รายงานการวิจัย

เรื่อง

การยอมรับอาหาร รูปแบบอาหาร และระดับโปรตีนที่เหมาะสมของอาหารผสม ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดต้องการ สำหรับการประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์

Acceptability and Suitability of Types and Protein Levels of Artificial feeds for Growing-out of Spotted Babylon Juveniles, *Babylonia areolata*, to Marketable Sizes for Application Uses in Commercial Production

โดย

ศิรุษา กฤษณะพันธุ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

สากล โพธิ์เพชร

ศูนย์ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเครื่องมือกลาง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

โครงการวิจัยภายใต้ทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2549

ธันวาคม 2553

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2549 ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยแก่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี เพื่อดำเนินการวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงหอยหวานในการศึกษายอมรับอาหาร รูปแบบอาหาร และระดับโปรตีนที่เหมาะสมของอาหารผสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดต้องการ สำหรับการประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ เพื่อพัฒนาเทคนิคการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดด้วยบ่อเลี้ยงระบบน้ำทะเลแบบหมุนเวียน

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณดร. นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ หัวหน้าหน่วยปฏิบัติการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำฟาร์มเพาะฟักและเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์แบบครบวงจร สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือ และข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยเป็นอย่างดี รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์สถานที่ศึกษา ซึ่งตั้งอยู่ในทำเลที่เหมาะสมบริเวณตำบลหาดเจ้าสำราญ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

สุดท้ายคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี และสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนและประสานงานด้านต่างๆ แก่คณะผู้วิจัย ในระหว่างการดำเนินงานวิจัยด้วยดี

คณะผู้วิจัย

ธันวาคม 2553

บทคัดย่อ

การยอมรับอาหารของรูปแบบอาหาร และระดับโปรตีนที่เหมาะสมของอาหารผสมของหอยหวาน ระยะวัยรุ่นประกอบด้วย 2 การทดลองคือ การศึกษาการยอมรับของรูปแบบอาหารผสม 3 รูปแบบ (แบบแห้ง แบบกึ่งเปียก และแบบไส้กรอก) เป็นเวลา 60 วัน และการศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมของอาหารผสมรูปแบบที่ดีที่สุด 3 ระดับ (20, 28 และ 36%) เป็นเวลา 6 เดือน ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเติบโตของหอยหวานที่เลี้ยงอาหารผสมรูปแบบต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม (เนื้อปลา) มีอัตราการเติบโตดีที่สุด (0.14 กรัมต่อเดือน) รองลงมาคือ หอยหวานที่ได้รับอาหารแบบกึ่งเปียก (0.09 กรัมต่อเดือน) แบบไส้กรอก (0.08 กรัมต่อเดือน) และแบบแห้ง (0.05 กรัมต่อเดือน) สำหรับหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแบบกึ่งเปียกระดับโปรตีน 36% มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด (0.36 กรัมต่อเดือน) รองลงมาคือ ระดับโปรตีน 28% (0.31 กรัมต่อเดือน) และระดับโปรตีน 20% (0.10 กรัมต่อเดือน) ส่วนอัตราการรอดตายมีค่าสูงเกิน 95% ในทุกชุดการทดลอง การศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่ารูปแบบของอาหารผสมที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยหวานคือแบบกึ่งเปียกที่มีระดับโปรตีนมากกว่าหรือเท่ากับ 36%

ABSTRACT

Acceptability and suitability of forms and protein levels of the experimental formulated feeds for growing-out of spotted babylon juveniles, *Babylonia areolata*, consisted of 2 experiments; experiment on suitability of 3 forms of formulated feeds (dry feed, semi-moist feed and sausage) for 60 days, and the optimal protein levels of the best acceptance of feed form (20, 28 and 36%) for 6 months. Results showed that there were significant differences in growth rate of spotted Babylon among all the dietary trials (P<0.05). The snails fed control feed (trash fish) showed the highest growth rate (0.14 g mo^{-1}), followed by the semi-mist feed form (0.09 g mo^{-1}), sausage form (0.08 g mo^{-1}) and dry form (0.05 g mo^{-1}). While the semi-moist feed contained protein level of 36% showed the best growth (0.36 g mo^{-1}), followed by those of protein levels of 28% (0.31 g mo^{-1}), and 20% (0.10 g mo^{-1}). Survival rate exceeded 95% for all dietary trials of experiment. This study can be concluded that the best acceptance of formulated feeds was the semi-moist form with the protein level not less than 36%.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	12
ระเบียบวิธีวิจัย	13
ผลการวิจัย	22
สรุปและวิจารณ์ผล	30
ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	37

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของอาหารที่ใช้ในการทดลองระดับโปรตีนที่เหมาะสมของอาหารผสมที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน(เปอร์เซ็นต์) และคุณค่าทางอาหาร (เปอร์เซ็นต์)	18
2	พารามิเตอร์ของการเจริญของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแบบแห้ง อาหารผสมแบบกึ่งเปียก อาหารผสมแบบไส้กรอก และเนื้อปลาข้างเหลือง เป็นเวลา 60 วัน	26
3	พารามิเตอร์ของการเจริญของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ	27
4	คุณภาพน้ำทะเลโดยเฉลี่ยในการเลี้ยงหอยหวานในระบบน้ำแบบหมุนเวียนที่ใช้อาหารผสมที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ	28

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	(ก) หอยหวาน (*Babylonia areolata*) (ข) หอยหมาก (*Babylonia spirata*)	10
2	ระบบทางเดินอาหารของหอยหวาน	10
3	หอยหวานแท้หรือหอยตุ๊กแก (*Babylonia areolata*) จากการเพาะเลี้ยงของประเทศไทย	11
4	การเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดเชิงพาณิชย์ด้วยบ่อผ้าใบระบบน้ำทะเลไหลผ่านตลอด	11
5	ปลาเป็ดหรือปลาเบญจพรรณ (Trash fish) ที่ใช้เป็นอาหารหลักของหอยหวานในฟาร์มเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย	11
6	รูปแบบของอาหารผสมที่ใช้ศึกษาการยอมรับอาหารผสมของหอยหวาน (ก) อาหารผสมแบบแห้ง (ข)อาหารผสมแบบกึ่งเปียก (ค)อาหารผสมแบบไส้กรอก	19
7	หอยหวานที่ใช้ในการทดลองการยอมรับอาหารผสมและรูปแบบของอาหารผสม (ขนาดไม่เกิน 1 เซนติเมตร)	20
8	บ่อทดลองเลี้ยงหอยหวานในการยอมรับอาหารผสมและรูปแบบของอาหารผสม	20
9	บ่อทดลองเลี้ยงหอยหวานที่ใช้อาหารผสมที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ	21
10	การกินอาหารแบบกลุ่มก้อนของหอยหวานที่ทำการศึกษา	21
11	การกินอาหารของหอยหวานที่ทำการศึกษารูปแบบของอาหารผสม (ก) อาหารผสมแบบแห้ง (ข)อาหารผสมแบบกึ่งเปียก (ค)อาหารผสมแบบไส้กรอก	29

บทนำ

ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ถึงแม้ว่าคณะผู้วิจัยจะประสบความสำเร็จในการเลี้ยงลูกหอยระยะวัยรุ่นจนถึงขนาดต้องการด้วยบ่อเลี้ยงระบบน้ำทะเลไหลผ่านตลอด(Flow-through system) แต่การเลี้ยงหอยหวานด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ยังมีข้อจำกัดหลายประการสำหรับการดำเนินการในกิจการเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่ โดยปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญประการหนึ่งของการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาด คือ อาหาร(Food) เนื่องจากฟาร์มเลี้ยงหอยหวานทั้งหมดใช้อาหารธรรมชาติ คือ ปลาเป็ดหรือปลาเบญจพรรณ(Trash fish) ซึ่งปัญหาที่พบในปัจจุบันคือ สภาพความสดของปลา ความต่อเนื่องของปริมาณความต้องการ ความไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการ คุณค่าทางอาหารของปลา และราคาที่สูงขึ้น ดังนั้นการพัฒนาและส่งเสริมอาชีพการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดแก่ผู้ประกอบการจำนวนมากต้องประสบปัญหาด้านอาหารอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เพราะฟาร์มเลี้ยงหอยหวานจำเป็นต้องใช้ปลาเป็นปริมาณมากตามจำนวนและขนาดของฟาร์มที่เกิดขึ้นในอนาคต ดังนั้นการศึกษาศักยภาพและลู่ทางของการใช้อาหารผสม(Artificial diets) แทนอาหารธรรมชาติ(Natural food) จึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากอาหารผสมมีข้อดีหลายประการต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในเชิงพาณิชย์ คือ 1) สามารถควบคุมคุณภาพทางอาหารได้อย่างสม่ำเสมอ 2) สามารถเพิ่มเติมแร่ธาตุและสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญของหอยหวาน 3) สามารถควบคุมปริมาณการผลิตได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี 4) ง่ายต่อการเก็บรักษาและสามารถเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 5) ง่ายต่อการให้อาหารแก่หอยหวาน 6) สามารถใช้วัตถุดิบที่หาง่ายและมีราคาถูกในท้องถิ่น 7) สามารถ พัฒนาเป็นอาชีพต่อเนื่องของการเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ และ 8) สามารถผลิตอาหารผสมที่มีรูปแบบและปริมาณสารอาหารที่เหมาะสมตรงตามความต้องการของหอยหวาน นอกจากนี้การเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดต้องการใช้เวลาในการเลี้ยงประมาณ 6 – 7 เดือน ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจไม่สูงเท่าที่ควร ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาอาหารที่เหมาะสมและมีคุณค่าทางอาหารสูงแก่หอยหวานจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมอาชีพการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดในเชิงพาณิชย์ของประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นใน 4 วัตถุประสงค์หลัก คือ 1) เพื่อให้หอยหวานมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น 2) เพื่อลดระยะเวลาการเลี้ยงหอยหวาน 3) เพื่อลดต้นทุนการผลิต และ 4) เพื่อเพิ่มผลผลิตและ

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ นอกจากนี้การใช้อาหารผสมในการเลี้ยงหอยหวานยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาการขาดแคลนปลาสดแก่ฟาร์มเลี้ยงหอยหวานขนาดต่างๆ จำนวนมากในปัจจุบัน

