จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี ๒๕๔๑

เรื่อง

การศึกษาความต้องการทางโภชนาการของกุ้งแชบ๊วย *Penaeus merguiensis* เพื่อพัฒนาระบบการเลี้ยงที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Studies on nutritional requirements of the Banana Shrimp, *Penaeus merguiensis* for developing an environmental-friendly culture system

โดย

พอจำ อรัณยกานนท์
นุดล โมฬี

การศึกษาความต้องการทางโภชนาการของกุ้งแชบ๊วย *Penaeus merguiensis* เพื่อพัฒนาระบบการเลี้ยงที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

พอจำ อรัณยกานนท์ และ นุดล โมฬี

สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง
สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาความต้องการทางโภชนาการของกุ้งแชบ๊วย *Penaeus merguiensis* เพื่อพัฒนาระบบการเลี้ยงที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยทำการทดลองในระบบการทดลองที่สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ทำการทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง การทดลองที่ 1 เป็นการหาความหนาแน่นของกุ้งแชบ๊วยที่เหมาะสม และพบว่า ที่ความหนาแน่น 25 ตัวต่อตารางเมตรเป็นความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้อัตราการเติบโต อัตราการรอดและผลผลิตรวมดีที่สุด การทดลองที่2 เป็นการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนในอาหารกับความถี่ในการให้อาหารว่ามีผลอย่างไรต่ออัตราการเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วย ซึ่งผลปรากฏว่า ระดับโปรตีนไม่มีผลต่ออัตราการเติบโต แต่มีผลต่ออัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วย ในขณะที่ความถี่ในการให้อาหารตั้งแต่ 2 ครั้งต่อวันขึ้นไป ไม่ทำให้ผลของอัตราการเติบโตแตกต่างกัน ความถี่ในการให้อาหารไม่มีผลต่ออัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วย ระดับโปรตีนในอาหารและความถี่ในการให้อาหารไม่มีแรงกระทำร่วมกันต่ออัตราการเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วย การทดลองที่ 3 เป็นการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำกับระดับโปรตีนในอาหารต่ออัตราการเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระดับโปรตีนในอาหารมีผลต่ออัตราการเติบโตแต่ไม่มีผลต่ออัตราการรอด ในขณะที่ อัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำไม่มีผลต่อทั้งอัตราการเติบโตและอัตราการรอด ระดับโปรตีนในอาหารและอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำไม่มีแรงกระทำร่วมกันต่ออัตราการเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วย

คำสำคัญ กุ้งแชบ๊วย อัตราการเติบโต อัตราการรอด ระดับโปรตีนในอาหาร

Studies on nutritional requirements of the Banana Shrimp, *Penaeus merguiensis* for developing an environmental-friendly culture system

Porcham Aranyakananda and Nudol Moree

Sichang Marine Science Research and Training Station

Aquatic Resources Research Institute Chulalongkorn University

Abstract

Nutritional requirements of Banana shrimp, *Penaeus merguiensis* were studied in order to develop an environmental-friendly culture system. Three experiments were designed and conducted using the experimental systems at the Sichang Marine Science Research and Training Station, Aquatic Resources Research Institute, Chulalongkorn University, Chon Buri. The first experiment was done to find the appropriate stocking density of the Banana shrimp. The result indicated that stocking density of 25 shrimp per square meter was the most suitable density due to high growth rate, high survival rate and highest production. The second experiment was conducted to investigate the correlation of dietary protein level and feeding frequency on growth and survival rates of Banana shrimp. The result showed that dietary protein level did not affect growth rate but did affect the survival rate of Banana shrimp while feeding frequency at 2 or more times per day did not affect either growth rate or survival rate. There is no interaction between dietary protein level and feeding frequency on either growth rate or survival rate of banana shrimp. The third experiment was executed to explore the correlation of dietary protein level and water exchange rate on growth and survival rates of Banana shrimp. The data suggested that dietary protein level did affect growth rate but did not affect the survival rate of Banana shrimp while water exchange rate did not affect either growth rate or survival rate. There is no interaction between dietary protein level and water exchange rate on either growth rate or survival rate of banana shrimp.

Keywords: Banana shrimp, growth rate, survival rate, dietary protein level.

คำนิยม

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ บุคลากรของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านเทคนิค และบุคลากรของสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านเอกสาร

ขอขอบคุณ นายสำลี ตัณฑุลวณิชย์ นายสมชาย เวฬุวนารักษ์ นางอรสา เอี่ยมละออ นายภาณุเดช ตัณฑุลวณิชย์ นายทิวา สุขีคูณ และนายอำนาจ วงษ์มณีวรรณ ที่ช่วยทำอาหารให้อาหาร ทำความสะอาดถังทดลอง และเก็บข้อมูล ตลอดการวิจัยครั้งนี้

คณะผู้วิจัย
มิถุนายน 2546

คำอุทิศ

ความดีและกุศลที่เกิดจากการวิจัยครั้งนี้
ขออุทิศให้

นายนุดล โมฬี
ครูปฏิบัติการ 5 และผู้ร่วมวิจัยของโครงการฯ

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
Abstract	ii
คำนิยม	iii
คำอุทิศ	iv
สารบาญ	v
สารบาญตาราง	vi
สารบาญรูป	vii
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
อุปกรณ์และวิธีการ	4
ผลการทดลอง	12
วิจารณ์ผล	17
สรุปผล	21
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก	24

สารบาญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
1	แบบการทดลองที่แสดงหน่วยการทดลองของผลของความหนาแน่นต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย	4
2	แบบการทดลองที่แสดงหน่วยการทดลองของผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย	6
3	ความถี่และเวลาในการให้อาหารกุ้งแชบ๊วยด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ	8
4	แบบการทดลองที่แสดงหน่วยการทดลองของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย	9
5	เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำของหน่วยทดลอง	10
6	ผลการทดลองผลของความหนาแน่นต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย	12
7	ผลการทดลองของผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย	13
8	อัตราการเติบโตจำเพาะ(%ต่อวัน)ของกุ้งแชบ๊วยในการทดลองผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหาร	14
9	อัตราการรอดตาย(%)ของกุ้งแชบ๊วยในการทดลองผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหาร	14
10	ผลการทดลองของผลของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย	15
11	อัตราการเติบโตจำเพาะ(%ต่อวัน)ของกุ้งแชบ๊วยในการทดลองผลของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหาร	16
12	อัตราการรอดตาย(%)ของกุ้งแชบ๊วยในการทดลองผลของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหาร	16
13	จำนวนกุ้งแชบ๊วยเฉลี่ยที่เหลืออยู่ต่อถัง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	17

สารบาญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1	ระบบการทดลองที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ผลของความหนาแน่นต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย	37
2	ระบบการทดลองที่ใช้ในการทดลองที่ 2 ผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย	37
3	ระบบการทดลองที่ใช้ในการทดลองที่ 3 ผลของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย	38

คำนำ

กุ้งขาว (White shrimp) เป็นกุ้งที่นิยมบริโภคกันทั่วโลกและเป็นกุ้งที่ผลิตได้รวมกันมากที่สุดในโลกด้วย แหล่งผลิตกุ้งขาวที่สำคัญของโลกได้แก่ กลุ่มประเทศละตินอเมริกา ซึ่งผลิตกุ้งขาวชนิด *Penaeus vannamei* แต่ผู้ผลิตกุ้งขาวรายใหญ่ที่สุดในโลกก็คือ จีน ซึ่งเป็นกุ้งขาวชนิด *Penaeus chinensis* และสามารถผลิตได้ถึงปีละ 150,000 ตัน แต่ด้วยปัญหาเรื่องโรคระบาดทำให้ผลผลิตกุ้งขาวของจีนในปีที่ผ่านมาลดลงอย่างมากเหลือเพียงปีละ30,000 ตันเท่านั้น (Asian Shrimp News, 1994) แต่ความต้องการของกุ้งขาวในตลาดโลกยังคงสูงอยู่เช่นเดิมจึงเป็นโอกาสทองของประเทศไทยที่จะทำรายได้เข้าประเทศอย่างมหาศาลด้วยการส่งออกกุ้งขาว แต่เนื่องจากสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นประเทศที่นำเข้ากุ้งทะเลรายใหญ่ที่สุดได้ประกาศห้ามนำเข้ากุ้งที่จับจากทะเลด้วยเครื่องมือประมงที่ไม่มีการติดตั้งเครื่องมือแยกเต่าทะเล (Turtle Excluder Device) (ข่าวกุ้ง, 2539) การห้ามนำเข้ากุ้งที่จับจากทะเลนี้ทำให้ประเทศไทยเสียรายได้เข้าประเทศไปปีละกว่า 5,000 ล้านบาท เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายคุ้มครองเต่าทะเลและการทำประมงกุ้งทะเลของไทยยังไม่มีการติดตั้งเครื่องมือดังกล่าว ยิ่งไปกว่านั้น การเลี้ยงกุ้งทะเลก็ยังเจอปัญหาจากกลุ่มอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่กล่าวหาว่า เป็นต้นเหตุของการทำลายป่าชายเลนซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อระบบนิเวศน์ชายฝั่งทะเล (ข่าวกุ้ง, 2539) ซึ่งในอนาคต กุ้งเลี้ยงซึ่งเคยทำรายได้เข้าประเทศปีละกว่า 5 หมื่นล้านบาท ก็คงจะถูกกีดกันทางการค้าด้วยเช่นกัน

