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิของน้ำในช่วง 25-32 องศาเซลเซียสทำให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด พีเอชระหว่าง 7.5-8.5 ออกซิเจนไม่ควรต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนความเป็นด่างของน้ำ ชลอและพรเลิศ (2547) กล่าวว่า ค่าความเป็นด่างมีความสำคัญมากในการเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งทุกชนิด ค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอยู่ระหว่าง 80-150 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการทดลองนี้ค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วงต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสมเล็กน้อย เนื่องจากการทดลองนี้ใช้น้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

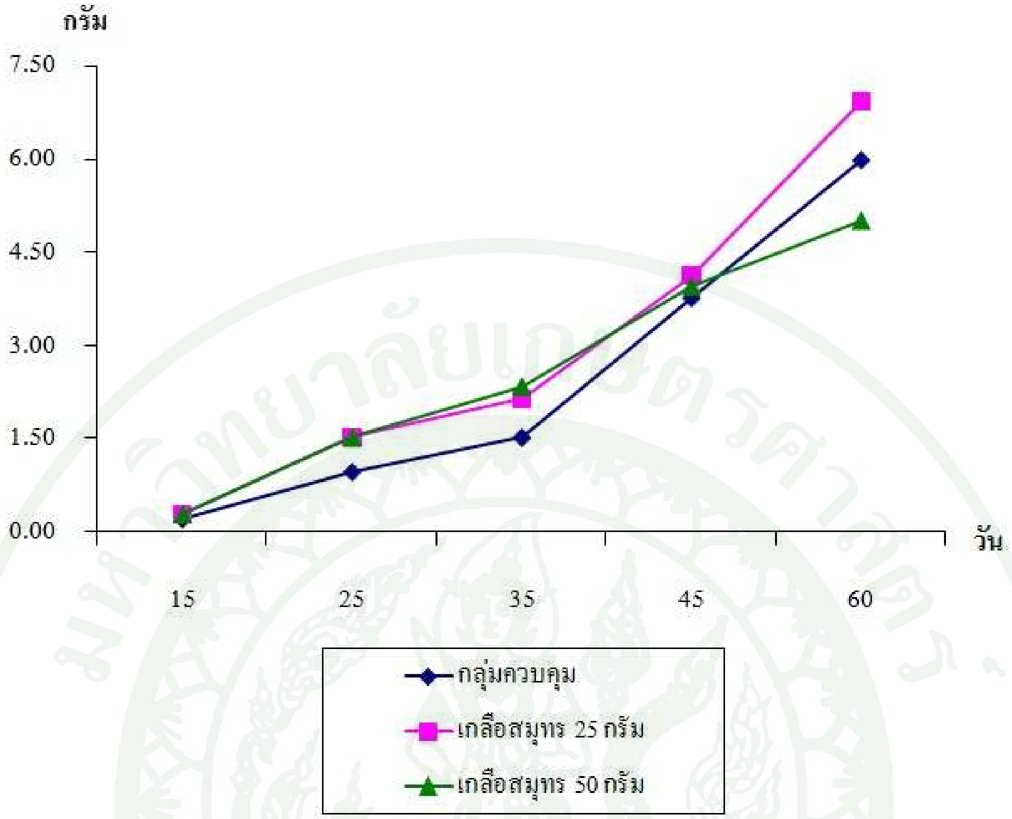
ความเค็มต่ำมาก ดังนั้นในระหว่างการเลี้ยงจึงมีการเติมวัสดุปูนเพื่อช่วยให้ค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของกุ้ง ส่วนค่าความกระด้างของน้ำจะแปรผันตามความเค็ม คือ เมื่อน้ำมีความเค็มลดลงค่าความกระด้างของน้ำจะลดลงด้วย ในการทดลองนี้จะพบว่ามีค่าความกระด้างของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 449.78-479.11มิลลิกรัมต่อลิตร ความเค็มที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมครั้งนี้อยู่ในระดับที่ต่ำเพียง 1 พีพีที ส่วนไนไตรท์จะพบว่ามีค่าสูงกว่าระดับมาตรฐานสำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเล แต่ไม่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของกุ้งอาจเนื่องมาจากปริมาณไนไตรท์ค่อยๆเพิ่มขึ้น กุ้งจึงสามารถปรับตัวให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ อีกทั้งกุ้งขาวยังสามารถทนต่อปริมาณไนไตรท์ได้สูงถึง 178.3 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอและคณะ, 2553)