หอยหวาน หรือหอยตุ๊กแก (*Babylonia areolata* Link, 1807) เป็นหอยทะเลฝาเดียวที่กำลังมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยหอยหวานมีปริมาณความต้องการสูงทั้งตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากปริมาณความต้องการของตลาดและราคาสูงจึงทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรประมงอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันปริมาณการจับหอยหวานจากบริเวณแหล่งทำการประมงที่สำคัญได้ลดลงอย่างน่าวิตกและหอยหวานที่จับได้มีขนาดเล็กลง โดยผลผลิตจากการประมงไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด การเพาะเลี้ยงหอยหวานในเชิงพาณิชย์จึงเป็นลู่ทางหนึ่งในการสนองความต้องการของตลาดหอยหวานเพื่อทดแทนผลผลิตหอยหวานจากแหล่งธรรมชาติ ซึ่งการวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงหอยหวานในด้านการยอมรับอาหาร รูปแบบอาหาร และระดับโปรตีนที่เหมาะสมของอาหารผสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดต้องการ สำหรับการประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์พัฒนาเทคนิคการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดด้วยบ่อเลี้ยงระบบน้ำทะเลแบบหมุนเวียน จึงมีความจำเป็นต่อความสำเร็จของธุรกิจการเพาะเลี้ยงหอยหวานในอนาคต การปรับปรุงรูปแบบอาหารของหอยหวานที่มีประสิทธิภาพจะทำให้หอยโตเร็วขึ้น ผู้ประกอบการจะใช้ระยะเวลาเลี้ยงสั้นลง หอยหวานมีอัตราการเจริญที่สูงขึ้น มีต้นทุนประกอบการต่ำลง และมีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงขึ้น อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาด้านจัดการอาหารทั้งปริมาณและความต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลทำให้ผู้ประกอบการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดสามารถดำเนินกิจการได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น

ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ปัจจุบันการเลี้ยงลูกพันธุ์หอยหวานจนถึงหอยขนาดตลาด (การขุนหอยเนื้อ) ได้ใช้อาหารธรรมชาติ คือ ปลาเป็ด (Trash fish) ซึ่งคณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมมาใช้ประโยชน์ในการผลิตอาหารสำเร็จรูปสำหรับการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาด ทั้งการศึกษาระดับห้องปฏิบัติการ และระดับขนาดกึ่งอุตสาหกรรม รวมถึงการศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐกิจในผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น เมื่อโครงการวิจัยเรื่องนี้สำเร็จ จะเป็นการเพิ่มศักยภาพของการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้แก่ของเหลือทิ้ง (By - products) จากโรงงาน

อุตสาหกรรมและการเกษตรกรรมสำหรับการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารหอยหวานในประเทศไทย ซึ่งเป็นผลให้ได้ผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากวัตถุดิบเหลือใช้ และสามารถทดแทนการใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำ เพราะปลาป่นเป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์ที่ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และทำให้ต้นทุนการผลิตสัตว์เพิ่มขึ้น ตลอดจนการอนุรักษ์ทรัพยากรปลาทะเลและระบบนิเวศทางทะเลโดยรวม โดยผลของโครงการวิจัยนี้จะนำไปสู่ความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาและผู้ประกอบการภาคเอกชนในการวิจัยและพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม

การเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นจนถึงขนาดตลาดด้วยอาหารผสม (Formulated feeds) มีการศึกษาน้อยมากและยังไม่มีการใช้อาหารผสมเลี้ยงหอยหวานในเชิงพาณิชย์ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ คณะผู้วิจัยเห็นว่า อาหารเป็นปัจจัยกำหนดที่สำคัญประการหนึ่งของการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดให้มีความเข้มแข็งมั่นคงและยั่งยืนในเชิงอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำในอนาคต ดังเช่นสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ อาทิเช่น กุ้งกุลาดำ กุ้งก้ามกราม ปลาดุก ปลากะพงขาว ฯลฯ ดังนั้นการปรับปรุงกลยุทธ์ในการเลี้ยงหอยหวานจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง กล่าวคือ การพัฒนาอาหารผสม/อาหารสำเร็จรูป (Formulated feeds) ในการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงหอยหวานให้มีการเติบโตเร็วขึ้น ลดระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้น และทำให้ต้นทุนการเลี้ยงด้านต่างๆ (ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าอาหาร ฯลฯ) ต่ำลง ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาการผลิตอาหารผสม/อาหารสำเร็จรูปของหอยหวานระยะต่างๆ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงหอยหวานของประเทศไทยในอนาคต แต่อย่างไรก็ตาม อาหารผสมที่พัฒนาขึ้นจะต้องมีราคาถูก (Low cost feeds) กว่าปลาเป็ด สามารถกระตุ้นให้หอยหวานกินอาหารได้ดีเช่นปลาเป็ด สามารถย่อยสารอาหารไปใช้ประโยชน์ในการเติบโตได้ดี มีสารอาหารและแร่ธาตุที่เสริมการเติบโตของหอยหวาน มีความเหมาะสมต่อระบบการเลี้ยงหอยหวาน ได้ผลผลิตหอยหวานที่มีคุณภาพทางโภชนาการ ประสาทสัมผัสและสีเปลือกดี สามารถผลิตได้ในเชิงอุตสาหกรรม หรือวิสาหกิจชุมชน และประการสำคัญ คือ ผู้วิจัยต้องการเพิ่มคุณค่าอาหารทางโภชนาการที่สำคัญแก่หอยหวาน (กรดไขมันและกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นแก่ร่างกาย) ให้สูงขึ้น พร้อมทั้งลดระดับคอเลสเตอรอลในหอยหวานให้ต่ำลง ทั้งนี้เพื่อยกระดับหอยหวานให้เป็นอาหารสุขภาพ (Healthy food) ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งทำ

ให้หอยหวานสามารถแข่งขันได้กับสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดอื่น รวมถึงผลผลิตหอยหวานของประเทศไทยสามารถแข่งขันได้กับประเทศคู่แข่งในการส่งออกหอยหวาน คือ ประเทศเวียดนาม

เมื่อโครงการวิจัยเรื่องนี้สำเร็จ จะเป็นกลยุทธ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดของประเทศไทยให้ได้ผลผลิตหอยหวานที่มีคุณภาพสูงและมีต้นทุนการเลี้ยงต่ำ รวมถึงการพัฒนาประสิทธิภาพการเลี้ยงหอยหวานในระยะอื่นๆ ด้วยเช่นกัน คือ การปรับปรุงคุณภาพการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์หอยหวาน และการอนุบาลลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนและลูกหอยระยะลงพื้นในอนาคต นอกจากนี้การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปต้นแบบราคาถูกและลดการใช้ปลาป่นเชิงธุรกิจในการเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ โดยการใช้ผลผลิตเหลือใช้จากอุสาหกรรมปลากระป๋องและอุตสาหกรรมเบียร์ในครั้งนี้ยังสามารถลดปริมาณการใช้ปลาป่นในการผลิตอาหารสัตว์น้ำและสัตว์บก เพราะปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนหลัก (Protein source) ของการผลิตอาหารสัตว์ที่มีราคาแพงและปลาป่นเป็นวัตถุดิบที่เป็นองค์ประกอบหลักที่ใช้ในปริมาณมากที่สุดในการผลิตอาหารสัตว์ ดังนั้นการลดปริมาณการใช้ปลาป่นจะสามารถทำให้ต้นทุนอาหารสัตว์ต่ำลง นอกจากนี้เป็นการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรประมงที่ใช้ในการผลิตปลาป่นอีกด้วย

การสำรวจเอกสาร

หอยหวาน (หอยตุ๊กแก หรือหอยเทพรส) มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Spotted Babylon หรือ Areolata babylon จำแนกตามหลักอนุกรมวิธาน ดังนี้

Phylum	Mollusca
Class	Gastropoda
Subclass	Prosobranchia
Order	Neogastropoda
Family	Buccinidae
Genus	Babylonia
Species	*Babylonia areolata* Link 1807

หอยหวานเป็นหอยฝาเดียวที่มีเปลือกหนา เปลือกมีพื้นสีขาวมีแต้มสีน้ำตาลปนดำ ขนาดใหญ่ เรียงเป็นแถวบนวงลำตัว บริเวณปลายสุดของเปลือกจะแหลม โดยส่วนหัวจะขดเป็นเกลียว และมีร่องที่

ไม่ลึกมากนัก มีฝาปิดเปลือก (operculum) รูปทรงไข่ที่สามารถปิดช่องเปิดลำตัวได้อย่างสนิท มีหนวด (tentacle) และตาอยู่ที่ปลายหนวดอย่างละ 1 คู่ มีท่อดูดอาหารคล้ายงวง (proboscis) 1 อัน

หอยหวานอาศัยอยู่บริเวณพื้นทะเลที่เป็นทราย หรือทรายปนโคลนที่ระดับความลึก 5-20 เมตร ความเค็มประมาณ 28-35 พีพีที หอยหวานแพร่กระจายจากมหาสมุทรอินเดียฝั่งตะวันออกของอินโดนีเซียตอนใต้ มาเลเซีย ไทย กัมพูชา เวียดนาม ถึงไต้หวัน โดยประเทศไทยพบหอยหวานในบริเวณชายทะเลฝั่งอ่าวไทย ได้แก่ระยอง จันทบุรี ตราด เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และปัตตานีเป็นต้น ส่วนฝั่งอันดามัน จะพบหอยหวานชนิด *Babylonia spirata* Linnaeus 1758 มีชื่อสามัญว่า หอยหมาก ซึ่งมีลักษณะคล้ายหอยหวาน แต่แตกต่างกับหอยหวานที่สีพื้นของเปลือกที่เข้มกว่า สีแต้ม และร่องเปลือก (ภาพที่ 1) (นิลนาจ และศิรุษา, 2545) หอยหวานเป็นสัตว์กินซาก (scavenger feeding) ซึ่งหอยหวานระยะโตเต็มวัยกินอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ทุกชนิดโดยใช้งวงปาก (Proboscis) เจาะเข้าไปในอาหารแล้วจึงปล่อยน้ำย่อยออกมาย่อยอาหารหลังจากนั้นจึงดูดอาหารกลับเข้าสู่ร่างกาย