กุ้งแชบ๊วย (*Penaeus merguiensis*) เป็นกุ้งขาวชนิดหนึ่งที่พบทั่วไปตลอดแนวชายฝั่งของอ่าวไทยและทะเลอันดามัน มีฤดูวางไข่เกือบตลอดปี การเพาะพันธุ์ใช้แม่กุ้งที่มีไข่แก่จากทะเล ลูกพันธุ์หาได้ง่ายและมีราคาถูก กุ้งแชบ๊วยมีรสชาติดีเป็นที่นิยมบริโภคทั่วไป ถ้ามีขนาดใหญ่ที่เรียกกันว่า "กุ้งวัง" ราคาประมาณกิโลกรัมละ 300-400 บาท และมีราคาสูงกว่ากุ้งกุลาดำเมื่อมีขนาดเท่ากัน สาเหตุที่เรียกกันว่ากุ้งวัง ก็เพราะเป็นการทำนากุ้งแบบอาศัยธรรมชาติ (Extensive culture) ซึ่งใช้พื้นที่ในการผลิตสูง แต่ผลผลิตค่อนข้างต่ำและมักจะนิยมทำในบริเวณป่าชายเลนเนื่องจากอาศัยลูกกุ้งจากธรรมชาติซึ่งตรงกันข้ามกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการพัฒนาอย่างเต็มรูปแบบ (Intensive culture) โดยมีการปล่อยลูกกุ้งที่ได้จากการเพาะพันธุ์ลงในบ่อเลี้ยง และมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มอาหารธรรมชาติ (Natural productivity) รวมทั้งให้อาหารสำเร็จรูป (Pellet) ตลอดจนมีการเติมออกซิเจน (Aeration) ลงในน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้ง อย่างไรก็ตาม วิธีการเลี้ยงแบบพัฒนานี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรทางทะเลซึ่งยังคงเป็นเรื่องที่ยังไม่มีบทสรุปที่เป็นที่พอใจของทุกฝ่าย

ในปัจจุบัน การทำนากุ้งทะเลแบบพัฒนานั้นเป็นการเลี้ยงกุ้งกุลาดำทั้งหมด กุ้งขาวนั้นได้มาจากการจับจากทะเลทั้งสิ้น แต่เนื่องจากปริมาณกุ้งขาวที่จับจากทะเลมีแต่จะลดลงเนื่องจากการทำประมงมากจนเกินไป จึงจำเป็นต้องหันมาผลิตกุ้งขาวด้วยวิธีการเลี้ยงแบบพัฒนา สาเหตุที่กุ้งขาวไม่เหมาะที่จะเลี้ยงในระบบที่พัฒนาแล้วของกุ้งกุลาดำก็เนื่องจากกุ้งขาวมีความไวต่อความเค็มที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้การเลี้ยงกุ้งขาวมีความเสี่ยงสูงเพราะประเทศไทยมีฝนชุกเกือบตลอดปี โดยเฉพาะในภาคใต้ซึ่งเป็นแหล่งเลี้ยงกุ้งที่ใหญ่ที่สุด ในฤดูฝนนั้นความเค็มของน้ำทะเลตามชายฝั่งซึ่งเป็นบริเวณที่ทำนากุ้งจะมีความเค็มต่ำมากทำให้เลี้ยงกุ้งขาวไม่ได้ผลไม่เหมือนกับกุ้งกุลาดำที่มีความทนทานในช่วงกว้างและเลี้ยงได้แม้กระทั่งในน้ำจืด (ข่าวกุ้ง, 2538) นอกจากนี้แล้วกุ้งขาวยังมีความไวต่อพิษของแก๊สไข่เน่า (Hydrogen sulphide) ที่เกิดจากการเน่าเสียของพื้นบ่อซึ่งเป็นผลมาจากการย่อยสลายอาหารสำเร็จรูปที่เหลือเพราะกุ้งกินไม่หมดหรือให้อาหารมากเกินไป (ประมงเศรษฐกิจ, 2536) เกษตรกรเรียกการตายของกุ้งแบบนี้ว่า "กุ้งจมโคลน หรือ กุ้งมุดเลน"

จากโอกาสในทางการค้าเนื่องจากความต้องการของตลาดโลกและวิกฤตในการส่งออกกุ้งทะเลที่ประดังเข้ามาในเวลาเดียวกัน เป็นสาเหตุทำให้มีแรงจูงใจที่จะคิดหาวิธีในการผลิตกุ้งขาวเพื่อที่จะสามารถส่งออกได้โดยไม่ถูกกีดกันทางการค้าและเป็นการทำเกษตรกรรมแบบยั่งยืนด้วย

ในสหรัฐอเมริกา จากการที่กฎหมายสิ่งแวดล้อมคุมเข้มในเรื่องของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ จึงทำให้มีการวิจัยอย่างมากมายและได้ประสบความสำเร็จในการเลี้ยงกุ้งขาว (*Penaeus vannamei*) ในบ่อที่ปูด้วยวัสดุ PolyEthylene โดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำด้วยการใช้อาหารที่มีโปรตีนเพียง 20% (Hopkins et al, 1995) ตามที่ได้มีการวิจัยในห้องทดลองว่า กุ้งขาวชนิดนี้มีความต้องการโปรตีนเพียง 15% ถ้าได้รับอาหารบ่อยครั้งอย่างพอเพียง (Aranyakananda and Lawrence, 1993) แต่เนื่องจากสภาพอากาศที่มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะกับการเลี้ยงกุ้งทะเลในอเมริกาสั้นมากเพียง 6 เดือนใน 1 ปี (Sandifer et al, 1988) จึงทำให้มีการวิจัยระบบการเลี้ยงแบบที่ไม่มีการเปลี่ยนน้ำภายในเรือนกระจก (Reid and Arnold, 1992) เพื่อที่จะทำให้สามารถเลี้ยงกุ้งได้ตลอดปี ผลจากการวิจัยยังได้แสดงให้เห็นว่ากุ้งขาวชนิดนี้สามารถเติบโตได้ดีในบ่อเลี้ยงที่มีพื้นเรียบปราศจากอนุภาคของดินและทราย (Bray and Lawrence, 1993)

การวิจัยเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยในประเทศไทยมีไม่มากนัก เนื่องจากส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญกับกุ้งกุลาดำมากกว่า สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง ได้ประสบความสำเร็จในการเพาะพันธุ์กุ้งแชบ๊วยในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด (Menasveta et al, 1989) แต่การเลี้ยงให้ได้ขนาดที่ตลาดต้องการในระบบปิดยังไม่ได้มีการ

ทดลอง ได้มีการนำเอาพลาสติคมาปูพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในประเทศไทยได้ผลดีแต่ก็มีข้อเสียที่มีรอยรั่วตรงท่อระบายน้ำทิ้งและต้นทุนสูงมาก (Asian Shrimp News, 1994) ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะต่อการเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยเพราะจะทำให้สภาพพื้นบ่อดีกว่าบ่อดินทั่วไปเนื่องจากการเน่าเสียของอาหารที่กุ้งกินไม่หมดจะลดลงเนื่องจากสามารถกำจัดออกได้ง่ายกว่า (Avnimelech, 1995) แต่ปัญหาใหญ่อีกประการในการที่จะเลี้ยงกุ้งโดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำก็คือการกำจัดของเสียที่กุ้งขับออกมาในรูปของแอมโมเนียที่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นพิษต่อกุ้งเอง จากการวิจัยพบว่ากุ้งจะขับแอมโมเนียที่ละลายน้ำออกมามากขึ้นตามปริมาณของโปรตีนในอาหารที่ได้รับ (Rosas et al, 1996) นอกจากนี้ ยังพบว่า 90% ของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในบ่อกุ้งมาจากอาหารที่ใช้เลี้ยง ดังนั้นการเปลี่ยนน้ำสามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกไปถึง 50% (Lin and Muthuwan, 1995) การใช้จุลินทรีย์ (Effective micro-organisms)ในการจำกัดของเสียในบ่อกุ้งยังไม่มีความคุ้มทุนเนื่องจากมีราคาแพงมาก (Asian Shrimp News, 1993) ได้มีการกำจัดของเสียในน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งโดยนำเอาไปใช้รดพืชจำพวกผักและผลไม้ก่อนที่จะเวียนกลับมาใช้เลี้ยงกุ้งอีก (Alder et al, 1996) ได้ผลเป็นที่น่าพอใจเพราะเป็นการใช้ประโยชน์จากของเสียที่ต้องการกำจัดให้กลายเป็นผลผลิตทางเกษตรที่ทำรายได้เพิ่มขึ้นอีกด้วย

จากการสำรวจเอกสารจะเห็นว่า การศึกษาทางโภชนาการเป็นตัวชี้นำไปสู่ความสำเร็จของการเลี้ยงกุ้งขาวโดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำ เนื่องจากโปรตีนถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตไม่มีเหลือที่จะกำจัดทิ้ง ทำให้มีข้อได้เปรียบ 2 ประการคือ ลดต้นทุนของอาหาร (โปรตีนต่ำกว่าจะมีราคาถูกกว่า) และไม่ต้องเปลี่ยนน้ำเพื่อกำจัดของเสียที่กุ้งขับออกมา (ประหยัดพลังงานในการสูบน้ำ) นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์จากน้ำเลี้ยงกุ้งในการเพาะปลูกผักและผลไม้ซึ่งเป็นระบบกำจัดของเสียที่มีต้นทุนถูกกว่าการใช้จุลินทรีย์ด้วย อาศัยแนวทางดังกล่าวทำให้การพัฒนาระบบการเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก็น่าจะมีความเป็นไปได้สูง นอกจากนี้ ระบบที่พัฒนาขึ้นยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดอื่นๆอีกด้วย

วัตถุประสงค์

ศึกษาความต้องการทางโภชนาการของกุ้งแชบ๊วยเพื่อพัฒนาระบบการเลี้ยงที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นการทำเกษตรกรรมแบบยั่งยืน และทำให้กุ้งแชบ๊วยเป็นสินค้าส่งออกที่ไม่ถูกกีดกันทางการค้า ด้วยสาเหตุจากการอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลและสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาผลของความหนาแน่นต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

ดำเนินการทดลองผลของความหนาแน่นต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วยด้วยการเปรียบเทียบอัตราการเติบโตและอัตราการรอด ในระยะเวลา 63 วัน โดยออกแบบการทดลองเป็น Complete Randomized Design with 1 way classification ซึ่งมี 6 หน่วยการทดลอง (Treatment) และแต่ละหน่วยการทดลองมี 5 ซ้ำ (Replication) ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบการทดลองที่แสดงหน่วยการทดลองของผลของความหนาแน่นต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