ตารางที่ 12 คุณภาพน้ำที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ที่มีที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

คุณภาพน้ำที่สำคัญ	กลุ่มการทดลอง		
	1	2	3
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
อุณหภูมิ (°c)	29.95±0.00[a]	29.95±0.01[ab]	29.97±0.01[b]
พีเอช	7.45±0.04[a]	7.58±0.03[b]	7.61±0.01[b]
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	6.03±0.06[a]	6.20±0.10[a]	6.13±0.06[a]
ความเค็ม (พีพีที)	1.06±0.01[a]	1.07±0.02[a]	1.10±0.03[a]
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตรas $CaCO_3$)	78.67±16.31[a]	83.78±16.35[a]	77.78±19.99[a]
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	479.11±30.84[b]	449.78±16.38[a]	472.44±31.14[ab]
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.29±0.12[a]	0.26±0.08[a]	0.21±0.06[a]
ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.89±4.06[a]	3.68±3.34[a]	3.47±3.66[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่มีการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกัน ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 พีพีที

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงว่า การเสริมเกลือสมุทรในอัตราส่วน 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ระหว่างการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ทำให้อัตราการรอดตายสูงและผลผลิตรวมสูง เนื่องจากองค์ประกอบแร่ธาตุของเกลือสมุทรคล้ายคลึงกับองค์ประกอบแร่ธาตุในน้ำทะเล ซึ่งกุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่อาศัยอยู่ในน้ำทะเลจึงมีความต้องการแร่ธาตุต่างๆที่มีอยู่ในน้ำทะเลเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และการดำรงชีวิต อีกทั้งการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำมากปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำจะมีปริมาณน้อยมาก ดังนั้นควรมีการเสริมเกลือแร่ในระหว่างการเลี้ยง เพื่อให้กุ้งขาวแวนนาไมมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายที่ดี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปผลการทดลอง

1. การ ศึกษาเปรียบเทียบการเสริมแมกนีเซียมคลอไรด์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันกับเกลือสมุทรต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

ผลการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมขนาดน้ำหนักตัว 3-4 กรัม ในห้องปฏิบัติการ ที่มีการเสริมแมกนีเซียมคลอไรด์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วน 1200 ต่อ 400, 3600 ต่อ 1200 และ 7200 ต่อ 2400 มิลลิกรัมต่อลิตร กับเกลือสมุทร 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในอัตราความหนาแน่น 35 ตัวต่อถัง ที่ความเค็ม 25 พีพีที เป็นเวลานาน 60 วัน กลุ่มที่เสริมเกลือสมุทรจะมีผลน้ำหนักเฉลี่ย ผลผลิตรรวม และอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมแมกนีเซียมร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) กลุ่มที่เสริมเกลือสมุทรอัตราการรอดตาย 91.43±2.86 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมแมกนีเซียมร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วน 1200 ต่อ 400, 3600 ต่อ 1200 และ 7200 ต่อ 2400 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมี 87.62±3.30, 92.38±5.95, 86.67±7.19 และ 85.71±5.71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

2. การ ศึกษาการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 25 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

ผลการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมขนาดน้ำหนักตัว 3-4 กรัม ในห้องปฏิบัติการ ที่มีการเสริมเกลือสมุทรในอัตราส่วน 25 กรัม และ 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในอัตราความหนาแน่น 45 ตัวต่อถัง ที่ความเค็ม 25 พีพีที เป็นเวลานาน 60 วัน กลุ่มที่เสริมเกลือสมุทร 50 กรัมต่ออาการ 1 กิโลกรัม ให้ผลผลิตรรวมสูงที่สุด 747.08±25.00 กรัม เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมเกลือสมุทร 25 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่า 684.24±47.01 และ 720.24±29.63 แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อัตราการรอดตายของกลุ่มที่เสริมเกลือสมุทร ในอัตราส่วน 25 กรัม และ 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะมีค่า 93.33±2.23 และ 97.78±2.22 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากลุ่มควบคุม 82.22±6.67เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การ ศึกษาการเสริมเกลือสมุทรในปริมาณต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นสูง

ผลการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสต์ลาวา 8 (พี 8) ขนาดน้ำหนักตัว 0.004 กรัม ในห้องปฏิบัติการ ที่มีการเสริมเกลือสมุทรในอัตราส่วน 25 กรัม และ 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในอัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อถัง ที่ความเค็ม 1 พีพีที เป็นเวลานาน 60 วัน กลุ่มที่เสริมเกลือสมุทร 50 กรัมต่ออาการ 1 กิโลกรัม ให้ผลผลิตรวมและอัตราการรอดตายสูงที่สุด 208.73±8.10 กรัม และ 83.33±3.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมเกลือสมุทร 25 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าผลผลิตรวม 164.15±9.83 และ 121.82±8.50 กรัม อัตราการรอดตาย 47.33±2.31 และ 40.67±3.06 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เนื่องจากในช่วงระยะแรกของการเลี้ยงกุ้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมเกลือสมุทร 25 กรัมต่อาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการตายสูงมาก โดยกุ้งที่ตายจะมีลักษณะเปลือกตัวนิ่ม ลอกคราบไม่ออก เพราะการทดลองนี้เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำเพียง 1 พีพีที ประกอบกับเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูง ทำให้แร่ธาตุในน้ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง

ดังนั้นเกษตรกรควรมีการเสริมเกลือสมุทรในระหว่างการเลี้ยงในอัตราส่วน 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะช่วยให้กุ้งมีความแข็งแรงและในบ่อมีแร่ธาตุที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต ส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายที่ดี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ ถ้าปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่นสูงมากควรจะมีการเสริมด้วยเกลือสมุทรในปริมาณ 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในระหว่างการเลี้ยง

2. ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ 1 พีพีที ควรปล่อยลูกกุ้งที่ผ่านการปรับลดความเค็มลงมาให้ใกล้เคียงหรือเท่ากับน้ำในบ่อเลี้ยง และใช้ลูกกุ้งระยะโพสลาร์วาที่มากกว่าพี 10 และควรใช้เกลือสมุทรในปริมาณ 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เสริมทุกมื้อที่ให้อาหารตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงและไม่ควรจะปล่อยลูกกุ้งหนาแน่นมาก

3. ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาการเสริมเกลือสมุทรในอัตราส่วนที่มากกว่า 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2522. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์**. โรงพิมพ์บริษัทสารมวลชน จำกัด, กรุงเทพฯ. 336.

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2521. **เกลือ คุณสมบัติ หลักการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

แก้วตา ลิ้มเฮง. 2548. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำ. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณิต ไชยาคำ, สิริ ทุกวินาศ, ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, พุทธ ส่องแสงจินดา และ ดุสิต ตันวิไลย. 2537. **คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ความรู้เบื้องต้นและวิเคราะห์**. กลุ่มสิ่งแวดล้อมแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

จิราภรณ์ ไตรศักดิ์. 2533. ระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งกุลาดำขนาดต่าง ๆ และการทดลองการกระตุ้นการลอกคราบโดยการเปลี่ยนน้ำ การปรับความเค็ม การตัดก้านตาและการใช้กากชา. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2528. **โรคปลา**. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2534. **คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ.** สำนักพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2543. **กุ้งไทย 2000 สู่ความยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม.** เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชลอ ลิ้มสุวรรณ, วราห์ เทพาหุดี และนิติ ชูเชิด. 2547. **การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิดแบบต่างๆ.** โครงการพัฒนาถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยง สนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ พรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547. **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย.** สนับสนุนการจัดการพิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 5 ธันวาคม พ.ศ.2547. บริษัทเมจิค พับบลิเคชั่น จำกัด. ฉบับที่ 1/2539.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และสว่างพงษ์ สมมาตร. 2553. ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณการกินอาหาร การเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและคุณภาพน้ำ ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*). น. 313-321 น. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 (สาขาประมง).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชาญยุทธ คงภิรมณ์ชื่น. 2533. **คู่มือปฏิบัติการคุณภาพน้ำทางการประมง**. คณะเกษตรศาสตร์บางพระ, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ชลบุรี.