พฤติกรรมการกินของหอยหวานแบ่งออกเป็น 2 แบบตามช่วงชีวิต คือ ระยะวัยอ่อนมีการดำรงชีพแบบแพลงก์ตอน กินอาหารด้วยการกรอง (filter feeder) โดยกรองกินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร สำหรับหอยหวานระยะลงพื้นถึงระยะตัวเต็มวัยมีการดำรงชีพด้วยการกินซากสัตว์ที่ตายแล้วเป็นอาหาร (scavenger) ซึ่งมีการกินอาหารแบบเป็นกลุ่มก้อน โดยมีอวัยวะที่มีความยืดหยุ่นคล้ายงวงที่เรียกว่า Proboscis ทำหน้าที่ดูดเนื้อสัตว์ที่ได้รับการย่อยโดยน้ำย่อยจากต่อมน้ำย่อยที่บริเวณปาก อาหารจะถูกส่งเข้าไปตามหลอดอาหารเข้าสู่กระเพาะไปยังลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ ซึ่งย่อยไขมัน ดูดซึมน้ำและวิตามินกลับ หลังจากนั้นจึงขับถ่ายออกทางทวารหนัก (ภาพที่ 2)

การเพาะเลี้ยงหอยหวาน

การศึกษาเพาะเลี้ยงหวานในประเทศไทยได้ริเริ่มขึ้นในปี 2531 โดยรัตนา มั่นประสิทธิ์และประวิม วุฒิสินธุ์ ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กรมประมง ได้ทำการศึกษาวิจัยเบื้องต้นเกี่ยวกับการเพาะพันธุ์หอยหวาน (*Babylonia areolata*) ในโรงเพาะฟัก ธานินทร สิงหะไกรวรรณ แห่งศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กรมประมง ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาชีววิทยาบางประการของหอยหวานในบ่อเลี้ยงเพื่อการเพาะพันธุ์สำหรับการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติในปี 2539 นอกจากนี้ธเนศ พุ่มทอง และจินตนา นักระนาด ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

ประจวบคีรีขันธ์ กรมประมงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเพาะพันธุ์และอนุบาลลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนในปี 2539 จากนั้นจึงมีการศึกษาเพิ่มขึ้นตามลำดับเพื่อเพิ่มผลผลิตหอยหวานให้เพียงพอต่อความต้องการ (นิลนาจ และศิรุษา, 2545)

การเพาะและเลี้ยงหอยหวานในประเทศไทยส่วนมากนิยมเลี้ยงด้วยระบบน้ำแบบไหลผ่านตลอด(flow-through system) โดยน้ำทะเลที่ใช้ควรมีความค็มอยู่ในช่วง 28-35 พีพีที อุณหภูมิประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส (นิลนาจ และศิรุษา, 2545) ขนาดของลูกหอยที่เหมาะสมจะนำไปเลี้ยงควรมีความยาวเปลือกตั้งแต่ 1 เซนติเมตร เนื่องจากหอยหวานขนาดนี้มีความแข็งแรง อัตรารอดตายค่อนข้างสูง เหมาะที่จะนำไปเลี้ยงจนถึงขนาดที่ตลาดต้องการ (100-120 ตัวต่อกิโลกรัม) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 5-6 เดือน หอยหวานมีการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอเฉลี่ย 1.23 กรัมต่อเดือน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย 1.79 และอัตราการรอดตายเฉลี่ยมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์หอยหวาน หอยหวานระยะลงพื้น หอยหวานระยะวัยรุ่น และหอยหวานขนาดตลาดใช้เนื้อปลาสดเป็นอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาและข้อจำกัดหลายประการสำหรับการดำเนินการในกิจการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดในเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่ในอนาคต (ภาพที่ 3, 4 และ 5)

อาหาร

อาหารสัตว์น้ำจะประกอบด้วยวัตถุดิบต่างๆ เพื่อให้อาหารมีปริมาณสารอาหารและพลังงานเพียงพอต่อความต้องการ และต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตด้วย ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนาต้นทุนค่าอาหารเป็นต้นทุนที่มีสัดส่วนสูงมากโดยเฉพาะในกลุ่มสัตว์กินเนื้อเป็นอาหารเนื่องจากสัตว์น้ำเหล่านี้ไม่สามารถใช้คาร์โบไฮเดรตในอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบอาหารสัตว์บกชนิดของอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำมีหลายแบบตามสูตรอาหาร กระบวนการผลิต และลักษณะอาหาร ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้แก่ อาหารเปียก (Wet feeds) อาหารผสม (Wet and moist formulated feeds) และอาหารแห้ง (Dry feeds)

<u>อาหารผสมแบบเปียก</u> (Wet feeds) ประกอบด้วยปลาเป็ดสดหรือแช่แข็งสับหรือบด หรืออาจใช้หมึก รวมถึงสัตว์ทะเลอื่น ๆ ในปัจจุบัน มีการใช้อาหารเปียกลดลงเพราะการพัฒนา และความสะดวกในการใช้ของอาหารอัดเม็ด แต่ยังมีการใช้อาหารเปียกในสัตว์น้ำบางกลุ่มที่มีการตอบสนองต่ออาหารเปียกได้ดี การใช้อาหารเปียกมีข้อจำกัดหลายประการ อาทิค่าใช้จ่ายในการแช่แข็ง ค่าแรงงาน

ในการจัดการทำ รวมถึงปัญหาที่อาจเกิดจากความสมดุลทางโภชนาการ (Nutritional balance) เมื่อมีการใช้เป็นระยะเวลาติดต่อกันนาน และคุณค่าทางโภชนาการของปลาเป็ดที่ไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้การใช้อาหารเปียกทำให้น้ำเสียได้ง่ายจากสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบของปลาเป็ดสับ รวมถึงเศษอาหารที่เหลือจากการกินอาหาร

อาหารผสมแบบแห้ง (Dry feeds) อาหารแห้งมีการใช้อย่างแพร่หลายในการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนา เพราะสะดวกใน การเก็บรักษา การจัดการ การใช้งาน และมีคุณภาพสม่ำเสมอ อาหารแห้งจะมีความชื้นไม่เกิน 10% เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ในกระบวนการผลิตอาหารแห้งซึ่งโรงงานส่วนใหญ่จะอัดเม็ดอาหารเพื่อให้คงตัวอยู่ในน้ำได้นานจะมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่ทำลายปัจจัยที่ขัดขวางการใช้สารอาหารในสัตว์น้ำ อาหารแห้งมีทั้งอาหารแบบจมน้ำและอาหารแบบลอยน้ำ

อาหารผสมแบบกึ่งเปียก (Wet and moist formulated feeds) อาหารผสมจะช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้ปลาสดเป็นอาหาร โดยอาหารผสมเป็นอาหารที่มีส่วนประกอบระหว่างปลาสดผสมกับวัตถุดิบอาหารอื่นเพื่อให้ได้คุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน อาหารผสมระหว่างปลาสดและอาหารผงจะมีความชื้นประมาณ 50-70% ส่วนอาหารผงที่นำมาประกอบเป็นอาหารผสมจะมีความชื้นประมาณ 20-40% อาหารเหล่านี้จะผ่านการบด ฆ่าเชื้อ และเสริมวิตามินรวม แร่ธาตุรวม และน้ำมันปลา ผสมรวมกันเป็นเนื้อเดียวกัน อาหารผสมดึงดูดให้สัตว์น้ำกินอาหารมากกว่าอาหารแห้ง

อาหารผสมมีข้อดีหลายประการเช่นสามารถรักษาระดับคุณภาพของอาหารให้อยู่ในช่วงที่สัตว์น้ำต้องการได้ รวมทั้งสามารถเพิ่มเติมสารอาหาร วิตามิน หรือแร่ธาตุที่สัตว์น้ำต้องการลงไปได้อย่างสะดวก อาหารผสมสามารถนำไปเลี้ยงสัตว์น้ำได้ในพื้นที่ทั่วไปจากการขนส่งที่สะดวก เก็บรักษาง่าย นอกจากนี้ยังช่วยลดต้นทุนการผลิตทำให้มีกำไรเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Boonyaratpalin, 1991) อย่างไรก็ตามอาหารผสมที่ใช้ยังคงต้องคำนึงถึงปริมาณสารอาหารที่เหมาะสมโดยเฉพาะสารอาหารหลัก (macronutrient) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น

โปรตีนมีบทบาทที่สำคัญคือ ทำหน้าที่หลักในการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของร่างกาย สร้างเซลล์ใหม่เพื่อซ่อมแซมอวัยวะที่สึกหรอ เป็นแหล่งพลังงานสำรองในร่างกายทำให้มีความสัมพันธ์กับแหล่งพลังงานอื่น(ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต) ด้วย ไขมันเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ ฮอร์โมน และเอนไซม์ ไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่ให้พลังงานมากที่สุด นอกจากนี้ไขมันในรูปของกรด

ไขมันยังช่วยในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมันด้วย คาร์โบไฮเดรตทำหน้าที่สำคัญคือ เป็นโครงสร้างผนังเซลล์ของทั้งพืชและสัตว์ เป็นพื้นฐานในเนื้อเยื่อตามอวัยวะที่สำคัญ เป็นคลังอาหาร รวมทั้งเป็นแหล่งพลังงานราคาถูก

การศึกษาวิจัยเพื่อใช้อาหารผสมในการเลี้ยงหอยทะเลฝาเดียวอาทิเช่น หอยเป๋าฮื้อ ได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวางในหลายประเด็น แต่อาหารผสมสำหรับใช้เลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดนั้นพบว่า มีการศึกษาน้อยมาก ลือชัย และ เกียรติศักดิ์ (2547) ทดลองเลี้ยงหอยหวานด้วยอาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ประกอบด้วย อาหารผสมสด หอยแมลงภู่ และหมึก โดยให้ปลาข้างเหลืองเป็นชุดควบคุม เป็นเวลา 56 วัน พบว่าอัตราแลกเนื้อของหอยหวานในชุดควบคุมดีที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 1.4 ซึ่งดีกว่าหอยหวานที่กินหอยแมลงภู่และกินหมึกที่มีค่าเท่ากับ 2.3 และ 3.04 ตามลำดับ ในขณะที่งานวิจัยของ Zhou และคณะ (2007) และ ขนิษฐา (2541) ศึกษาอาหารผสมที่จัดเตรียมขึ้นสำหรับเลี้ยงหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ระยะวัยรุ่นพบว่าระดับโปรตีน 40-43% และไขมันประมาณ 7-10% ให้การเติบโตดี