หน่วยทดลองที่	ความหนาแน่น (ตัวต่อตารางเมตร)	จำนวนตัวต่อถัง
1	5	1
2	25	5
3	50	10
4	75	15
5	100	20
6	150	30

1.1 ระบบการทดลอง

สถานที่ทำการทดลองอยู่ที่สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง ซึ่งเป็นสถานีวิจัยของสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระบบการทดลองประกอบด้วยถังพลาสติกขนาดความจุ 120 ลิตร แต่ใส่น้ำเพียง 90 ลิตร พื้นที่ก้นถังเท่ากับ 0.2 ตารางเมตร จำนวน 30 ใบ (รูปที่ 1) วางเรียงกัน 6 แถวๆละ 5 ใบ โดยทั้งระบบอยู่ในบ่อคอนกรีตขนาด 4x7 เมตร ซึ่งมีหลังคาสังกะสีคลุมกันแดดและฝน น้ำทะเลที่ใช้สูบขึ้นมาจากอ่าวหน้าสถานีวิจัยฯแล้วผ่านการกรองด้วยบ่อกรองทรายแล้วไหลลงมาเก็บในบ่อพักน้ำขนาด 100 ตัน หลังจากนั้น จึงถูกสูบด้วย

เครื่องสูบน้ำไฟฟ้าเพื่อจ่ายน้ำทะเลเข้าสู่ระบบทดลอง ถังทดลองแต่ละใบจะได้รับน้ำทะเลพร้อมกันจากด้านบนและไหลออกทางด้านล่างอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการไหล 0.67 ลิตรต่อนาที ซึ่งเท่ากับมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 11 รอบต่อวัน การให้อากาศในแต่ละถังก็เป็นแบบต่อเนื่องโดยผ่านหัวทรายขนาดเล็ก ระบบให้อากาศดำเนินการด้วยเครื่องให้อากาศแบบ Rotary Blower

1.2 สัตว์ทดลอง

นำแม่พันธุ์กุ้งแชบ๊วยที่มีไข่แก่ (ระยะที่ 4) ซึ่งซื้อจากชาวประมงที่ทำการวางอวนจับพ่อแม่พันธุ์กุ้งแชบ๊วยบริเวณหน้าหาดศรีราชา จ.ชลบุรี มาใส่ในถังพลาสติกสีดำ ขนาดความจุ 500 ลิตร เพื่อให้วางไข่ โดยใส่น้ำทะเล 300 ลิตรและให้อากาศเบาๆ แม่กุ้งจะวางไข่ในเวลากลางคืน เมื่อแม่กุ้งวางไข่ในถังแล้วก็นำแม่กุ้งออกจากถัง และทำการรวบรวมไข่ไปฟักในถังไฟเบอร์กลาสทรงกลมที่มีก้นถังเป็นรูปกรวย เมื่อไข่ฟักเป็นระยะ Nauplius ก็รอให้พัฒนาเข้าสู่ระยะ Zoea แล้วจึงให้สาหร่าย *Chaetoceros* spp. จนกระทั่งเข้าระยะ Mysis จึงให้ตัวอ่อนเพิ่งฟักจากไข่ของไรน้ำสีน้ำตาล (*Artemia salina*) จนกระทั่งเข้าระยะ Postlarva และให้ตัวอ่อนไรน้ำสีน้ำตาลต่อไปอีก 15 วัน หลังจากนั้นก็ย้ายกุ้งออกไปเลี้ยงในบ่อคอนกรีตขนาด 3x7x2 เมตร แล้วจึงเริ่มให้อาหารสำเร็จรูป และอนุบาลต่อไปอีก 30 วัน ก็จะได้กุ้งแชบ๊วยขนาดที่เหมาะสำหรับทำการทดลอง

1.3 การดำเนินการทดลอง

ทำการคัดขนาดกุ้งแชบ๊วยให้มีขนาดใกล้เคียงกันมากที่สุด ทำการนับจำนวนและชั่งน้ำหนักรวมไว้ของแต่ละถังทดลองตามความหนาแน่น ให้อาหารสำเร็จรูป (อาหารกุ้งกุลาดำที่มีขายทั่วไป มีโปรตีน 40%) วันละ 3 มื้อ เวลา 0900 น. 1500 น. และ 2100น. ปริมาณอาหารที่ให้เริ่มต้นที่ 10% ของน้ำหนักตัวรวมของกุ้งในแต่ละถังทดลอง หลังจากนั้นปรับปริมาณอาหารตามจำนวนอาหารที่เหลือในแต่ละวันโดยอาหารจะต้องมีเหลือทุกวันเมื่อถึงเวลาทำความสะอาดถังทดลอง เพื่อป้องกันอาหารไม่พอและปัญหากุ้งกินกันเอง ทำการดูดตะกอนอาหารเหลือทุกวัน เวลา 0800 น. เมื่อดำเนินการทดลองครบ 63 วัน ทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของกุ้งแต่ละตัวในทุกถังทดลอง

1.4 การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลในระบบการทดลองทุกวัน เมื่อเวลา 13.00 น. โดยการสุ่มตัวอย่างจากถังทดลองวันละ 1 ถัง วัดค่าอุณหภูมิน้ำโดยใช้ Thermometer วัดความเค็มโดยใช้ Salinity hand refractometer และวัดปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดในน้ำด้วยเครื่องมือแบบ Test Kit

1.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทดสอบความไม่แตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยการทดลอง (Test of equality of treatment means) ด้วยวิธี One way Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

2. การศึกษาผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

ดำเนินการทดลองผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วยด้วยการเปรียบเทียบอัตราการเติบโตและอัตราการรอด ในระยะเวลา 49 วัน โดยออกแบบการทดลองเป็น 2x5 Factorial experiment (2 way classification) ซึ่งมีทั้งหมด 10 หน่วยการทดลอง (Treatment) และแต่ละหน่วยการทดลองมี 3 ซ้ำ (Replication) ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แบบการทดลองที่แสดงหน่วยการทดลองของผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

ความถี่การให้อาหาร (ครั้งต่อวัน)	ระดับโปรตีนในอาหาร	
	40%	20%
1	I	VI
2	II	VII
3	III	VIII
4	IV	IX
5	V	X

2.1 ระบบการทดลอง

สถานที่ทำการทดลองอยู่ที่สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง ซึ่งเป็นสถานีวิจัยของสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระบบการทดลองประกอบด้วยถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 100 ลิตร มีพื้นที่ก้นถังเท่ากับ 0.2 ตารางเมตร จำนวน 30 ใบ (รูปที่ 2 โดยทั้งระบบอยู่ในอาคารปฏิบัติการขนาด 10x10x4 เมตร เหนือถังทดลองแต่ละใบมีเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ (Double A Brand) ติดตั้งอยู่ซึ่งสามารถตั้งความถี่การให้อาหารได้ตั้งแต่ 1 ถึง 16 ครั้งต่อวัน น้ำทะเลที่ใช้สูบขึ้นมาจากอ่าวหน้าสถานีวิจัยฯแล้วผ่านการกรองด้วยบ่อกรองทรายและไหลลงมาเก็บในบ่อพักน้ำขนาด 100 ตัน หลังจากนั้น จึงถูกสูบด้วยเครื่องสูบน้ำไฟฟ้าเพื่อจ่ายน้ำทะเลเข้าสู่ระบบทดลอง ถังทดลองแต่ละใบจะได้รับน้ำทะเลพร้อมกันจากด้านบนและไหลออกทางด้านล่างอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตราการไหล 0.67 ลิตรต่อนาที ซึ่งเท่ากับมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 11 รอบต่อวัน การให้อากาศในแต่ละถังก็เป็นแบบต่อเนื่องโดยผ่านหัวทรายขนาดเล็กและระบบให้อากาศดำเนินการด้วยเครื่องให้อากาศแบบ Rotary Blower

2.2 สัตว์ทดลอง

นำแม่พันธุ์กุ้งแชบ๊วยที่มีไข่แก่ (ระยะที่ 4) ซึ่งซื้อจากชาวประมงที่ทำการวางอวนจับพ่อแม่พันธุ์กุ้งแชบ๊วยบริเวณหน้าหาดศรีราชา จ.ชลบุรี มาใส่ในถังพลาสติกสีดำ ขนาดความจุ 500 ลิตร เพื่อให้วางไข่ โดยใส่น้ำทะเล 300 ลิตรและให้อากาศเบาๆ แม่กุ้งจะวางไข่ในเวลากลางคืน เมื่อแม่กุ้งวางไข่ในถังแล้วก็นำแม่กุ้งออกจากถัง และทำการรวบรวมไข่ไปฟักในถังไฟเบอร์กลาสทรงกลมที่มีก้นถังเป็นรูปกรวย เมื่อไข่ฟักเป็นระยะ Nauplius ก็รอให้พัฒนาเข้าสู่ระยะ Zoea แล้วจึงให้สาหร่าย *Chaetoceros* spp. จนกระทั่งเข้าระยะ Mysis จึงให้ตัวอ่อนเพิ่งฟักจากไข่ของไรน้ำสีน้ำตาล (*Artemia salina*) จนกระทั่งเข้าระยะ Postlarva และให้ตัวอ่อนไรน้ำสีน้ำตาลต่อไปอีก 15 วัน หลังจากนั้นก็ย้ายกุ้งออกไปเลี้ยงในบ่อคอนกรีตขนาด 3x7x2 เมตร จึงเริ่มให้อาหารสำเร็จรูป และอนุบาลต่อไปอีก 30 วัน ก็จะได้กุ้งแชบ๊วยขนาดที่เหมาะสำหรับทำการทดลอง