ตรีชฎา ด่านวัฒนานุสรณ์. 2548. การศึกษาประสิทธิภาพของสารประกอบแร่ธาตุในระหว่างการขนย้ายกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำ. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร. 2550. **ชีววิทยาของครัสเตเชียน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

นิธิศ ภัทรกุลชัย. 2550. ผลของปริมาณอิออนที่มีระดับแตกต่างกันต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ. **วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2545. ความสำคัญของแร่ธาตุกับการเลี้ยงกุ้ง. **เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ** บริษัทซิสเคมแอคร์คัลเจอร์รัล จำกัด, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บุญรัตน์ ประทุมชาติ, บัลลังก์ เนื่องแสง และถนอมศักดิ์ บุญภักดี. 2547. **ผลของการเสริมเกลือแร่ในอาหารและการเปลี่ยนแปลงสรีระเคมีของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงระบบพัฒนา.** ภาควิชาวาริชศาสตร์.คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ และสว่างพงษ์ สมมาตร. 2553. ผลของความเค็มต่อกระบวนการสะสมแร่ธาตุของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) วัยรุ่น. น. 73-82 น. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 (สาขาประมง).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ. 2531. **เทคนิคการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. สำนักพิมพ์ประชาชนการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ประจวบ หล่ำอุบล. 2537. **สรีรวิทยาของกุ้ง**. เจริญรัตน์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ปิยนุช พรมภมร. 2550. โรคสำคัญในการเลี้ยงกุ้งขาวแปซิฟิกในประเทศไทย. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2530. การใช้เกลือแกงเพื่อลดอัตราการตายของลูกปลาดุกด้านเนื่องจากการขนส่ง. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรรณิภา พรหมเพ็ชร. 2547. การศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) แบบพัฒนาด้วยน้ำความเค็มต่ำ. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพชรรัตน์ วงศ์ชา. 2548. **การผลิตเกลือจากน้ำทะเล.** แหล่งที่มา: http://www.kr.ac.th/ebook/petcharat/b1.html, 1 พฤษภาคม 2554.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับวิจัยทางการประมง**. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ยนต์ มุสิก. 2530. **กำลังผลิตทางชีวภาพในบ่อเลี้ยงปลา II**. เอกสารประกอบการสอนวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 551. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. **โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิทยา รัตนะ. 2549. ผลระดับความเค็มต่ำและองค์ประกอบแร่ธาตุในน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone). **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรวิทย์ ชีวาพร. 2531. คุณภาพน้ำ-ดินในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ, น. 171-182. *ใน* **การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ, ชลบุรี.

สว่างพงษ์ สมมาตร และบุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2551. ผลของความเค็มน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงออสโมลาลิตี้ในเลือด และความเข้มข้นของแร่ธาตุ 9 ชนิดในพลาสมาของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*), น. 109-118 น. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 (สาขาประมง)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สว่างพงษ์ สมมาตร. 2552. ผลของความเค็มน้ำต่อสรีระเคมีและการเสริมแร่ธาตุบางชนิดในระบบการเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) เชิงพาณิชย์. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.** มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

อนันตชัย เขื่อนธรรม. 2542. **หลักการวางแผนการทดลอง**. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 350.

American Public Health Association, American Water Association , and Water Pollution Control Federation. 1995. **Standard Methods for the Examination Water and Wastewater**. 17 th edition. Amerricam Public Health Association, Washington. D.C.

Boyd, C.E. 1982. **Water Quality Management for Fish Pond Culture**. Elsevier Sci. Publ.Co., Amsterdam, Netherlands.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Boyd, C.E. 1987. **Evaluation of Water Quality and Water Quality Management Techniques for Brackishwater Aquaculture in Ponds in Thailand**. Report for the Asian Development Bank, Manila, Philippines.

Boyd, C.E. 1989. **Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming Series 2**. Fisheries and Allied Aquaculture Department, Auburn University, Auburn, Alabama.

Boyd, C.E. 1990. **Water Quality in Ponds for Aquaculture of Fisheries .** Department of Fisheries and Allied Aquaculture Department, Auburn University, Auburn, Alabama.

Boyd, C.E., T. Thunjai and M. Boonyaratpalin. 2002. Dissolved salts in waters for inland, low-salinity shrimp culture. **Global Aquac. Advocate**. 5 (3): 40–45.

Brawn, T.E., A.W. Morley, N.T. Sanderson and R.D. Tait. 1983. Report of a large fish kill resulting from natural acid water condition in Austrawa. **J. Fish Biol**. 22 (1): 43-47.