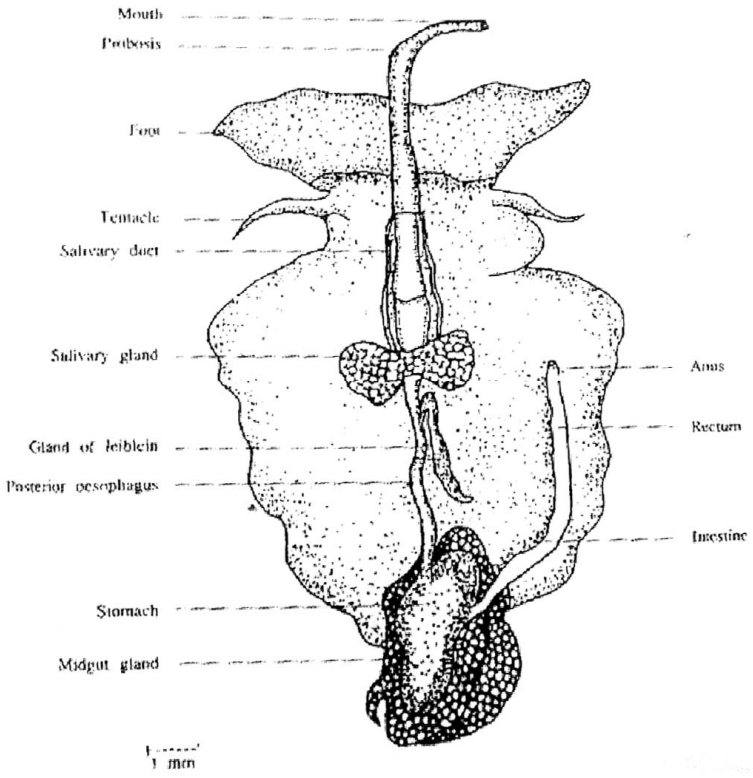
Raghunathan และคณะ (1994) ศึกษาพฤติกรรมการกินอาหารของ *B. spirata* โดยให้อาหารต่างชนิดกันพบว่า หอยชนิดนี้ชอบกินหอยนางรมมากที่สุด รองลงมาคือเนื้อกุ้ง *Penaeus indicus* เนื้อหอยตลับลาย *Meretrix meretrix* เนื้อหอยแมลงภู่, เนื้อปลา, เนื้อกั้ง *Oratisquilla* sp., เนื้อหมึก และเนื้อตามลำดับ จากการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการกินอาหารที่มีปริมาณ 2 กรัม Le และ Ngo (2006) ศึกษาผลของอาหารสดต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน ทดลองใช้เนื้อหมึก ปู และกุ้ง พบว่า หอยหวานที่กินเนื้อปูมีการเจริญเติบโตสูงสุด และค่า FCR ต่ำสุด ($P \leq 0.05$)

คณะผู้วิจัยได้ตระหนักและเห็นถึงความสำคัญของการวิจัยและพัฒนาการเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ในประเทศไทยให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพใหม่หรืออาชีพเสริมสนองความต้องการของเกษตรกรนักเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ชาวประมงพื้นบ้าน ผู้ค้าหอยหวาน และภาคเอกชนที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้นำเสนอโครงการวิจัยเรื่อง “การยอมรับอาหาร รูปแบบอาหาร และระดับโปรตีนที่เหมาะสมของอาหารผสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดต้องการ สำหรับการประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์” โดยผลจากการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เพื่อ

การแก้ปัญหาและอุปสรรคดังกล่าวข้างต้นของการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดเชิงพาณิชย์ในอนาคต นอกจากนี้อาหารผสมที่เหมาะสมทำให้หอยหวานมีการเจริญที่สูงขึ้นและมีระยะเวลาเลี้ยงที่สั้นลง ซึ่งผู้ประกอบการเลี้ยงหวานขนาดตลาดเชิงพาณิชย์จะมีต้นทุนต่ำและมีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงขึ้น

(ก) (ข)

ภาพที่ 1 (ก) หอยหวาน (*Babylonia areolata*) (ข) หอยหมาก (*Babylonia spirata*)



ภาพที่ 2 ระบบทางเดินอาหารของหอยหวาน

ที่มา: นิลนาจ และศิรุษา, 2545

ภาพที่ 3 หอยหวานแท้หรือหอยตุ๊กแก (*Babylonia areolata*) จากการเพาะเลี้ยงของประเทศไทย

ภาพที่ 4 การเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดเชิงพาณิชย์ด้วยบ่อผ้าใบระบบน้ำทะเลไหลผ่านตลอด

ภาพที่ 5 ปลาเป็ดหรือปลาเบญจพรรณ (Trash fish) ที่ใช้เป็นอาหารหลักของหอยหวานในฟาร์มเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการยอมรับอาหารผสมและรูปแบบของอาหารผสมที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น
2. เพื่อศึกษาระดับโปรตีนของอาหารผสมที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดต้องการ
3. เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต การรอดตาย อัตราแลกเนื้อ (FCR) ประสิทธิภาพของอาหาร (FER) และต้นทุนอาหารของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเป็นแนวทางในการผลิตอาหารผสมที่มีรูปแบบและปริมาณสารอาหารที่เหมาะสมตรงตามความต้องการของหอยหวานแต่ละขนาดเพื่อให้หอยหวานมีอัตราการเจริญที่สูงขึ้นและมีระยะเวลาเลี้ยงที่สั้นลง
2. เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถมีทางเลือกใหม่ในการดำเนินการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นจนถึงขนาดตลาดต้องการในเชิงพาณิชย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยมีต้นทุนการผลิตต่ำ และมีผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงขึ้น
3. สามารถเพิ่มผลผลิตหอยหวาน (Increasing market supply) สนองปริมาณความต้องการของตลาดหอยหวานทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ โดยสามารถเพิ่มมูลค่าการส่งออกหอยหวานสู่ตลาดต่างประเทศ และสามารถลดการนำเข้าหอยหวานจากต่างประเทศ
4. มีศักยภาพทางการตลาดและนำผลงานวิจัยไปขยายผลในเชิงพาณิชย์ เพราะการใช้อาหารผสมในการเลี้ยงหอยหวานยังไม่มีการศึกษา หรือการผลิตในเชิงการค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ

ระเบียบวิธีการวิจัย

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาศักยภาพและความเป็นไปได้ของการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดต้องการด้วยอาหารผสมในครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 การยอมรับอาหารผสมและรูปแบบของอาหารผสมที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete randomized design, CRD) โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatment) โดยแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (Replication) ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารผสมแบบแห้ง (Dry diet) (ภาพที่ 6)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารผสมแบบกึ่งเปียก (Semi-moist diet) (ภาพที่ 6)

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารผสมแบบไส้กรอก (Sausage) (ภาพที่ 6)

ชุดการทดลองที่ 4 เนื้อปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) เป็นชุดการทดลองควบคุม (Control)

อาหารผสมที่ใช้ในการทดลองนี้คือ อาหารกุ้งกุลาดำสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ดังนี้

- อาหารผสมแบบแห้ง ใช้อาหารกุ้งกุลาดำสำเร็จรูปแบบเม็ด
- อาหารผสมแบบกึ่งเปียก ใช้อาหารกุ้งมาทำให้อยู่ในลักษณะกึ่งเปียกที่มีความชื้นประมาณ 60%
- อาหารผสมแบบไส้กรอก ใช้อาหารแบบกึ่งเปียกมาอัดใส่ถุงไส้หมูให้มีขนาดใหญ่พอเหมาะ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงการยอมรับอาหารผสมและรูปแบบของอาหารผสมที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (ภาพที่ 7 และ 8) โดยใช้เวลาในการศึกษาประมาณ 60 วัน เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ในการออกแบบการทดลองที่ 2

การทดลองที่ 2 ระดับโปรตีนที่เหมาะสมของอาหารผสมที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดต้องการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete randomized design, CRD) แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง (Treatment) โดยแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (Replication) ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารมีระดับโปรตีน 20%

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารมีระดับโปรตีน 28%

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารมีระดับโปรตีน 36%

องค์ประกอบของวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทำอาหารผสมในครั้งนี้ได้มุ่งเน้นถึงการลดปริมาณการใช้ปลาสดและปลาป่นเป็นองค์ประกอบหลักของแหล่งโปรตีน แต่จะใช้แหล่งโปรตีนจากพืชทดแทนการใช้ปลาป่น วัตถุดิบที่ใช้เป็นองค์ประกอบของอาหารผสมในครั้งนี้ประกอบด้วย กากถั่วเหลือง แป้งสาลี น้ำมันทูน่า วิตามินและแร่ธาตุรวม โดยใช้ปลาป่น/ปลาสดเป็นวัตถุดิบในการสร้างกลิ่นเพื่อดึงดูดให้หอยหวานกินอาหารได้ดี เพราะหอยหวานเป็นสัตว์กินเนื้อและซากสัตว์ที่ตายเป็นอาหาร (Scavenger feeding)

สำหรับรูปแบบของอาหารผสมที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นนั้นใช้รูปแบบอาหารผสมจากผลการศึกษาของการทดลองที่ 1

การเตรียมบ่อทดลอง

บ่อทดลองที่ใช้ในครั้งนี้เป็นบ่อพลาสติก ขนาด 1.5x1.0x1.0 เมตร (ภาพที่ 9) ระบบน้ำทะเลหมุนเวียน (Recirculating seawater system) และบ่อกรองชีวภาพ (Filtering tank) ขนาด 0.5x1.0x1.0 เมตร ใช้เปลือกหอยแครงและหอยนางรมเป็นตัวกรองชีวภาพ โดยน้ำทะเลจากบ่อเลี้ยงจะไหลเข้าสู่บ่อกรองด้วยการใช้ระบบแรงดันอากาศ(Air lift) โดยมีอัตราการหมุนเวียนน้ำประมาณ 3,600 ลิตรต่อวัน หรือประมาณ 4.8 รอบต่อวัน ความลึกของน้ำในบ่อเลี้ยงประมาณ 0.5 เมตร และพื้นบ่อเลี้ยงปูด้วยทรายหยาบหนาประมาณ 2 ซม.