2.3 การดำเนินการทดลอง

ทำการคัดขนาดกุ้งแชบ๊วยให้มีขนาดใกล้เคียงกันมากที่สุดแล้วสุ่มคัดกุ้งจำนวน 5 ตัวลงในแต่ละถังทดลอง แล้วชั่งน้ำหนักรวมไว้ของแต่ละถังทดลอง อาหารที่ใช้ทดลองทำขึ้นเองตามสูตรและวิธีการเตรียมในภาคผนวก (ตารางผนวกที่ 1) ความถี่การให้อาหารทำโดยการใส่อาหารไว้ตามช่องใส่อาหารของเครื่องให้อาหารอัตโนมัติเพื่อที่จะให้กุ้งได้รับอาหารตามตารางเวลาที่วางไว้ (ตารางที่ 3) ปริมาณอาหารที่ให้เริ่มต้นที่ 10% ของน้ำหนักตัวรวมของกุ้งในแต่ละถังทดลอง หลังจากนั้นปรับปริมาณอาหารตามจำนวนอาหารที่เหลือในแต่ละวันโดยอาหารจะต้องมีเหลือทุกวันเมื่อถึงเวลาทำความสะอาดถังทดลอง เพื่อป้องกันอาหารไม่พอและปัญหากุ้งกินกันเอง ทำการดูดตะกอนอาหารเหลือทุกวันเวลา 0800 น. และเมื่อดำเนินการทดลองครบ 49 วัน ทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของกุ้งแต่ละตัวในทุกถังทดลอง

ตารางที่ 3 ความถี่และเวลาในการให้อาหารกุ้งแชบ๊วยด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ

ความถี่การให้อาหาร (ครั้งต่อวัน)	เวลาที่ให้อาหาร (น.)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
1	0900				
2	0900	2100			
3	0900	1700	0100		
4	0900	1500	2100	0300	
5	0900	1400	1900	2400	0500

2.4 การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลในระบบการทดลองทุกวัน เมื่อเวลา 13.00 น. โดยการสุ่มตัวอย่างจากถังทดลองวันละ 1 ถัง วัดค่าอุณหภูมิน้ำโดยใช้ Thermometer วัดความเค็มโดยใช้ Salinity hand refractometer และวัดปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดในน้ำด้วยเครื่องมือแบบ Test Kit

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทดสอบความไม่แตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยการทดลอง (Test of equality of treatment means) ด้วยวิธี Two way Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

3. การศึกษาผลของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

ดำเนินการทดลองผลของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วยด้วยการเปรียบเทียบอัตราการเติบโตและอัตราการรอด ในระยะเวลา 49 วัน โดยออกแบบการทดลองเป็น 2x4 Factorial experiment (2 way classification) ซึ่งมีทั้งหมด 8 หน่วยการทดลอง (Treatment) และแต่ละหน่วยการทดลองมี 5 ซ้ำ (Replication) ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แบบการทดลองที่แสดงหน่วยการทดลองของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

อัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (%ต่อวัน)	ระดับโปรตีนในอาหาร	
	40%	20%
10	I	V
25	II	VI
50	III	VII
100	IV	VIII

3.1 ระบบการทดลอง

สถานที่ทำการทดลองอยู่ที่สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง ซึ่งเป็นสถานีวิจัยของสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระบบการทดลองประกอบด้วยถังพลาสติกขนาด

ความจุ 120 ลิตร แต่ปริมาตรน้ำที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 90 ลิตร และมีพื้นที่ก้นถังเท่ากับ 0.2 ตารางเมตร จำนวน 40 ใบ (รูปที่ 3) วางเรียงกัน 4 แถวๆ ละ 10 ใบ โดยทั้งระบบอยู่ในบ่อคอนกรีตขนาด 4x7 เมตร ซึ่งมีหลังคาสังกะสีคลุมกันแดดและฝน น้ำทะเลที่ใช้สูบขึ้นมาจากอ่าวหน้าสถานีวิจัยฯ แล้วผ่านการกรองด้วยบ่อกรองทรายแล้วไหลลงมาเก็บในบ่อพักน้ำขนาด 100 ตัน หลังจากนั้น จึงถูกสูบด้วยเครื่องสูบน้ำไฟฟ้าเพื่อจ่ายน้ำทะเลเข้าสู่ระบบทดลอง ถังทดลองแต่ละใบจะได้รับน้ำทะเลพร้อมกันจากด้านบนและไหลออกทางด้านล่างอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตราการไหล 0.67 ลิตรต่อนาที เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำของหน่วยทดลองเป็นไปตามตารางที่ 5 การให้อากาศในแต่ละถังก็เป็นแบบต่อเนื่องโดยผ่านหัวทรายขนาดเล็กและระบบให้อากาศดำเนินการด้วยเครื่องให้อากาศแบบ Rotary Blower

ตารางที่ 5 เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำของหน่วยทดลอง

อัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (%)	ปริมาตรน้ำในการทดลอง (ลิตร)	อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)	เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (นาที)
10	90	0.67	13
25	90	0.67	34
50	90	0.67	67
100	90	0.67	135

3.2 สัตว์ทดลอง

นำแม่พันธุ์กุ้งแชบ๊วยที่มีไข่แก่ (ระยะที่ 4) ซึ่งซื้อจากชาวประมงที่ทำการวางอวนจับพ่อแม่พันธุ์กุ้งแชบ๊วยบริเวณหน้าหาดศรีราชา จ.ชลบุรี มาใส่ในถังพลาสติกสีดำ ขนาดความจุ 500 ลิตร เพื่อให้วางไข่ โดยใส่น้ำทะเล 300 ลิตรและให้อากาศเบาๆ แม่กุ้งจะวางไข่ในเวลากลางคืน เมื่อแม่กุ้งวางไข่ในถังแล้วก็นำแม่กุ้งออกจากถัง และทำการรวบรวมไข่ไปฟักในถังไฟเบอร์กลาสทรงกลมที่มีก้นถังเป็นรูปกรวย เมื่อไข่ฟักเป็นระยะ Nauplius ก็รอให้พัฒนาเข้าสู่ระยะ Zoea แล้วจึงให้สาหร่าย *Chaetoceros* spp. จนกระทั่งเข้าระยะ Mysis จึงให้ตัวอ่อนเพิ่งฟักจากไข่ของไรน้ำสีน้ำตาล (*Artemia salina*) จนกระทั่งเข้าระยะ Postlarva และให้ตัวอ่อนไรน้ำสีน้ำตาลต่อไปอีก 15 วัน หลัง

จากนั้นก็ย้ายกุ้งออกไปเลี้ยงในบ่อคอนกรีตขนาด 3x7x2 เมตร แล้วจึงเริ่มให้อาหารสำเร็จรูป และอนุบาลต่อไปอีก 30 วัน ก็จะได้กุ้งแชบ๊วยขนาดที่เหมาะสำหรับทำการทดลอง

3.3 การดำเนินการทดลอง

ทำการคัดขนาดกุ้งแชบ๊วยให้มีขนาดใกล้เคียงกันมากที่สุดแล้วสุ่มคัดกุ้งจำนวน 5 ตัวลงในแต่ละถังทดลอง แล้วชั่งน้ำหนักรวมไว้ของแต่ละถังทดลอง อาหารที่ใช้ทดลองทำขึ้นเองตามสูตรและวิธีการเตรียมในภาคผนวก (ตารางผนวกที่ 1) ให้อาหารวันละ 3 มื้อ เวลา 0900น. 1500น. และ 2100น. ปริมาณอาหารที่ให้เริ่มต้นที่ 10% ของน้ำหนักตัวรวมของกุ้งในแต่ละถังทดลอง หลังจากนั้นปรับปริมาณอาหารตามจำนวนอาหารที่เหลือในแต่ละวัน โดยอาหารจะต้องมีเหลือทุกวันเมื่อถึงเวลาทำความสะอาด เพื่อป้องกันอาหารไม่พอและปัญหากุ้งกินกันเอง ทำการดูดตะกอนอาหารเหลือทุกวันเวลา 0800 น. เมื่อดำเนินการทดลองครบ 56 วัน ทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของกุ้งแต่ละตัวในทุกถังทดลอง

3.4 การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลในระบบการทดลองทุกวัน เมื่อเวลา 13.00 น. โดยการสุ่มตัวอย่างจากถังทดลองวันละ 1 ถัง วัดค่าอุณหภูมิน้ำโดยใช้ Thermometer วัดความเค็มโดยใช้ Salinity hand refractometer และวัดปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดในน้ำด้วยเครื่องมือแบบ Test Kit

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทดสอบความไม่แตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยการทดลอง (Test of equality of treatment means) ด้วยวิธี Two way Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

ผลการทดลอง

1. การศึกษาผลของความหนาแน่นต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 6 กุ้งแชบ๊วยในหน่วยการทดลองซึ่งมีความหนาแน่นต่ำที่สุด (5 ตัวต่อตารางเมตร) มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยและความยาวสุดท้ายเฉลี่ยสูงที่สุด แต่กุ้งแชบ๊วยที่ความหนาแน่น 25 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม อัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของกุ้งแชบ๊วยในทุกความหนาแน่นที่ทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางผนวกที่ 2) อัตราการรอดเฉลี่ยของกุ้งแชบ๊วยที่ความหนาแน่น 5 ตัวต่อตารางเมตรสูงที่สุดเท่ากับ100% และไม่แตกต่างจากอัตราการรอดเฉลี่ยของกุ้งแชบ๊วยที่ความหนาแน่น 25 ตัวต่อตารางเมตร แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการรอดเฉลี่ยของกุ้งแชบ๊วยที่ความหนาแน่นที่สูงกว่าทั้ง 4 ระดับ อัตราการรอดเฉลี่ยของกุ้งแชบ๊วยที่ความหนาแน่นสูงกว่า 100 ตัวต่อตารางเมตรมีค่าต่ำกว่า 50%

ตารางที่ 6 ผลการทดลองผลของความหนาแน่นต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

	ความหนาแน่น (ตัวต่อตารางเมตร)					
	5	25	50	75	100	150
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	1.18±0.15	0.96±0.12	0.84±0.03	0.86±0.01	0.87±0.02	0.96±0.02
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	5.54±0.32	4.73±0.84	3.79±0.39	3.72±0.35	3.23±0.35	3.74±0.60
ความยาวสุดท้าย(ซม.)	9.0±0.34	8.4±0.4	7.5±0.2	7.5±0.3	7.3±0.3	7.6±0.3
อัตราการเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	2.47±0.26	2.51±0.38	2.39±0.19	2.32±0.16	2.08±0.15	2.15±0.23
อัตราการรอด (%)	100±0^{a}	96±8.9^{a}	72±13^{b}	60±13^{b}	46±6.5^{c}	35±8.7^{c}