Carlisle, D.B. and P.F.R. Dohrn. 1953. Studies on *Lysmata seticaudata* Risso (Crustacea, Cecapoda). II. Experimental evidence for a growth- and moult-accelerating factor obtainable from eyestalks. **Pubbl. Staz. Zool**. **Napol**i. 24: 69–83.

Chiang, P., C.H. Huo and C.F. Liu. 1989. **Pond Preparation for Shrimp Growth-out**. Paper Presented at Shrimp Farmer Workshop. 8-10 August 1989. Songkhla Province, Thailand, Thai Department and American Soybeen Association, Bangkok.

Colt, J. and D. Armstrong. 1979. **Nitrogen Toxicity of Fish, Crustaceans and Molluscs**. Dept. Civil Eng., Univ. California, Davis.

Conroy, D.A. and R.L. Herman. 1970. **Textbook of Fish Diseases**. T. F. H. Publication, Inc., New Jersey.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

Davis D.A. and A.L. Lawrence. 1992. Mineral requirement of *Penaeus vannamei*: A preliminary examination of the dietary essentiality for thirteen minerals. **J. World Aquac. Soc.** 23: 8-14.

Davis, I.P., I.M. Saoud, W.J. McGraw and D.B. Rouse. 2002. Considerations for *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity waters, pp. 73-90. *In* L.E. Cruz-Suorez, D. Richque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.G. Grxiola-Cortes and N. Simoes, (eds.). **Advances en Nutrition Acuicola 3 al 6 de Setimbre del 2002.** Cancum, Quintana Roo, Mexico.

Dore, I. and C. Frimodt. 1987. **An Illustrated Guide to Shrimp of the World**. Osprey Books, Huntington, NY, USA.

Emerson, K., R.C. Russo, R.E. Lund and R.V. Thurston. 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations: Effect of pH and temperature. **J. Fish. Res. Board Can**. 32: 2379-2383

Funge-Smith, S.J., A.C. Taylor., J. Whitley and J.H. Brown. 2001. Osmotic and ionic regulation in the giant Malaysian fresh water prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) with special reference to strontium and bromine. **Comp. Biochem. Physiol**. 110A: 357-365.

Guillavme, J., S. Kavshik., P. Bergot. and R. Métailler. 2001. **Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans.** Peaxis Publishing Ltd, Chichester, UK.

Hattingh, J.F., L.R. Fourie and J.H.J. Van Vuren. 1975. The transport of freshwater fish. **J. Fish. Biol** 7: 447-449

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lee, M.H. and S.Y. Shiau. 2002. The role of the antennal glands in ion and body volume regulation of cannulate *Penaeus monodon* reared in various salinity conditions. **Comp. Biochem. Physiol**. 127A: 121-129.

Leopold, L.B. 1974. **Water**. W.H. Freeman and Company, Sea Francico.

Li, E.C., L.Q., C. Zeng, X.M, Chen, N. Yu, Q.M. Lai, and J.G. Qin. 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

Lin, S.C., C.H. Liuu and J.H. Cheng. 2000. The role of the antennal glands in ion and body volume regulation of canulated *Penaeus monodon* in various salinity conditions. **Comp. Biochem. Physiol**. 127A: 121-129.

Long, C.W., J.R. McComas and B.H. Monk. 1977. Use of salt (NaCl) water to reduce mortality of chinook salmon smolts, *Oncorhynchus tshawytscha*, during handling and hauling. **Mar. Fish.** 39(7): 6-9

Lovell, T. 1989. **Nutrition and Feeding of Fish.** Van Nostrand Reinhold, New York.

Maitland, P. S. 1978. **Biology of Freshwater**. Blackies & Son Ltd., London.

Martínez-Córdova. L.R. and E. Peña-Messina. 2005. Biotic communities and feeding habits of *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) and *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson 1974) in monoculture and polyculture semi-intensive ponds. **Aquat. Res.** 36 (11): 1075.