การเตรียมหอยหวาน

การศึกษาในครั้งนี้ใช้หอยหวานระยะวัยรุ่นที่ผลิตได้จากโรงเพาะฟักของภาคเอกชน โดยหอยหวานที่ใช้มีขนาดความยาวเปลือกเฉลี่ยประมาณ 1.04 ซมและน้ำหนักตัวประมาณ 0.27 กรัม สำหรับการทดลองที่ 1 และใช้หอยหวานที่มีขนาดความยาวเปลือกเฉลี่ยประมาณ 0.82 ซมและน้ำหนักตัวประมาณ 0.22 กรัม สำหรับการทดลองที่ 2 โดยหอยหวานที่ในแต่ละบ่อทดลองต้องมีขนาดเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เพราะการเลี้ยงหอยหวานที่มีขนาดแตกต่างกันมากในบ่อเดียวกัน ทำให้หอยหวานที่มีขนาดเล็กกว่าจะชงักการเจริญ (Growth retardation) และมีการเจริญช้าลง โดยใช้อัตราการปล่อยหอยหวานประมาณ 300 ตัวต่อตารางเมตร หรือประมาณ 450 ตัวต่อบ่อ

การเลี้ยงหอย

การให้อาหารแก่หอยแบบให้หอยกินอาหารจนอิ่ม (Satiation feeding) เป็นประจำทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง ในเวลาเช้า (ภาพที่ 10) เก็บอาหารที่เหลือออกทันทีเมื่อหอยหยุดกินอาหาร ทำการชั่งน้ำหนักอาหารก่อนให้และภายหลังหอยหยุดกินอาหาร หลังจากนั้นคำนวณปริมาณอาหารที่หอยกินในแต่ละวัน การศึกษาในครั้งนี้จะไม่มีการใช้สารเคมีและไม่มีการคัดขนาดหอยในแต่ละบ่อตลอดการทดลอง โดยทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทะเลในบ่อเลี้ยงประมาณ 30 เปอร์เซนต์ของปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงเป็นประจำทุกเดือน พร้อมทำความสะอาดทรายและตัวกรองชีวภาพ โดยน้ำทะเลที่เติมเข้าบ่อทุกครั้งต้องมีความเค็มเท่ากับในบ่อเลี้ยง (ความแตกต่างของความเค็มไม่ควรมากกว่า 3 พีพีที) และทำการตรวจเช็คความเค็มในแต่ละบ่อเลี้ยงเป็นประจำทุกสัปดาห์ หากความเค็มของน้ำทะเลในบ่อเลี้ยงสูงขึ้นเนื่องจากการระเหยของน้ำ ให้เติมน้ำจืดลงบ่อเลี้ยงจนได้ความเค็มตามที่ต้องการ การทดลองในครั้งนี้ได้ทำการเลี้ยงหอยหวานเป็นเวลา 6 เดือน

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารผสมที่ใช้ในการทดลองใช้วัตถุดิบธรรมชาติ โดยมีวัตถุดิบหลักที่เป็นแหล่งโปรตีนได้แก่ ปลาป่น กุ้งป่น และกากถั่วเหลือง ซึ่งมีระดับโปรตีน 60%, 46.7% และ 44% ตามลำดับ น้ำมันปลาทูน่าใช้เป็นแหล่งไขมัน และใช้แป้งสาลีเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ยังใช้วิตามินและแร่ธาตุรวมเป็นสารปริมาณน้อย และใช้ polymethyol carbamide (PMC) เป็นสารประสานอาหาร(binder) โดยส่วนประกอบและคุณค่าทางอาหารของแต่ละสูตรแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (1990)

การเก็บข้อมูล

การศึกษาอัตราการเจริญของหอยหวาน

สุ่มตัวอย่างหอยหวานในแต่ละบ่อทดลองประมาณ 100 ตัวของแต่ละการทดลองเป็นประจำทุก 30 วัน เพื่อวัดความยาวเปลือก ชั่งน้ำหนักหอยทั้งตัวเป็นรายตัว และนับจำนวนตัวต่อกิโลกรัม

การศึกษาอัตราการรอดตาย

บันทึกจำนวนหอยตายในแต่ละวันเป็นประจำทุกเดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บรวบรวมหอยทั้งหมดที่ได้ หลังจากนั้นจึงคำนวณอัตราการรอดตายสุดท้าย

การศึกษาคุณภาพน้ำ

โดยศึกษาคุณภาพน้ำทะเลในบ่อเลี้ยงของแต่ละบ่อทดลองเป็นประจำทุก 7 วัน พารามิเตอร์ที่ศึกษาประกอบด้วย

- อุณหภูมิน้ำทะเล (Water temperature) ใช้เทอร์โมมิเตอร์
- ความเค็ม (Salinity) ใช้เครื่องมือวัดความเค็มแบบหักเหแสง (Refracto-salinometer)
- ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใช้ pH-meter
- ความเป็นด่าง (Alkalinity) โดยใช้วิธีอินดิเคเตอร์ (APHA, AWWA and WPCF, 1995)
- ปริมาณออกซิเจนในน้ำ (Dissolved oxygen) ใช้ DO-meter
- ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (NO_2–N) โดยใช้วิธี Diazotization Method (Grasshoff, 1976)
- ปริมาณแอมโมเนียรวม (Total NH_3–N) โดยใช้วิธี Modified Indophenol Blue Method (Grasshoff, 1976)

การวิเคราะห์ข้อมูล

อัตราการเจริญโดยความยาวเปลือก (Growth rate in shell length)

$$\text{อัตราการเจริญ (ซม.ต่อเดือน)} = \frac{\text{(ความยาวสุดท้าย – ความยาวเริ่มต้น)}}{\text{ระยะเวลาเลี้ยงหอย (เดือน)}}$$

อัตราการเจริญโดยน้ำหนัก (Growth rate in body weight)

$$\text{อัตราการเจริญ (กรัมต่อเดือน)} = \frac{\text{(น้ำหนักสุดท้าย – น้ำหนักเริ่มต้น)}}{\text{ระยะเวลาเลี้ยงหอย (เดือน)}}$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Food conversion ratio; FCR)

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่หอยกินทั้งหมดตลอดการทดลอง}}{\text{น้ำหนักหอยที่เพิ่มขึ้น}}$$

ประสิทธิภาพของอาหาร (Feed Efficiency ratio; FER)

$$\text{ประสิทธิภาพของอาหาร} = \frac{\text{น้ำหนักหอยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักหอยเมื่อเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักอาหารที่หอยกิน}}$$

อัตราการรอดตาย (Survival rate)

$$\text{อัตราการรอดตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนหอยหวานทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนหอยหวานเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

ต้นทุนอาหารเฉลี่ย (Average feed cost)

ต้นทุนอาหารเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม) = ต้นทุนค่าใช้จ่ายอาหารทั้งหมด

จำนวนหอยหวานรอดตายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณมาทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way analysis of variance; ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P=0.05) โดยข้อมูลที่เป็นเปอร์เซ็นต์ต้องแปลงค่าเป็น Arcsin ก่อนทำการวิเคราะห์ทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในครั้งนี้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS for Windows version 9.0

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของอาหารที่ใช้ในการทดลองระดับโปรตีนที่เหมาะสมของอาหารผสมที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน(เปอร์เซ็นต์) และคุณค่าทางอาหาร(เปอร์เซ็นต์)

เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร	ชุดอาหารทดลอง		
	20	28	36
ส่วนประกอบ(%)			
ปลาป่น	22.69	28.36	34.73
กุ้งป่น	2.00	2.00	2.00
กากถั่วเหลือง	39.73	33.79	31.88
แป้งสาลี	20.08	20.95	17.09
น้ำมันทูน่า	8.50	7.90	7.30
วิตามินและแร่ธาตุรวม	2.00	2.00	2.00
$Ca_2(PO_4)_2$	2.00	2.00	2.00
Polymethyol carbamide (PMC	3.00	3.00	3.00
คุณค่าทางอาหาร			
โปรตีน	20.73	28.02	37.77
ไขมัน	10.50	11.18	10.59
คาร์โบไฮเดรต	27.42	27.14	27.88
ความชื้น	7.23	8.19	9.87
เถ้า	7.12	8.24	9.94

(ก)

(ข)

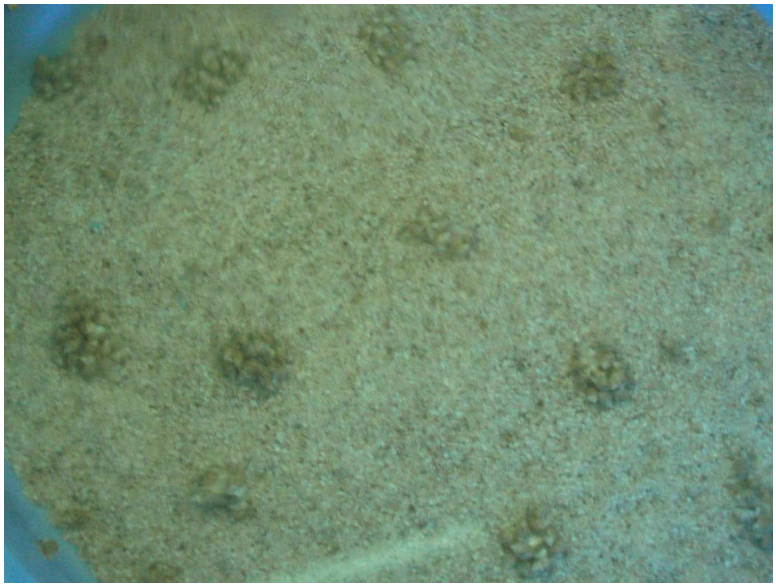
(ค)

ภาพที่ 6 รูปแบบของอาหารผสมที่ใช้ศึกษาการยอมรับอาหารผสมของหอยหวาน (ก) อาหารผสมแบบแห้ง (ข) อาหารผสมแบบกึ่งเปียก (ค) อาหารผสมแบบไส้กรอก

ภาพที่ 7 หอยหวานที่ใช้ในการทดลองการยอมรับอาหารผสมและรูปแบบของอาหารผสม (ขนาดไม่เกิน 1 เซนติเมตร)

ภาพที่ 8 บ่อทดลองเลี้ยงหอยหวานในการยอมรับอาหารผสมและรูปแบบของอาหารผสม

ภาพที่ 9 บ่อทดลองเลี้ยงหอยหวานที่ใช้อาหารผสมที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ



ภาพที่ 10 การกินอาหารแบบกลุ่มก้อนของหอยหวานที่ทำการศึกษา

ผลการวิจัย

การยอมรับอาหาร รูปแบบอาหาร และระดับโปรตีนที่เหมาะสมของอาหารผสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดต้องการ ผลการศึกษามีดังนี้