2.การศึกษาผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 7 กุ้งแชบ๊วยในหน่วยการทดลองซึ่งได้รับอาหารที่มีโปรตีน 40% ในความถี่ 3 ครั้งต่อวัน มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยและความยาวสุดท้ายเฉลี่ยสูงที่สุด ในขณะที่กุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 20%ในความถี่ 1 ครั้งต่อวันมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยและความยาวสุดท้ายเฉลี่ยต่ำที่สุด

กุ้งแชบ๊วยในหน่วยการทดลองซึ่งได้รับอาหารที่มีโปรตีน 40% ในความถี่ 3 ครั้งต่อวัน มีอัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงที่สุด (ตารางที่ 8) ในขณะที่กุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 40% และ 20% ในความถี่ 1 ครั้งต่อวัน มีอัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ยต่ำกว่ากุ้งแชบ๊วยในหน่วยการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ

อัตราการรอดเฉลี่ยของกุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 40% ทุกความถี่การให้อาหาร มีค่าต่ำกว่าอัตราการรอดเฉลี่ยของกุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 20% ทุกความถี่การให้อาหารอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 9) อัตราการรอดเฉลี่ยของกุ้งแชบ๊วยสูงที่สุดเมื่อได้รับอาหารที่มีโปรตีน 20% วันละ 2 ครั้ง ในขณะที่กุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 40% ในความถี่ 4 ครั้งต่อวัน มีอัตราการรอดเฉลี่ยต่ำที่สุด

ระดับโปรตีนในอาหารและความถี่การให้อาหารไม่มีแรงกระทำร่วมกัน (interaction) ต่ออัตราการเติบโตจำเพาะและอัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วย (ตารางผนวกที่ 3)

ตารางที่ 7 ผลการทดลองของผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

ระดับโปรตีนในอาหาร (%)	ความถี่การให้อาหาร (ครั้งต่อวัน)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ความยาวสุดท้าย (ซม.)
40	1	2.04±0.07	2.55±0.33	7.52±0.22
40	2	2.03±0.08	3.05±0.48	7.97±0.55
40	3	2.00±0.05	3.92±0.32	8.52±0.27
40	4	1.99±0.03	3.43±0.46	8.52±0.74
40	5	2.03±0.04	3.27±0.20	8.23±0.15
20	1	1.99±0.14	2.35±0.21	7.00±0.10
20	2	1.98±0.14	2.98±0.26	7.77±0.21
20	3	2.05±0.06	2.91±0.45	7.93±0.38
20	4	2.05±0.12	3.4±0.13	8.07±0.25
20	5	1.98±0.16	3.32+0.22	8.17+0.32

ตารางที่ 8 อัตราการเติบโตจำเพาะ(%ต่อวัน) ของกุ้งแชบ๊วยในการทดลองผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหาร

ระดับโปรตีน (%)	ความถี่การให้อาหาร (ครั้งต่อวัน)					
	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
40	0.44±0.22	0.82±0.27	1.37±0.21	1.11±0.23	0.97±0.12	0.942
20	0.33±0.28	0.83±0.28	0.75±0.34	1.03±0.08	1.05±0.30	0.798
เฉลี่ย	0.385[b]	0.825[a]	1.057[a]	1.062[a]	1.010[a]	

ตารางที่ 9 อัตราการรอดตาย (%) ของกุ้งแชบ๊วยในการทดลองผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหาร

ระดับโปรตีน (%)	ความถี่การให้อาหาร (ครั้งต่อวัน)					
	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
40	60±20	47±31	53±12	30±10	47±31	48.57[a]
20	80±20	87±23	60±20	73±25	73±12	74.67[b]
เฉลี่ย	70	67	56.5	51.5	60	

3. การศึกษาผลของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 10 กุ้งแชบ๊วยในหน่วยการทดลองซึ่งได้รับอาหารที่มีโปรตีน 40% และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำวันละ10% มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยต่ำที่สุด ในขณะที่กุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 20% และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำวันละ 50% มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยสูงที่สุด

กุ้งแชบ๊วยในหน่วยการทดลองซึ่งได้รับอาหารที่มีโปรตีน 20% ทุกอัตราการเปลี่ยนน้ำ มีอัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงกว่ากุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 40% ทุกอัตราการเปลี่ยนน้ำ อย่างมีนัยสำคัญอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 11)

อัตราการรอดเฉลี่ยของกุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 40% ทุกอัตราการเปลี่ยนน้ำ มีค่าไม่แตกต่างจากอัตราการรอดเฉลี่ยของกุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 20% ทุกอัตราการเปลี่ยนน้ำ (ตารางที่ 12)

ระดับโปรตีนในอาหารและอัตราการเปลี่ยนน้ำไม่มีแรงกระทำร่วมกัน (interaction) ต่ออัตราการเติบโตจำเพาะและอัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วย (ตารางผนวกที่ 4)

ตารางที่ 10 ผลการทดลองของผลของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

ระดับโปรตีนในอาหาร (%)	อัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (%)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ความยาวสุดท้าย (ซม.)
40	10	1.63±0.04	2.14±0.26	6.61±0.18
40	25	1.61±0.07	2.23±0.22	6.23±0.16
40	50	1.60±0.05	2.40±0.20	6.54±0.40
40	100	1.56±0.03	2.27±0.16	6.33±0.16
20	10	1.58±0.05	2.54±0.21	6.94±0.11
20	25	1.58±0.07	2.55±0.19	6.57±0.24
20	50	1.61±0.05	2.68±0.35	6.85±0.36
20	100	1.59±0.06	2.54±0.23	6.60±0.11

ตารางที่ 11 อัตราการเติบโตจำเพาะ(%ต่อวัน) ของกุ้งแชบ๊วยในการทดลองผลของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหาร

ระดับโปรตีน (%)	อัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (%ต่อวัน)				
	10	25	50	100	เฉลี่ย
40	0.48±0.20	0.58±0.20	0.72±0.12	0.66±0.14	0.61[a]
20	0.84±0.12	0.85±0.16	0.90±0.23	0.83±0.13	0.86[b]
เฉลี่ย	0.66	0.71	0.81	0.75	

ตารางที่ 12 อัตราการรอดตาย (%) ของกุ้งแชบ๊วยในการทดลองผลของอัตราการเปลี่ยนน้ำและระดับโปรตีนในอาหาร

ระดับโปรตีน (%)	อัตราการเปลี่ยนน้ำ (%ต่อวัน)				
	10	25	50	100	เฉลี่ย
40	88±18	88±11	80±20	76±17	83
20	80±0	84±17	92±11	80±0	84
เฉลี่ย	84	86	86	78	

วิจารณ์ผล

1. การศึกษาผลของความหนาแน่นต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

ถึงแม้ว่าอัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของกุ้งแชบ๊วยในทุกความหนาแน่นทดลองจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจากความหนาแน่นต่ำไปสูความหนาแน่นที่สูงขึ้น เหตุที่อัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของกุ้งแชบ๊วยในทุกความหนาแน่นที่ทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ น่าจะเป็นผลของอัตราการรอดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการที่กุ้งกินกันเอง จะได้รับสารอาหารนอกเหนือจากอาหารสำเร็จรูปที่ให้ และกุ้งตัวเล็กอาจจะถูกกินจนเหลือแต่กุ้งตัวโตๆ นอกจากนี้ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการรอดของกุ้งที่เลี้ยงในความหนาแน่นสูงๆมีค่าต่ำมาก (<50%) จึงทำให้จำนวนตัวที่เหลืออยู่ต่อถังทดลองไม่แตกต่างกันมากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 จำนวนกุ้งแชบ๊วยเฉลี่ยที่เหลืออยู่ต่อถัง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

	ความหนาแน่น (จำนวนตัวต่อถังทดลอง)					
การทดลอง	5	25	50	75	100	150
เมื่อเริ่มต้น	1	5	10	15	20	30
เมื่อสิ้นสุด	1	5	7	9	9	10

ถึงแม้ว่า ที่ความหนาแน่น 5 ตัวต่อตารางเมตร (1 ตัวต่อถังทดลอง) จะให้ผลอัตราการรอดเป็น 100 % ก็ตาม ในทางปฏิบัติ(เชิงพาณิชย์) อาจไม่คุ้มค่าการลงทุนและเวลาที่ใช้ แต่การนำไปประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบการทดลองทางโภชนาการต่อไป มีศักยภาพสูงมากเพราะผลการทดลองที่ได้รับจะไม่มีผลกระทบมาจากอัตราการรอดที่แตกต่างกัน ทำให้การวัดผลแม่นยำและเชื่อถือได้

ความหนาแน่นที่ให้ผลลัพท์ในภาพรวมดีที่สุด น่าจะเป็นความหนาแน่นที่ 25 ตัวต่อตารางเมตร เนื่องจากมีอัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงที่สุดและมีอัตราการรอดเฉลี่ยสูงกว่า 90% ส่งผลให้มีผลผลิต(มวลรวม)สูงที่สุดด้วย

ประเด็นที่น่าสนใจจากผลการทดลองครั้งนี้คือ ถ้าการทดลองดำเนินต่อไปอีกระยะหนึ่ง จะทำให้อัตราการเติบโตจำเพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

ภาพรวมของผลการศึกษาครั้งนี้ สอดคล้องกับการศึกษาของผู้วิจัยหลายกลุ่มที่ได้รายงานไว้ว่า อัตราการเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วยจะแปรผกผันกับความหนาแน่น (สกนธ์และคณะ,2530 วิเชียรและคณะ,2536 ฐานันดร์และคณะ,2542)