Mantel, L.H. and L.L. Farmer. 1983. Osmotic and ionic regulation, *In*: **Mantel, L.H. (ed) The Biology of Crustacean 5: Internal Anatomy and Physiology Regulation**:. New York: Academic Press. 53-161

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

McGraw, W.J., and J. Scarpa. 2002. Determining ion concentrations for *Litopenaeus vannamei* culture in fresh water. **Glob. Aquac. Advocate**. 5(3):36-38

Pan, L.Q., Z.H. Luan, and C.X. Jin.2006. Effect of Na^+/K^+ and Mg^+/Ca^+ ratio in saline ground waters on Na^+-K^+-ATPase activity, survival and growth of *Marsupenaeus japonicus* postlarva. **Aquaculture** 261:1396-1402

Poss, S.G. 1998. **Non-indigenous Species in the Gulf of Mexico Ecosystem**. A cooperative program between the Gulf of Mexico program and the Gulf coast research laboratory museum, The University of Southern Mississippi.

Prangnell, D.I. and R. Fotedar. 2006. Effect of sudden salinity change on *Penaeus latisulcatus* kishinouye osmoregulation, ionoregulation and condition in inland saline water and potassium-fortified inland saline Water. **Comp. Biochem. Physiol**. 145A: 449-457.

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

Redding, S.M. and J.A. Plumb and C.E. Harris. 1977. Control of external bacterial infections of bluegills with potassium permanganate. **Prog. Fish-Cult**. 39: 1420143

Saoud, I.M., D.L. Davis, and D.B. Rouse, 2002. Suitability studies of inland well water for *Litopenaeus vannamei* culture. **Aquaculture** 62134: 1-11

Silva, J.J.R. Frausto da and R.J.P. Williams. 2001. **The Biological Chemistry of the Elements: The Inorganic Chemistry of Life**. Oxford University Press Inc, New York.

Skiner, D. N. 1986. Molting and regeneration, pp. 44-128. *In* D.B. Bliss(ed.). **The Biology of Crustacea. Vol. 9**. Academic Press, New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Smith, C.E. and R.C. Russo. 1975. Nitrite-induced methemoglobinemia in rainbow trout. **Prog. Fish-Clut.** 37: 150-151.

Smith, L.L. and A.L. Lawrence. 1990. Feasibility of penaeid shrimp culture in inland saline groundwater-fed ponds. **Tex. J. Sci**. 42(1): 3–12.

Strickland, J.D.H. and T.R.Parsons. 1972. **A Practical Handbook of Seawater Analysis**. Fisheries Research Board of Canada Bulletin167. Ottawa.

Swingle, H.S. 1969. **Methods of Analysis for Waters, Organic Matter, and Pond Bottom Soils Used in Fisheries Research**. Auburn University, Alabama, USA.

Tantulo, U. and R. Fotedar. 2006. Comparison of growth, osmoregulatory capacity, ionic regulation and organosomatic indics 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.

Tomasso, J.R., B.A. Simco and K.B. Davis. 1979. Chloride inhibition of nitrite-induced methemoglobinemia in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **J. Fish. Res. Board Can**. 36: 1141-1144.

Tseng, W.Y. 1987. **Shrimp Mariculture, A Practical Manual.** Department of Fisheries, The University of Papua New Guinea, Port Moresby, Papua New Guinea.

Trussel, R.P. 1972. The precent un-ionized ammonia in aqueous ammonia solution at different pH levels and temperature. **J. Fish. Res. Board Can**. 29: 1505-1507

Tucker, C. S. and C. E. Boyd. 1985. Water quality, pp. 135-227. *In* C. S. Tucker (ed.). **Channel Catfish Culture**. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, Netherlands.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Wassenbery, T.J. and B. J. Hill. 1987. Natural diet of the tiger prawns *Penaeus esculentus* and *P. semisulcatus.* **Aus. J. Mar. Fresh. Res.** 38: 169-182.

Wedemeyer, G.A., P.M. Fred and L. Smith. 1976. **Diseases of Fish**. Book V. T. F. H. Publication, Inc. Ltd., England.

Wedemeyer, G.A. and W.T. Yasutake. 1977. Clinical methods for the assessment of the effect of environmental stress on fish health. **U.S. Fish. Wildl. Serv. Tech. Pap.** 88. 18 p.

Wickins, J. F. 1985. Ammonia production and oxidation during in culture of marine prawns and lobsters in laboratory System. **Aquac. Eng.**, USA.

Wyban, J., W.A. Walsh and D.M. Godin. 1995. Temperature effects on growth feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture**. 138:267-279.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาววาสนา ไพรสิงห์ขรณ์
เกิดวันที่	23 กันยายน 2529
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์