1) การทดลองที่ 1 การยอมรับอาหารผสมและรูปแบบของอาหารผสมที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น

เพื่อทราบถึงการยอมรับอาหารผสมและรูปแบบของอาหารผสมที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น โดยทดลองกับอาหารผสมแบบแห้ง (Dry diet) อาหารผสมแบบกึ่งเปียก (Semi-moist diet) อาหารผสมแบบไส้กรอก (Sausage) และเนื้อปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) เป็นชุดการทดลองควบคุม (Control) (ภาพที่ 11) ใช้เวลาในการศึกษาประมาณ 60 วัน พบว่าการเจริญโดยความยาวเปลือกของหอยหวานที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารผสมแบบแห้ง อาหารผสมแบบกึ่งเปียก อาหารผสมแบบไส้กรอก และเนื้อปลาข้างเหลืองเป็นชุดการทดลองควบคุม (Control) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 และภาคผนวก โดยพบว่าอัตราการเจริญโดยความยาวเปลือกของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาข้างเหลืองมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.20 เซนติเมตรต่อเดือน) รองลงมาคือเลี้ยงด้วยอาหารผสมแบบกึ่งเปียก (0.19 เซนติเมตรต่อเดือน) เลี้ยงด้วยอาหารผสมแบบไส้กรอก (0.18 เซนติเมตรต่อเดือน) และที่เลี้ยงด้วยอาหารแบบแห้งมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.11 เซนติเมตรต่อเดือน)

การเจริญโดยน้ำหนักของหอยหวานที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารผสมแบบแห้ง อาหารผสมแบบกึ่งเปียก อาหารผสมแบบไส้กรอก และเนื้อปลาข้างเหลืองเป็นชุดการทดลองควบคุม (Control) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 และภาคผนวก โดยพบว่าอัตราการเจริญโดยน้ำหนักของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาข้างเหลืองมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.14 กรัมต่อเดือน) รองลงมาคือที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแบบกึ่งเปียก (0.09 กรัมต่อเดือน) เลี้ยงด้วยอาหารผสมแบบไส้กรอก (0.08 กรัมต่อเดือน) และเลี้ยงด้วยอาหารแบบแห้งมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.05 กรัมต่อเดือน)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอัตราการรอดตายสุดท้ายของหอยหวานที่ทดสอบการยอมรับอาหารผสมและรูปแบบของอาหารผสมที่เหมาะสมแสดงไว้ในตารางที่ 2 โดยพบว่าการรอดตายสุดท้ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยอยู่ในช่วง 97-100 เปอร์เซ็นต์

2) การทดลองที่ 2 ระดับโปรตีนที่เหมาะสมของอาหารผสมที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดต้องการ

เพื่อศึกษาระดับโปรตีนของอาหารผสมที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดต้องการ แบ่งการทดลองออกเป็นอาหารผสมที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับคือ 20, 28 และ 36% และทำอาหารผสมในรูปแบบกึ่งเปียก ซึ่งเป็นการนำผลจากการทดลองที่ 1 มาใช้

1) การเจริญของหอยหวาน (Growth)

1.1 อัตราการเจริญโดยความยาวเปลือก (Growth rate in shell length)

การเจริญโดยความยาวเปลือกของหอยหวานที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 และภาคผนวก โดยพบว่าอัตราการเจริญโดยความยาวเปลือกของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีโปรตีน 36% มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.27$\pm$0.01 เซนติเมตรต่อเดือน) รองลงมาคืออาหารผสมที่มีโปรตีน 28% (0.26$\pm$0.00 เซนติเมตรต่อเดือน) และที่อาหารผสมที่มีโปรตีน 20% มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.14$\pm$0.02 เซนติเมตรต่อเดือน)

1.2 อัตราการเจริญโดยน้ำหนัก (Growth rate in body weight)

การเจริญโดยน้ำหนักของหอยหวานที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 และภาคผนวก โดยพบว่าอัตราการเจริญโดยน้ำหนักของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีโปรตีน 36% มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.36$\pm$0.01 กรัมต่อเดือน) รองลงมาคือที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีโปรตีน 28% (0.31$\pm$0.01 กรัมต่อเดือน) และเลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีโปรตีน 20% มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.10$\pm$0.05 กรัมต่อเดือน)

2) การรอดตายสุดท้าย (Final survival)

การรอดตายสุดท้ายของหอยหวานที่ทดสอบระดับโปรตีนที่เหมาะสมของอาหารผสมแสดงไว้ในตารางที่ 3 โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงหอยหวานเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าในแต่ละการทดลองความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ P<0.05 อยู่ระหว่าง 95-98.7 เปอร์เซ็นต์

3) คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่เก็บระหว่างการเลี้ยงในระบบน้ำแบบหมุนเวียน ซึ่งมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทะเลในบ่อเลี้ยงประมาณ 30% ของปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงเป็นประจำทุกเดือน พร้อมทำความ

สะอาดทรายและตัวกรองชีวภาพ โดยน้ำทะเลที่เติมเข้าบ่อทุกครั้งต้องมีความเค็มเท่ากับในบ่อเลี้ยง เป็นเวลา 6 เดือน ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันในแต่ละสูตรอาหารและซ้ำการทดลอง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปกติของหอยหวาน จากการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนสิ้นสุดการทดลองพบว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เนื่องจากบ่อทดลองระบบน้ำหมุนเวียนมีการทำความสะอาดตัวกรองชีวภาพเป็นประจำทุกเดือน อีกทั้งมีการให้ออกซิเจนที่เพียงพอทำให้แอมโมเนีย (NH_3) เปลี่ยนเป็นไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) ตามลำดับ ซึ่งเมื่ออยู่ในรูปของไนเตรท จะไม่เป็นพิษต่อหอยหวาน ขณะที่แอมโมเนียและไนไตรท์จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยหวานทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4

4. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Food conversion ratio; FCR)

จากการศึกษาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของหอยหวานที่ทดลองด้วยอาหารผสมที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่าค่า FCR มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าสูงที่สุดคือ 22.83 ในการทดลองที่ใช้อาหารผสมที่มีโปรตีน 20% และค่าต่ำที่สุดคือ 7.29 ในการทดลองที่ใช้อาหารผสมที่มีโปรตีน 36% ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหารกึ่งเปียกที่ใช้ในการศึกษามีการแตกตัวได้ง่าย ทำให้เกิดการสลายตัวในน้ำก่อนที่หอยหวานจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ปริมาณโปรตีนที่เปลี่ยนเป็นเนื้อหอยจึงอาจไม่ตรงต่อความเป็นจริง

5. ประสิทธิภาพของอาหาร (Feed Efficiency ratio; FER)

จากการศึกษาประสิทธิภาพของอาหารของหอยหวานที่ทดลองด้วยอาหารผสมที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่าค่า FER มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าสูงที่สุดคือ 0.14 ในการทดลองที่ใช้อาหารผสมที่มีโปรตีน 36% และค่าต่ำที่สุดคือ 0.04 ในการทดลองที่ใช้อาหารผสมที่มีโปรตีน 20% ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

6. **ต้นทุนอาหารเฉลี่ย** (Average feed cost)

ศึกษาระดับโปรตีนของอาหารผสมที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดต้องการพบว่า หอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสูตร 36% โปรตีน มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดทั้งในด้านความยาวและน้ำหนัก จึงนำมาหาค่าต้นทุนอาหารเฉลี่ยพบว่า อาหารผสมสูตร 36% โปรตีน มีราคาต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 43.94 บาทต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ส่วนประกอบ(%)	36% โปรตีน	ราคาต่อกิโลกรัม	ราคาต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
ปลาป่น	34.73	26	9.03
กุ้งป่น	2.00	5	0.10
กากถั่วเหลือง	31.88	17	5.42
แป้งสาลี	17.09	23	3.93
น้ำมันทูน่า	7.30	20	1.46
วิตามินและแร่ธาตุรวม	2.00	300	6.00
$Ca_2(PO_4)_2$	2.00	300	6.00
Polymethyl carbamide (PMC)	3.00	400	12.00
รวมเป็นเงิน			43.94

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ของการเจริญของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแบบแห้ง อาหารผสมแบบกึ่งเปียก อาหารผสมแบบไส้กรอก และเนื้อปลาข้างเหลืองเป็นเวลา 60 วัน

พารามิเตอร์	รูปแบบอาหาร			
	แบบแห้ง	แบบกึ่งเปียก	แบบไส้กรอก	เนื้อปลา
ความยาวเริ่มต้น (ซม.)	1.04±0.02	1.04±0.02	1.04±0.02	1.04±0.02
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	0.27±0.02	0.27±0.02	0.27±0.02	0.27±0.02
ความยาวสุดท้าย (ซม.)	1.26^{a}±0.33	1.42^{b}±0.08	1.40^{b}±0.01	1.44^{b}±0.06
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	0.36^{a}±0.05	0.46^{b}±0.08	0.43^{b}±0.02	0.55^{c}±0.02
ความยาวที่เพิ่มขึ้น (ซม.)	0.22^{a}±0.02	0.38^{b}±0.01	0.36^{b}±0.05	0.40^{b}±0.05
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	0.09^{a}±0.08	0.19^{b}±0.05	0.16^{b}±0.03	0.28^{c}±0.07
อัตราการเจริญ (ซม./เดือน)	0.11^{a}±0.03	0.19^{b}±0.07	0.18^{b}±0.09	0.20^{b}±0.03
อัตราการเจริญ (กรัม/เดือน)	0.05^{a}±0.02	0.09^{b}±0.01	0.08^{b}±0.04	0.14^{c}±0.04
อัตราการรอดตายสุดท้าย (%)	97^{a}±0.05	100^{b}	100^{b}	100^{b}

ค่าเฉลี่ย(n=3) ที่มีอักษรยกแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ของการเจริญของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ

พารามิเตอร์	อาหารผสมที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน		
	20%	28%	36%
ความยาวเริ่มต้น (ซม.)	0.82±0.16	0.82±0.16	0.82±0.16
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	0.22±0.17	0.22±0.17	0.22±0.17
ความยาวสุดท้าย (ซม.)	1.68^{a}±0.13	2.37^{b}±0.01	2.41^{c}±0.01
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	0.82^{a}±0.30	2.07^{b}±0.07	2.37^{c}±0.06
ความยาวที่เพิ่มขึ้น (ซม.)	0.86^{a}±0.13	1.55^{b}±0.01	1.59^{b}±0.01
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	0.60^{a}±0.29	1.85^{b}±0.07	2.15^{c}±0.06
อัตราการเจริญ (ซม./เดือน)	0.14^{a}±0.02	0.26^{b}±0.00	0.27^{b}±0.01
อัตราการเจริญ (กรัม/เดือน)	0.10^{a}±0.05	0.31^{b}±0.01	0.36^{c}±0.01
อัตราการรอดตายสุดท้าย (%)	98.7^{b}±0.75	95^{a}±0.43	98.3^{b}±0.75
ปริมาณอาหารที่กินต่อบ่อ (กรัม)	$6,662.25^{a}$±61.03	$7,189.77^{b}$±50.23	$6,793.23^{a}$±65.98
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)	22.83^{c}±0.81	9.26^{b}±0.05	7.29^{a}±0.17
ประสิทธิภาพของอาหาร	0.04^{a}±0.01	0.11^{b}±0.35	0.14^{c}±0.05
ระยะเวลาในการเลี้ยง(เดือน)	6	6	6

ค่าเฉลี่ย(n=3) ที่มีอักษรยกแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำทะเลโดยเฉลี่ยในการเลี้ยงหอยหวานในระบบน้ำแบบหมุนเวียนที่ใช้อาหารผสมที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ

พารามิเตอร์	เดือน					
	1	2	3	4	5	6
อุณหภูมิของน้ำ (°C)	28.1	28.4	28.3	28.5	28.1	28.4
ความเค็ม (ppt)	30.4	29.5	30.2	29.0	28.6	29.7
DO (mg/L)	5.3	5.0	6.8	7.1	7.0	6.8
แอมโมเนีย (mg/L)	0.0100	0.0253	0.0183	0.0173	0.0125	0.0189
Nitrite (mg/L)	0.0112	0.0373	0.0312	0.0225	0.0345	0.0645
ความเป็นด่างรวม (mg/L)	110	104	100	98	101	99
pH	8.1	8.13	8.22	7.9	8.14	8.34

(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 11 การกินอาหารของหอยหวานที่ทำการศึกษารูปแบบของอาหารผสม (ก) อาหารผสมแบบแห้ง (ข) อาหารผสมแบบกึ่งเปียก (ค) อาหารผสมแบบไส้กรอก

สรุปและวิจารณ์ผล

ความจำเป็นขั้นพื้นฐานในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชิงพาณิชย์ต้องมีการศึกษาความต้องการอาหารของสัตว์น้ำ เนื่องจากอาหารเป็นปัจจัยหลักที่สามารถส่งผลต่อการเติบโต และการรอดตาย ซึ่งสัตว์น้ำที่ได้รับคุณค่าอาหารที่สมดุลกับความต้องการจะมีอัตราการเติบโต การรอดตายสูงขึ้น และคุ้มค่าต่อการลงทุน ความสำคัญของลักษณะของอาหารสำเร็จรูปที่ใช้ก็ต้องมีลักษณะที่เหมาะสมต่อวิธีการกินอาหารของสัตว์น้ำ และมีผลกระทบต่อระบบสิ่งแวดล้อมของการเลี้ยงน้อยที่สุดด้วยเช่นกัน เนื่องจากหอยหวานตั้งแต่ระยะลงพื้นจนถึงระยะตัวเต็มวัยกินซากสัตว์ที่ตายแล้วเป็นอาหารทั้งในสภาพสด และไม่สด (นิลนาจ และศิรุษา, 2545) ซึ่งมีการกินอาหารแบบเป็นกลุ่มก้อน โดยมีอวัยวะที่มีความยืดหยุ่นคล้ายงวงที่เรียกว่า Proboscis ทำหน้าที่ดูดเนื้อสัตว์ที่ได้รับการย่อยโดยน้ำย่อยจากต่อมน้ำย่อยที่บริเวณปาก อาหารจะถูกส่งเข้าไปตามหลอดอาหารเข้าสู่กระเพาะไปยังลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ ซึ่งย่อยไขมัน ดูดซึมน้ำและวิตามินกลับ หลังจากนั้นจึงขับถ่ายทางทวารหนัก (Thirumavalavan, 1987 อ้างถึงโดยขนิษฐา, 2541) ดังนั้นลักษณะของอาหารสำเร็จรูปควรจะมีความคงรูปหรือคงสภาพอยู่ในน้ำได้นาน ไม่ละลายน้ำได้ง่าย ทั้งนี้เพื่อให้หอยสามารถดูดจับอาหาร และสามารถนำสารอาหารในอาหารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเพาะเลี้ยงหอยหวานในประเทศไทยนิยมใช้ปลาสด เนื่องจากมีราคาค่อนข้างถูก และสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น แต่การใช้ปลาสดมีผลเสียคือ ไม่สามารถเก็บรักษาได้นานจึงต้องมีการจัดหาบ่อยครั้ง คุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงตามชนิดของสัตว์และฤดูกาลที่จับ มีคุณค่าทางอาหารไม่สมดุลต่อความต้องการ ขาดสารอาหารที่จำเป็นบางชนิดต่อสัตว์น้ำ นอกจากนั้นเศษอาหารที่เหลือจากการกินยังก่อให้เกิดมลภาวะในแหล่งน้ำ ทำให้สัตว์น้ำมีการเติบโตช้า ดังนั้นการนำอาหารสำเร็จรูปมาใช้ในการเพาะเลี้ยงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ต้องการผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพ รวมถึงส่งผลกระทบทางลบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด

หอยหวานเป็นสัตว์ทะเลที่ต้องการแร่ธาตุและสารอาหารเพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีวิต สารอาหารประเภทโปรตีนมีความสำคัญในการเติบโต สร้างเซลล์ใหม่เพื่อซ่อมแซมอวัยวะที่สึกหรอ ถ้าสัตว์น้ำได้รับพลังงานจากอาหารที่เหมาะสม โปรตีนจะถูกนำไปใช้ในการเติบโตได้โดยตรง แต่ถ้าสัตว์ได้รับพลังงานจากอาหารไม่เพียงพอ โปรตีนจะถูกนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการดำรงชีวิตด้วย ทำ

ให้ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใน การเติบโตของสัตว์ลดลง จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า อาหารผสมที่มีระดับโปรตีน 36 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้หอยหวานมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดทั้งด้านความยาวเปลือกและน้ำหนักตัว สอดคล้องกับการศึกษาของ Zhou และคณะ (2007) ที่พบว่าที่ระดับโปรตีน 43 เปอร์เซ็นต์ ทำให้หอยหวาน *Babylonia areolata* มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดคือ 0.32±0.08 กรัมต่อเดือน เช่นเดียวกับขนิษฐา (2541) ที่รายงานว่าอาหารสำเร็จรูปที่มีปริมาณโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ หอยหวานเจริญเติบโตดีกว่าเมื่อได้รับอาหารที่มีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ จึงเห็นได้ว่าหอยหวานเป็นสัตว์ที่ต้องการโปรตีนค่อนข้างสูง จากการที่หอยหวานเป็นสัตว์ที่กินเนื้อของสัตว์ที่ตายแล้วซึ่งมีองค์ประกอบของโปรตีนค่อนข้างสูง แตกต่างจากหอยเป๋าฮื้อซึ่งกินพืชจึงมีความต้องการโปรตีนประมาณ 20-35 เปอร์เซ็นต์ (Uki และ Watanabe, 1992) ในทำนองเดียวกันกับปลา ปลาที่กินเนื้อต้องการโปรตีนประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ขณะที่ปลากินพืชต้องการโปรตีนเพียงประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ (Wilson, 2002)

ระดับโปรตีนที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการรอดตายของหอยหวานระยะวัยรุ่น ทั้งนี้เนื่องจากหอยหวานที่มีความยาวเปลือก 0.5 เซนติเมตรขึ้นไป จะมีการรอดตายค่อนข้างสูง หอยหวานระยะนี้มีความแข็งแรงและทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ดี เหมาะสำหรับการนำไปเลี้ยงต่อจนถึงขนาดที่ตลาดต้องการได้ (บังอร และคณะ, 2548) สำหรับหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่ระดับโปรตีนต่างกันจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า หอยหวานมีอัตราการรอดตายอยู่ระหว่าง 95-98.7 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ ขนิษฐา (2541) ที่พบว่าหอยหวานที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 25-45 เปอร์เซ็นต์ มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 96-97.5 เปอร์เซ็นต์

ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ(FCR) ทำให้ทราบว่าสัตว์น้ำมีความสามารถเปลี่ยนอาหารที่กินเข้าไปให้เป็นเนื้อหรือน้ำหนักได้มากน้อยเพียงใด โดยอาหารที่มีคุณภาพดีส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำ อย่างไรก็ตามอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่ได้เป็นผลมาจากปริมาณโปรตีนในอาหารเพียงอย่างเดียว อาจเกิดจากองค์ประกอบด้านสารอาหารอื่นๆ ด้วย เช่น ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุ นอกจากนี้ยังขึ้นกับความชื้นในอาหารแต่ละประเภทด้วย (วีรพงศ์, 2536) การศึกษาในครั้งนี้ศึกษาเฉพาะระดับโปรตีนเท่านั้นที่มีผลต่อค่า FCR โดยค่าที่ได้ค่อนข้างสูงอาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของอาหารมีสัดส่วนของแป้งสาลีที่ค่อนข้างสูง แม้ว่าแป้งสาลีจะให้โปรตีนแต่มีประสิทธิภาพในการย่อยต่ำกว่าปลาป่นซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักของอาหารผสมในการ

ทดลองนี้ โดยทั่วไปสัตว์น้ำสามารถย่อยปลาป่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งย่อยได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สามารถย่อยแป้งสาลีได้ประมาณ 62 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น (วีรพงศ์, 2536)

ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่คำนวณได้เป็นค่า apparent FCR ไม่ใช่ค่าจริง (absolute FCR) โดยได้จากการนำค่าน้ำหนักอาหารที่ใช้หารด้วยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Zhou และคณะ (2007) พบว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีโปรตีน 43 เปอร์เซ็นต์ มีค่า FCR ต่ำที่สุดเท่ากับ 1.06 ซึ่งต่ำกว่าการศึกษาในครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับ นิลนาจ และศิรุษา (2545) พบว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสด ค่า FCR มีค่าต่ำกว่าการศึกษาในครั้งนี้ด้วย (FCR เท่ากับ 1.79) ลือชัย และคณะ (2547) ได้ศึกษาการเลี้ยงหอยหวานด้วยอาหาร 4 ชนิดคือ เนื้อปลาข้างเหลือง อาหารสำเร็จรูปชนิดเปียก เนื้อหอยแมลงภู่และเนื้อปลาหมึก พบว่าชนิดของอาหารทั้ง 4 ชนิดให้ผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของหอยหวานเมื่อเลี้ยงได้ 56 วัน ไม่แตกต่างกัน แต่อัตราการแลกเนื้อของหอยที่กินอาหารสำเร็จรูปมีค่าต่ำกว่าหอยที่เลี้ยงด้วยอาหารสดทุกชนิด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหารสดจำพวกปลาเป็ด หรือปลาเบญจพรรณมีความดึงดูด และมีประสิทธิภาพในการย่อยดีกว่าอาหารผสม แต่อย่างไรก็ตามการใช้อาหารสำเร็จรูปหรืออาหารผสมยังคงมีความจำเป็นดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงควรที่จะมีการพัฒนาอาหารผสมที่มีคุณภาพและเหมาะสำหรับการเลี้ยงหอยหวานในเชิงพาณิชย์ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. หอยหวานตั้งแต่ระยะลงพื้นจนถึงระยะตัวเต็มวัยกินซากสัตว์ที่ตายแล้วเป็นอาหารทั้งในสภาพสด และไม่สด โดยใช้อวัยวะที่มีความยืดหยุ่นคล้ายงวงที่เรียกว่า Proboscis ทำหน้าที่ดูดเนื้อสัตว์ที่ได้รับการย่อยโดยน้ำย่อยจากต่อมน้ำย่อยที่บริเวณปากเข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นอาหารที่ใช้ควรจะเป็นอาหารกึ่งเปียกที่คงรูปอยู่ในน้ำได้นานและไม่แข็งจนเกินไป

2. ในการขึ้นรูปของอาหารจำเป็นต้องมีการใช้แป้งเป็นองค์ประกอบ จึงควรมีการศึกษาอัตราส่วนแป้งที่เหมาะสม ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพการย่อยแป้งของสัตว์กินเนื้อที่ไม่สูงนักร่วมด้วย

3. ควรมีการศึกษาถึงสารที่ช่วยดึงดูดในอาหาร (feeding attractants) เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของอาหารผสมของหอยหวานให้ดียิ่งขึ้น และ

4. จากการศึกษาของ Zhou และคณะ (2007) พบว่าระดับโปรตีนสูงสุดที่เหมาะสม (optimum) ต่อการเจริญเติบโตของหอยหวานเท่ากับ 45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการศึกษาในครั้งนี้ จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในระดับโปรตีนที่สูงขึ้นที่เหมาะสมสำหรับหอยหวาน

เอกสารอ้างอิง

ขนิษฐา แสงงาม. 2541. ผลของโปรตีนและไขมันในอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่มีต่อการเติบโตของหอยหวาน *Babylonia areolata*. เอกสารโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และ ศิรุษา กฤษณะพันธุ์. 2545. คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยวาน: หลักการและแนวปฏิบัติ หนังสือในโครงการจัดพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยลำดับที่ 8 สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 114 หน้า

นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และอนุตร กฤษณะพันธุ์. 2540. การวิจัยเพื่อการเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททั่วไป ประจำปี 2538 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 45 หน้า.

นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และอนุตร กฤษณะพันธุ์. 2543. การวิจัยและพัฒนาเพื่อการผลิตหอยทะเลเศรษฐกิจชนิดใหม่: หอยหวาน (*Babylonia areolata*) สำหรับการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ทุนวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมว่าด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประจำปี 2539 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 125 หน้า.

บังอร ศรีมุกดา, สุรชาต ฉวีภักดิ์ และ วริษฐา หนูปิ่น. 2548. การผลิตลูกหอยหวาน *Babylonia areolata* Link, 1807 เชิงพาณิชย์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 24/2548. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง. 47 หน้า.

ลือชัย ดรุณชู และ เกียรติศักดิ์ เสนะวีณิน. 2547. การเลี้ยงหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807) ด้วยอาหารที่ต่างกัน 3 ชนิด. รายงานการสัมมนาวิชาการประมงประจำปี 2547. กรมประมง. 111-119.

วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. สำนักพิมพ์โอเดียน. กรุงเทพฯ. 206 หน้า.

Alaminos, J. and P. Domingues. 2008. Effects of different natural or prepared diets on growth and survival of juvenile spider crabs, *Maja brachydactyla* (Balss, 1922). Aquaculture International 16: 417–425.

AOAC. 1990. Official methods of analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arington, 290 p

Boonyaratpalin, M. 1991. Asian seabass, *Lates calcarifer*. In Handbook of Nutrition Requirement of Finfish. CRC press 5-11.

Chaitanawisuti, N. and A. Kritsanapuntu. 1999. Effects of different feeding regimes growth, survival and feed conversion of hatchery-reared juveniles of the spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, in flow-through culture system. Aquaculture Research 30: 589-593.

Chaitanawisuti, N. and A. Kritsanapuntu. 1999. Growth and production of hatchery-reared juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, cultured to marketable sizes in intensive flow-through and semi-closed recirculating water system. Aquaculture Research 31: 415-419

Chaitanawisuti, N. and A. Kritsanapuntu. 1999. Experimental culture of hatchery-reared juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, (Neogastropoda: Buccinidae) in Thailand. Asian Fisheries Science 12: 77-82

Chaitanawisuti, N., A. Kritsanapuntu and Y. Natsukari. 2001(a). Growth, feed efficiency and survival of hatchery-reared juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, fed with formulated diets. Asian Fisheries Science 14: 53-59.

Chaitanawisuti, N., A. Kritsanapuntu and Y. Natsukari. 2001(b). Growth trials for polyculture of hatchery-reared juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, in flow-through seawater system. Aquaculture Research 32: 247-250.

Chaitanawisuti, N., A. Kritsanapuntu and Y. Natsukari. 2001(c). Effects of feeding rates on the growth, survival and feed utilization of hatchery-reared juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, in a flow-through seawater system. Aquaculture Research 32: 689-692.

Goddard, S. 1996. Feed Management in Intensive Aquaculture. Chapman & Hall. New York, USA. 189 pp.

Le, V. and D.N. Ngo. 2006. Effect of fresh feed on growth of maculated ivory whelk *Babylonia areolata*. Fisheries Informatics Centre. Fisheries Review No. 8.

Nasution, S. and D. Roberts. 2004. Laboratory trials on the effects of different diets on growth and survival of the common whelk, *Buccinum undatum* L. 1758, as a candidate species for aquaculture. Aquaculture International 12: 509–521.

Raghunathan, C., J.K. Patterson and K. Ayyakkannu. 1994. Long-term study on food consumption and growth rate of *Babylonia spirata* (Neogastropoda: Buccinidae) Phuket Marine Biological Center Special Publication 15: 199-204.

Uki, N. and T. Watanabe. 1992. Review of nutritional requirements of abalone (*Haliotis* spp.) and development of more efficient artificial diets. In: Sphepherd S.A., M.J. Tegner and S.A. Guzman Del Proo (Eds.) Abalone of the world: Fisheries Biology and Culture. Proceeding of the 1st International Symposium on Abalone. Fishing News Books. Oxford. 504-517.

Wilson, R.P. 2002. Amino acids and proteins, In: Halver J.E., R.W. Hardy (Eds.) Fish Nutrition. 3rd ed. Academic Press. New York. 143-179.

Zhou, J., Q. Zhou, S. Chi, Q. Yang and C. Liu. 2007. Optimal dietary protein requirement for juvenile ivory shell, *Babylonia areolata*. Aquaculture 270: 186–172.

ภาคผนวก

การเจริญของหอยหวานที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารผสมแบบแห้ง อาหารผสมแบบกึ่งเปียก อาหารผสมแบบไส้กรอก และเนื้อปลาข้างเหลืองเป็นเวลา 60 วัน

ระยะเวลา	ความยาว (เซนติเมตร)				น้ำหนัก (กรัม)			
(วัน)	แห้ง	กึ่งเปียก	ไส้กรอก	เนื้อปลา	แห้ง	กึ่งเปียก	ไส้กรอก	เนื้อปลา
0	1.04±0.02	1.04±0.02	1.04±0.02	1.04±0.02	0.27±0.02	0.27±0.02	0.27±0.02	0.27±0.02
15	1.15±0.10	1.17±0.04	1.18±0.07	1.17±0.04	0.28±0.04	0.30±0.04	0.29±0.04	0.29±0.02
30	1.18±0.10	1.34±0.08	1.33±0.11	1.33±0.02	0.29±0.04	0.33±0.09	0.32±0.03	0.34±0.05
45	1.22±0.07	1.39±0.05	1.36±0.09	1.41±0.05	0.32±0.02	0.36±0.03	0.36±0.03	0.43±0.02
60	1.26±0.33	1.42±0.08	1.40±0.01	1.44±0.06	0.36±0.05	0.46±0.08	0.43±0.02	0.55±0.02

การเจริญของหอยหวานที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับเป็นเวลา 6 เดือน

ระยะเวลา	ความยาว (เซนติเมตร)			น้ำหนัก (กรัม)		
(เดือน)	20%	28%	36%	20%	28%	36%
0	0.82±0.16	0.82±0.16	0.82±0.16	0.22±0.17	0.22±0.17	0.22±0.17
1	1.18±0.03	1.45±0.04	1.39±0.01	0.36±0.00	0.42±0.01	0.47±0.01
2	1.36±0.04	1.59±0.05	1.52±0.02	0.49±0.08	0.65±0.01	0.65±0.01
3	1.43±0.08	1.85g±0.16	1.78±0.01	0.53±0.08	1.04±0.13	0.98±0.01
4	1.52±0.11	2.12±0.16	2.10±0.11	0.69±0.15	1.64±0.19	1.56±0.12
5	1.67±0.14	2.34±0.01	2.33±0.08	0.70±0.14	1.77±0.16	2.03±0.07
6	1.68±0.13	2.37^{f}±0.01	2.41±0.01	0.82±0.30	2.07±0.07	2.37±0.06