2.การศึกษาผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

ระดับโปรตีนในอาหาร(40%และ20%)ไม่มีผลต่ออัตราการเติบโตจำเพาะของกุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารในความถี่ที่เท่ากัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากอัตราการรอดที่แตกต่างกันระหว่างกุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่างกัน แต่ความถี่การให้อาหารมีผลต่ออัตราการเติบโตจำเพาะของกุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกันทั้งสองระดับ จากผลการทดลองพบว่า ความถี่การให้อาหารวันละ 1 ครั้ง ไม่เพียงพอที่จะทำให้กุ้งแชบ๊วยเติบโตได้ดี ไม่ว่าอาหารที่ได้รับจะมีโปรตีนสูงหรือต่ำ แต่ถ้ากุ้งแชบ๊วยได้รับอาหารอย่างน้อยวันละ 2 ครั้งขึ้นไป ก็จะมีอัตราการเติบโตไม่แตกต่างกันถึงแม้ว่าอาหารที่ได้รับจะมีระดับโปรตีนแตกต่างกันก็ตาม

อัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำกว่ากลับสูงกว่าอัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนสูง อาจเนื่องมาจากกุ้งที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงอาจมีการลอกคราบบ่อยกว่า จึงมีโอกาสในการกินกันเองมากกว่า แต่จะไม่เหมือนในกรณีของการทดลองที่ 1 ซึ่งความหนาแน่นเริ่มต้นของกุ้งในแต่ละชุดการทดลองไม่เท่ากัน แต่ในการทดลองนี้ ความหนาแน่นเท่ากันหมด และเป็นความหนาแน่นที่มาจากผลของการทดลองที่ 1 คือ 25 ตัวต่อตารางเมตร ในขณะที่ ความถี่การให้อาหารไม่มีผลต่ออัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วย ที่ทุกความถี่ของการให้อาหาร

ผลการทดลองนี้จะเห็นว่า อัตราการรอดมีผลกระทบต่อผลการทดลองในภาพรวม เนื่องจาก ไม่สามารถเปรียบเทียบอัตราการเติบโตของกุ้งระหว่างชุดการทดลองที่มีอัตราการรอดไม่เท่ากันได้ แต่ปัญหานี้จะหมดไป ถ้าออกแบบการทดลองโดยใช้จำนวนกุ้งต่อหน่วยทดลองเพียง 1 ตัว เพราะจะไม่มีปัญหาการกินกันเอง และผลของการทดลองที่ 1 ก็มีอัตราการรอด 100% ทุกซ้ำของการทดลอง และสามารถติดตามการลอกคราบของกุ้งในแต่ละซ้ำการทดลองได้ตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการทดลอง ซึ่งข้อมูลความถี่ในการลอกคราบ เป็นข้อมูลที่สามารถใช้สนับสนุนการเติบโตของกุ้งในแต่ละชุดการทดลองได้

ประเด็นที่น่าสนใจต่อเนื่องจากผลการทดลองนี้คือ ถ้าอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำไม่สูงอย่างเช่นในการทดลองนี้ (1100%) เช่น การเลี้ยงในระบบปิดที่ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเลย (0%) ความถี่การให้อาหารจะมีผลอย่างไรต่ออัตราการเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน

3. **การศึกษาผลของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย**

การที่อัตราการเติบโตจำเพาะของกุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่ำ(20%) มีค่าสูงกว่าอัตราการเติบโตจำเพาะของกุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูง(40%) น่าจะมาจากคุณภาพน้ำที่แตกต่างกัน เนื่องจากอัตราการรอดไม่แตกต่างกันระหว่างกุ้งที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่างกัน และการให้อาหารในแต่ละวันจะมีอาหารเหลืออยู่มากพอสมควร อาหารที่มีโปรตีนสูงกว่าเมื่อถูกย่อยสลายจะมีของเสียไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียและไนไตรท์สูงกว่า ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการเติบโตของกุ้ง แต่เนื่องจากการตรวจวัดคุณภาพน้ำในการทดลองนี้ไม่ละเอียดพอ และเป็นข้อบกพร่องของระเบียบวิธีวิจัย ที่กำหนดให้ทำความสะอาดถังทดลองด้วยการดูดตะกอนอาหารเหลือและของเสียที่กุ้งขับถ่ายออกมาเมื่อเวลา 0800น. และทำการเปลี่ยนน้ำตามอัตราการเปลี่ยนน้ำที่กำหนดไว้ แต่การเก็บตัวอย่างน้ำในหน่วยทดลองแบบสุ่มเพื่อวัดและวิเคราะห์คุณภาพกำหนดไว้ที่เวลา 1300น. ทำให้ผลคุณภาพน้ำออกมาค่อนข้างดี คือผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งทะเล (ปริมาณแอมโมเนียรวมต่ำกว่า0.5มิลลิกรัมต่อลิตร) แต่ถ้าหากเก็บตัวอย่างน้ำอีกครั้งหนึ่งเมื่อเวลา 0730น. คือก่อนการทำความสะอาดก็จะได้ข้อมูลคุณภาพน้ำที่เป็นจุดที่คุณภาพน้ำแย่ที่สุดในรอบวัน จะสามารถเห็นความแตกต่างของคุณภาพน้ำระหว่างชุดการทดลองได้ชัดเจนขึ้น

อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนถ่ายน้ำให้มากขึ้น (จาก 10%ต่อวัน ไปถึง 100%ต่อวัน) ก็ไม่ช่วยให้อัตราการเติบโตของกุ้งแชบ๊วยดีขึ้น ไม่ว่าจะได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงหรือต่ำ ซึ่งอาจเนื่องจากอัตราการเปลี่ยนน้ำยังไม่มากพอที่จะทำให้คุณภาพน้ำเหมาะสมสำหรับการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย ในการทดลองที่ 1 และ 2 อัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำต่อวันเท่ากับ 1100% ซึ่งสูงกว่าอัตราที่ใช้ในการทดลองนี้ตั้งแต่ 10 เท่า ไปจนถึง 100 เท่า

เนื่องจากอัตราการรอดของกุ้งแชบ๊วยไม่มีผลกระทบจากระดับโปรตีนในอาหาร และอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำต่อวัน จึงทำให้การเปรียบเทียบอัตราการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย ในการทดลองนี้ค่อนข้างชัดเจน และจะเห็นว่า ในการทดลองนี้ก็ใช้ความหนาแน่น 25 ตัว ต่อตารางเมตร(5 ตัวต่อถัง) แต่อัตราการรอดเฉลี่ยกลับสูงเป็นที่น่าพอใจคือ มากกว่า 80% ทำให้มีข้อโต้แย้งในการที่จะใช้กุ้งเพียง1ตัวต่อถังว่ามีความจำเป็นหรือไม่ เหตุผลที่ใช้ในการสนับสนุนการใช้กุ้งเพียง1ตัวต่อถังอีกเหตุผลหนึ่งก็คือ สามารถติดตามความถี่ในการลอกคราบของกุ้งได้ตลอดระยะเวลาของการทดลอง ถ้าใช้กุ้งมากกว่า 1 ตัว อาจกินคราบกันเองจนไม่สามารถติดตามการลอกคราบได้

ผลการทดลองในภาพรวมยังแสดงให้เห็นว่า กุ้งแชบ๊วยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่ำในสภาพแวดล้อมของการเลี้ยงที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำไม่มาก มีอัตราการเติบโตดีกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูง ในขณะที่อัตราการรอดไม่แตกต่างกัน ดังนั้น แนวทางการเลี้ยงกุ้งที่จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการใช้อาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำ น่าจะมีความเป็นไปได้สูงโดยเฉพาะการเลี้ยงด้วยระบบปิดซึ่งไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเลยตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ข้อดีของอาหารที่มีโปรตีนต่ำก็คือ ไม่ก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำรุนแรงเหมือนอาหารที่มีโปรตีนสูงในกรณีที่ให้อาหารมากเกินความต้องการของกุ้ง และแนวคิดนี้ได้รับการพิสูจน์แล้วจากผลการทดลองของ Hopkins et al (1995) ซึ่งรายงานว่ากุ้งขาว *P. vannamei* ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 40% และ 20% ซึ่งเลี้ยงในบ่อโดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเลยตลอดระยะเวลา 131 วัน มีอัตราการเติบโตและอัตราการรอดไม่แตกต่างกัน

สรุปผลการทดลอง

1. การทดลองที่มีกุ้งแชบ๊วยเพียง 1 ตัวต่อถังทดลอง ให้อัตราการรอด 100% ทำให้มีความเป็นไปได้ในการใช้เป็นต้นแบบการทดลองทางโภชนาการ
2. ความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยคือ 25 ตัวต่อตารางเมตร
3. ความถี่การให้อาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งแชบ๊วย คือ 2 ครั้งต่อวัน
4. การเพิ่มความถี่ในการให้อาหารมากกว่า 2 ครั้งต่อวัน ไม่ได้ทำให้อัตราการเติบโตของกุ้งแชบ๊วยเพิ่มขึ้นตามไปด้วย
5. อาหารที่มีโปรตีนต่ำเหมาะสำหรับการเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยในระบบการเลี้ยงที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำน้อยหรือไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเลย

12. เอกสารอ้างอิง

ข่าวกุ้ง วารสารเครือเจริญโภคภัณฑ์ (2538) 7(87):2.

ข่าวกุ้ง วารสารเครือเจริญโภคภัณฑ์ (2539) 7(94):1.

ฐานันดร์ ทัตตานนท์, วิสุทธิ์ วีระกุลพิริยะ, ซูรกีพลี หะยียูโซ๊ะ และนิเวศน์ เรืองพานิช. 2542. การเจริญเติบโตของกุ้งแชบ๊วยที่เลี้ยงในบ่อดินที่อัตราความหนาแน่น 35 และ 50 ตัวต่อตารางเมตร หน้า 205 ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการกุ้งทะเลแห่งชาติ ครั้งที่ 1 "การวิจัยกับการพัฒนาอุตสาหกรรมกุ้งทะเล" วันที่ 15-17 ธันวาคม 2542 ณ โรงแรมบีพี สมิหรา จังหวัดสงขลา 351 หน้า

วิเชียร ยงประพัฒน์, ทวี โรจนสารัมภกิจ, สุพล ตั่นสุวรรณ, สานิตย์ ชนะชู, จันทิมา อุปถัมภ์ และ กาญจนา ทองสันต์. 2536. การทดลองเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยแบบพัฒนาในระดับความหนาแน่นต่างกัน เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 12/2536 สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง 15 หน้า

สกนธ์ แสงประดับ, สมนึก กบิลรัมย์ และวันชัย ไล้ทิม. 2530. การทดลองเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยด้วยอัตราความหนาแน่นต่างๆกันในบ่อดิน เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 4/2530 สถานีประมงน้ำกร่อย จังหวัดระยอง กรมประมง 20 หน้า

สมาคมผู้เพาะเลี้ยงกุ้งแห่งประเทศไทย ประมงเศรษฐกิจ (2536) 1(11):36-37.

Adler, P.R., F. Takeda, D. Glenn and S.T. Summerfelt (1996) World Aqua. 27 (2):24-26.

Aranyakananda, P. and A.L. Lawrence. (1993) Abstracts. World Aqua. Conf. 1993.

Asian Shrimp Culture Council. Asian Shrimp News. 1993 (16):2.

Asian Shrimp Culture Council. Asian Shrimp News. 1994 (17):4.

Asian Shrimp Culture Council. Asian Shrimp News. 1994 (18):3.

Avnimelech, Y. (1995) Asian Shrimp News. 1995 (24):2.

Bray, W. A. and A. L. Lawrence. (1993) Ciencias Marinas 19(2):229-244.

Hopkins, J.S., P.A. Sandifer and C.L. Browdy. (1995) J. World Aqua. Soc. 26 (1):93-97.

Lin, C. K. and V. Muthuwan. (1995) Asian Shrimp News. 1995 (22):1-2.

Menasveta, P., P. Aranyakananda, S. Rungsupa and N. Moree. (1989) 8 (5):357-368.

Reid, B. amd C. R. Arnold. (1992) J. World Aqua. Soc. 23:146-153.

Rosas, C., A. Sanchez, E. Diaz, L. A. Soto, G. Gaxiola and R. Brito. (1996) J. World Aqua. Soc. 27(1):92-102.

Sandifer, P.A., J. Hopkins and A.D. Stokes. (1988) J. World Aqua. Soc. 19 (4):218-226.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 2 และ 3

วัตถุดิบ	อาหารโปรตีน 40%	อาหารโปรตีน 20%
ปลาป่น	50	20
กากถั่วเหลืองป่น	30	20
แป้งสาลี	10	50
น้ำมันปลา	5	5
ไวตามิน-แร่ธาตุรวม	3	3
สารเหนียว	2	2
รวม (กรัม)	100	100

หมายเหตุ ปลาป่นมีโปรตีน 55%
กากถั่วเหลืองป่นมีโปรตีน 45%
น้ำมันปลาทูน่า (Refined Tuna Oil)
สารเหนียว CMC (Carboxy Methyl Cellulose)

วิธีทำอาหาร

ชั่งวัตถุดิบ (ยกเว้น น้ำมันปลา) ตามสูตรในตารางข้างบน แล้วคลุกให้เข้ากันดี เติมน้ำมันปลาทีละน้อยๆแล้วคลุกให้เข้ากัน หลังจากนั้นเติมน้ำสะอาดครั้งละ 100 ซีซี แล้วคลุกให้เข้ากัน เติมน้ำจนครบ 400 ซีซี แล้วคลุกให้เข้ากันนาน 10 นาที แล้วจึงอัดเป็นเส้นด้วยเครื่องทำเส้นสปาเก็ตตี้ แผ่อาหารที่เป็นเส้นบนตะแกรงแล้วนำไปอบในเตาอบตั้งอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส อบนาน 24 ชม. นำออกมาผึ่งให้เย็น บดเส้นอาหารที่อบแห้งแล้วให้แตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ ใช้ตะแกรงขนาดต่างๆกันร่อนอาหารเพื่อแยกขนาด แบ่งใส่ไว้ในถุงพลาสติก แล้วเก็บไว้ในตู้แช่แข็งจนกว่าจะนำออกมาใช้ทดลอง

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของข้อมูลการทดลองผลของความหนาแน่นต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

The SAS System

General Linear Models Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
DENSE	6	1 5 10 15 20 30
REP	5	1 2 3 4 5

Number of observations in data set = 30

The SAS System

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: SGR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.76201667	0.15240333	2.60	0.0512
Error	24	1.40540000	0.05855833		
Corrected Total	29	2.16741667			

R-Square	C.V.	Root MSE	SGR Mean
0.351578	10.43803	0.24198829	2.31833333

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DENSE	5	0.76201667	0.15240333	2.60	0.0512

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DENSE	5	0.76201667	0.15240333	2.60	0.0512

The SAS System

General Linear Models Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
DENSE	6	1 5 10 15 20 30
REP	5	1 2 3 4 5

Number of observations in data set = 30

Dependent Variable: SURVIVAL

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	17238.00000000	3447.60000000	37.84	0.0001
Error	24	2186.80000000	91.11666667		
Corrected Total	29	19424.80000000			

R-Square	C.V.	Root MSE	SURVIVAL Mean
0.887422	13.99634	9.54550505	68.20000000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DENSE	5	17238.00000000	3447.60000000	37.84	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DENSE	5	17238.00000000	3447.60000000	37.84	0.0001

General Linear Models Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: SURVIVAL

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 24 MSE= 91.11667

Number of Means 2 3 4 5 6

Critical Range 12.46 13.09 13.49 13.77 13.99

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	DENSE
A	100.000	5	1
A	96.000	5	5
B	72.000	5	10
B	60.000	5	15
C	46.000	5	20
C	35.200	5	30

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของข้อมูลการทดลองผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

The SAS System

General Linear Models Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
FREQ	5	1 2 3 4 5
PROTEIN	2	20 40
REP	3	1 2 3

Number of observations in data set = 30

NOTE: Due to missing values, only 29 observations can be used in this analysis.

Dependent Variable: SGR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	2.54435230	0.28270581	4.65	0.0024
Error	19	1.15611667	0.06084825		
Corrected Total	28	3.70046897			

R-Square	C.V.	Root MSE	SGR Mean
0.687576	28.64861	0.24667437	0.86103448

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FREQ	4	1.93215563	0.48303891	7.94	0.0006
PROTEIN	1	0.15196056	0.15196056	2.50	0.1305
FREQ*PROTEIN	4	0.46023611	0.11505903	1.89	0.1535

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FREQ	4	1.93815000	0.48453750	7.96	0.0006
PROTEIN	1	0.14470556	0.14470556	2.38	0.1395
FREQ*PROTEIN	4	0.46023611	0.11505903	1.89	0.1535

General Linear Models Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: SGR

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 19 MSE= 0.060848

WARNING: Cell sizes are not equal.

Harmonic Mean of cell sizes= 5.769231

Number of Means 2 3 4 5

Critical Range .3040 .3190 .3285 .3352

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	FEED
A	1.0620	5	4
A	1.0567	6	3
A	1.0100	6	5
A	0.8250	6	2
B	0.3850	6	1

General Linear Models Procedure

Class	Levels	Values
FREQ	5	1 2 3 4 5
PROTEIN	2	20 40
REP	3	1 2 3

Number of observations in data set = 30

NOTE: Due to missing values, only 29 observations can be used in this analysis.

Dependent Variable: SURVIVAL

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	7275.86206897	808.42911877	1.57	0.1956
Error	19	9800.00000000	515.78947368		
Corrected Total	28	17075.86206897			

R-Square	C.V.	Root MSE	SURVIVAL Mean
0.426090	36.58994	22.71099896	62.06896552

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FREQ	4	889.19540230	222.29885057	0.43	0.7845
PROTEIN	1	5120.00000000	5120.00000000	9.93	0.0053
FREQ*PROTEIN	4	1266.66666667	316.66666667	0.61	0.6578

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FREQ	4	1211.11111111	302.77777778	0.59	0.6760
PROTEIN	1	5336.50793651	5336.50793651	10.35	0.0045
FREQ*PROTEIN	4	1266.66666667	316.66666667	0.61	0.6573

General Linear Models Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: SURVIVAL

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 19 MSE= 515.7895

WARNING: Cell sizes are not equal.

Harmonic Mean of cell sizes= 14.48276

Number of Means 2

Critical Range 17.66

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PROTEIN
A	74.667	15	20
B	48.571	14	40

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของข้อมูลการทดลองผลของความถี่การเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

The SAS System

General Linear Models Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
EXCHANGE	4	10 25 50 100
PROTEIN	2	20 40
REP	5	1 2 3 4 5

Number of observations in data set = 40

Dependent Variable: SGR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.78248270	0.11178324	3.83	0.0040
Error	32	0.93490440	0.02921576		
Corrected Total	39	1.71738710			

R-Square	C.V.	Root MSE	SGR Mean
0.455624	23.30759	0.17092619	0.73335000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EXCHANGE	3	0.11641250	0.03880417	1.33	0.2824
PROTEIN	1	0.59878090	0.59878090	20.50	0.0001
EXCHANGE*PROTEIN	3	0.06728930	0.02242977	0.77	0.5206

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EXCHANGE	3	0.11641250	0.03880417	1.33	0.2824
PROTEIN	1	0.59878090	0.59878090	20.50	0.0001
EXCHANGE*PROTEIN	3	0.06728930	0.02242977	0.77	0.5206

General Linear Models Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: SGR

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 32 MSE= 0.029216

Number of Means 2

Critical Range .1101

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PROTEIN
A	0.85570	20	20
B	0.61100	20	40

General Linear Models Procedure

Class	Levels	Values
EXCHANGE	4	10 25 50 100
PROTEIN	2	20 40
REP	5	1 2 3 4 5

Number of observations in data set = 40

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: SURVIVAL

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	1030.00000000	147.14285714	0.77	0.6130
Error	32	6080.00000000	190.00000000		
Corrected Total	39	7110.00000000			

R-Square	C.V.	Root MSE	SURVIVAL Mean
0.144866	16.50784	13.78404875	83.50000000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EXCHANGE	3	430.00000000	143.33333333	0.75	0.5280
PROTEIN	1	10.00000000	10.00000000	0.05	0.8200
EXCHANGE*PROTEIN	3	590.00000000	196.66666667	1.04	0.3902

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EXCHANGE	3	430.00000000	143.33333333	0.75	0.5280
PROTEIN	1	10.00000000	10.00000000	0.05	0.8200
EXCHANGE*PROTEIN	3	590.00000000	196.66666667	1.04	0.3902

ตารางผนวกที่ 5 ข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับการทดลองผลของความหนาแน่นต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

Dense	replicate	Initial wt.	Final wt.	SGR	Survival
1	1	1.2	5.3	2.36	100
1	2	1	5.7	2.76	100
1	3	1.4	5.2	2.08	100
1	4	1.2	6	2.56	100
1	5	1.1	5.5	2.57	100
5	1	0.94	4.68	2.54	80
5	2	1.16	4.24	2.05	100
5	3	0.98	4.1	2.27	100
5	4	0.84	4.46	2.65	100
5	5	0.9	6.17	3.06	100
10	1	0.83	3.23	2.16	60
10	2	0.89	3.84	2.33	80
10	3	0.83	3.88	2.46	70
10	4	0.86	3.7	2.32	90
10	5	0.8	4.32	2.67	60
15	1	0.87	3.44	2.19	67
15	2	0.87	3.85	2.37	53
15	3	0.86	4.25	2.54	40
15	4	0.84	3.7	2.35	67
15	5	0.87	3.35	2.14	73
20	1	0.86	3.37	2.17	50
20	2	0.89	3.78	2.3	35
20	3	0.89	3.08	1.98	50
20	4	0.87	2.95	1.94	50
20	5	0.84	2.99	2	45
30	1	0.99	4.74	2.49	23
30	2	0.94	3.8	2.22	43
30	3	0.96	3.25	1.94	37
30	4	0.93	3.61	2.14	43
30	5	0.97	3.28	1.94	30

ตารางผนวกที่ 6 ข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดลองผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

feeding	Protein	Replicate	Initial Wt.	Final Wt.	SGR	Survival
1	40	1	2.12	2.78	0.55	80
1	40	2	2.02	2.7	0.59	40
1	40	3	1.98	2.17	0.18	60
2	40	1	2	2.55	0.51	80
2	40	2	1.96	3.1	0.94	40
2	40	3	2.12	3.5	1.02	20
3	40	1	1.96	3.83	1.37	60
3	40	2	2.06	3.65	1.16	40
3	40	3	1.98	4.27	1.57	60
4	40	1	2.02	3.75	1.27	40
4	40	2	1.96	3.1	0.94	20
4	40	3	1.98	.	.	.
5	40	1	2.08	3.3	0.94	20
5	40	2	2	3.05	0.86	40
5	40	3	2.02	3.45	1.1	80
1	20	1	2.14	2.34	0.18	100
1	20	2	1.98	2.15	0.16	80
1	20	3	1.86	2.57	0.65	60
2	20	1	2.02	2.68	0.57	100
2	20	2	2.1	3.1	0.79	100
2	20	3	1.82	3.17	1.12	60
3	20	1	2.06	2.7	0.67	60
3	20	2	2.1	2.6	0.45	40
3	20	3	1.98	3.43	1.12	80
4	20	1	1.94	3.35	1.12	80
4	20	2	2.02	3.3	1	40
4	20	3	2.18	3.54	0.98	100

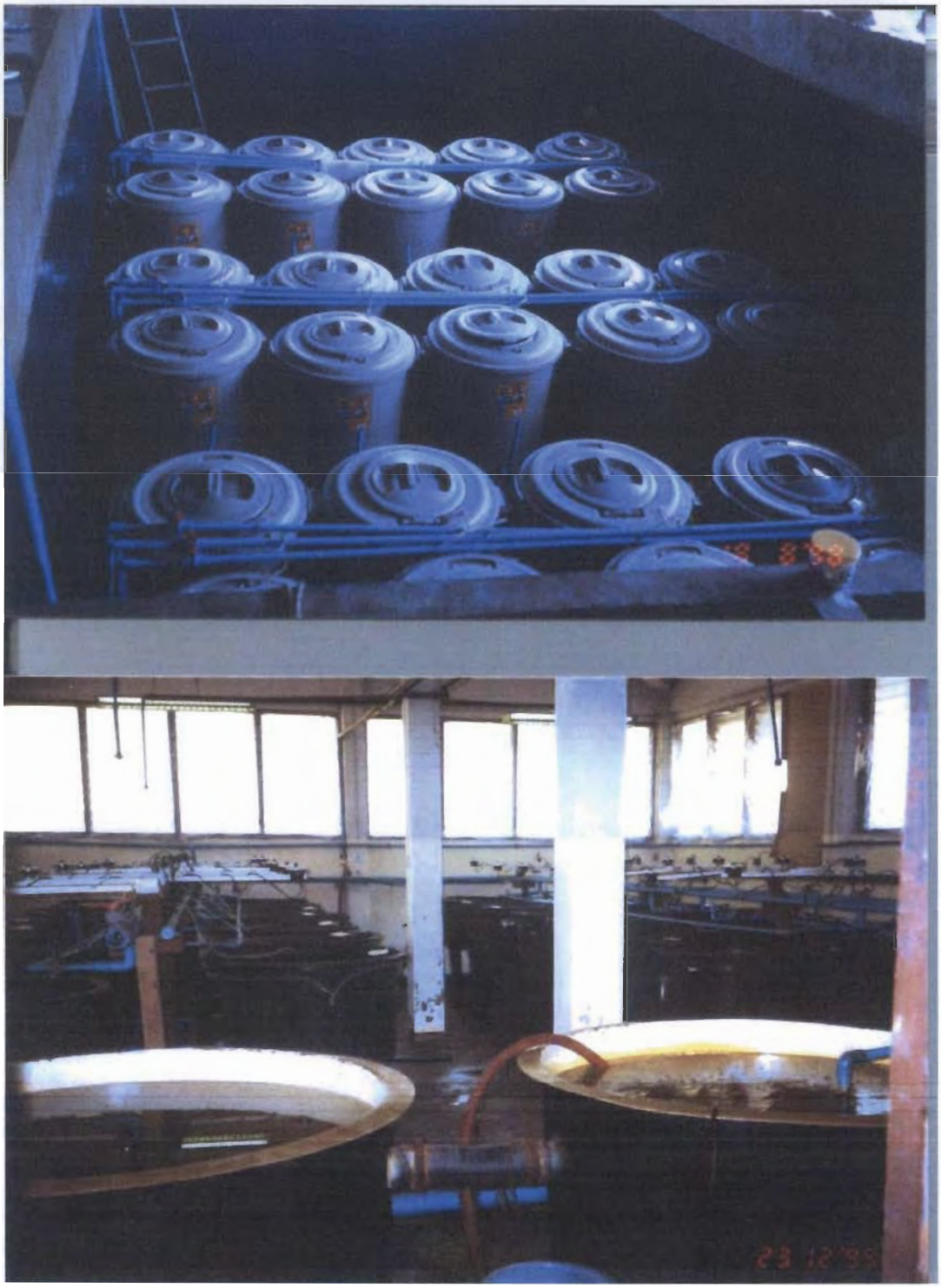
5	20	1	1.98	3.4	1.1	80
5	20	2	1.82	3.48	1.33	80
5	20	3	2.14	3.07	0.73	60

ตารางผนวกที่ 7 ข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดลองผลของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

Exchange	Protein	Replicate	Initial wt.	Final wt.	SGR	Survival
10	40	1	1.58	2.18	0.575	100
10	40	2	1.64	1.9	0.263	60
10	40	3	1.6	1.98	0.38	100
10	40	4	1.66	2.08	0.402	100
10	40	5	1.66	2.56	0.773	80
25	40	1	1.62	1.85	0.237	80
25	40	2	1.5	2.35	0.802	80
25	40	3	1.7	2.32	0.555	80
25	40	4	1.6	2.26	0.616	100
25	40	5	1.62	2.38	0.687	100
50	40	1	1.52	2.3	0.739	60
50	40	2	1.64	2.5	0.752	60
50	40	3	1.58	2.14	0.543	100
50	40	4	1.62	2.4	0.702	80
50	40	5	1.64	2.68	0.877	100
100	40	1	1.54	2.33	0.739	60
100	40	2	1.54	2.3	0.716	80
100	40	3	1.62	2.33	0.65	80
100	40	4	1.54	2.4	0.791	60
100	40	5	1.58	2	0.421	100
10	20	1	1.54	2.28	0.7	80
10	20	2	1.54	2.7	1	80
10	20	3	1.54	2.4	0.791	80
10	20	4	1.64	2.8	0.955	80
10	20	5	1.62	2.5	0.775	80
25	20	1	1.58	2.35	0.709	80
25	20	2	1.6	2.8	1	60
25	20	3	1.68	2.5	0.709	80

25	20	4	1.52	2.38	0.8	100
25	20	5	1.5	2.7	1.05	100
50	20	1	1.58	2.46	0.791	100
50	20	2	1.66	2.38	0.643	80
50	20	3	1.62	3.25	1.241	80
50	20	4	1.64	2.56	0.795	100
50	20	5	1.54	2.74	1.029	100
100	20	1	1.62	2.35	0.664	80
100	20	2	1.66	2.6	0.8	80
100	20	3	1.5	2.32	0.78	80
100	20	4	1.56	2.55	0.877	80
100	20	5	1.64	2.88	1.005	80

รูปที่ 1 ระบบการทดลองที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ผลของความหนาแน่นต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย



รูปที่ 2 ระบบการทดลองที่ใช้ในการทดลองที่ 2 ผลของความถี่การให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย

รูปที่ 3 ระบบการทดลองที่ใช้ในการทดลองที่ 3 ผลของอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำและระดับโปรตีนในอาหารต่อการเติบโตของกุ้งแชบ๊วย