

## การอนุบาลลูกหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807)

### จากระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่นโดยวิธีต่าง ๆ

## Nursing Techniques of Babylon Snail (*Babylonia areolata* Link, 1807)

### from Veliger Larvae to Early Juveniles

#### คำนำ

หอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807) เป็นหอยทะเลฝาเดียว (marine gastropod) ที่มีเปลือกแข็งหุ้มตัวและมีลำตัวนุ่ม เปลือกซึ่งมีผิวชั้นนอกสุดของเปลือกหรือชั้นเพอริสตรัคัม (periostracum) ที่บางปกคลุมอยู่และมีเส้นขนติดอยู่กับชั้นนี้และเปลือกมีลายสีเหลี่ยมผืนผ้าสีน้ำตาลเข้มเรียงเป็นแถวตามแนววงซึ่งบริเวณส่วนยอดมักพบแถบสีน้ำตาล 1 แถวและวงสุดท้ายมีแถบสีน้ำตาล 3 แถว บริเวณด้านล่างของรอยต่อระหว่างวง (suture) โค้งมนไม่ยกตัวเป็นสัน วงสุดท้าย (last whorl หรือ body whorl) พองกลม วงของเปลือกเวียนไปทางเดียวกับการหมุนของเข็มนาฬิกา หรือเวียนขวา (dextral) (วันทนา, 2528, 2541; ชานินทร, 2539; ชีระพงศ์, 2547; นิลนาจ และ ศิริษา, 2545) หอยหวานอาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งที่มีพื้นท้องทะเลเป็นทรายและทรายปนโคลนที่ระดับความลึก 10-20 เมตร พบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในบริเวณอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน (ชานินทร, 2539; นิลนาจ และ ศิริษา, 2545; Abbott and Dance, 1989, 1991; Chaitanawisuti and Kritsanapuntu, 1998; Chaitanawisuti *et al.*, 2004) หอยหวานเป็นสัตว์กินเนื้อที่มีต่อมน้ำลายสำหรับสร้างน้ำย่อยและส่งออกมวงยาวที่เรียกว่าโพรบอสซิส (proboscis) เพื่อย่อยอาหารภายนอกร่างกายแล้วจึงดูดกิน การผสมพันธุ์เป็นแบบภายในร่างกาย ไข่จะได้รับการผสมพันธุ์ในท่อนำไข่และถูกหุ้มด้วยเปลือกก่อนถูกปล่อยออกสู่ภายนอก ร่างกาย หอยเพศเมียมีพีดัลแกรนด์ (pedal gland) ที่บริเวณเท้าทำหน้าที่ผลิตเมือกสำหรับใช้ยึดไข่ติดกับวัสดุ (ชานินทร, 2539)

หอยหวานนับว่าเป็นสัตว์ทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีผู้นิยมบริโภคกันแพร่หลายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศเช่น ประเทศจีน ฮองกง ใต้หวัน ญี่ปุ่น อินเดีย ฯลฯ ซึ่งในประเทศอินเดียนั้นหอยหวานชนิด *Babylonia spirata* (Spiral Babylon) เป็นหอยที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก (Raghunathan *et al.*, 1994; Shanmuragaraj *et al.*, 1994; Eadward *et al.*, 1995; Shanmugaraj and Ayyukkannu, 1997) ส่วนประเทศญี่ปุ่นนั้นนิยมบริโภคหอยหวานชนิด *Babylonia japonicus* (Ivory shell) ซึ่งหอยที่มีความยาวเปลือก 4 เซนติเมตร มีราคา 800-1200 เยน

ต่อกิโลกรัม (ชานินทร, 2539) ส่วนประเทศจีนและไต้หวันนิยมบริโภคทั้งหอยหวานชนิด *Babylonia formosae* และ *Babylonia areolata* (Shieh et al., 1999; Zhieh et al., 2005; China Fisheries, 2006) ในปัจจุบันหอยหวานชนิด *Babylonia areolata* Link, 1807 ภายในประเทศไทยค่อนข้างมีราคาสูงกว่าหอยทะเลอื่น ๆ หลายชนิดคือประมาณ 250-360 บาทต่อกิโลกรัม (บังอร และคณะ, 2548; นิลนาจ, 2548) หรือราคาจับซื้อหอยหวานที่ฟาร์มเลี้ยงประมาณ 8.75-9.25 เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัม (Krisanupantu et al., 2005a, 2005b) หรือราคากลาง ณ ตลาดประเทศจีน (Roundearth Aquatic Products Market) ประมาณ 100 หยวนต่อกิโลกรัม (China Fisheries, 2006)

ปัจจุบันนี้ผลผลิตหอยหวานในธรรมชาติมีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็วเพราะมีการจับจากธรรมชาติเป็นจำนวนมากซึ่งหอยหวานที่จับได้มีขนาดเล็กลงทำให้การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรไม่คุ้มค่าจึงทำให้เกิดการขาดแคลนพันธุ์หอยที่จะเติบโตเป็นพ่อแม่พันธุ์ในธรรมชาติ ดังนั้นจึงมีหลายหน่วยงานที่ส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงเพื่อผลิตลูกหอยหวานที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และส่งเสริมการเลี้ยงหอยหวานในเชิงพาณิชย์เช่น กรมประมง สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นต้น

ประเทศไทยเริ่มมีการศึกษาแนวทางการเพาะเลี้ยงหอยหวานเพื่อปล่อยลงแหล่งน้ำธรรมชาติมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 (รัตนา และ ประวิม, 2531) ซึ่งสามารถเพาะเลี้ยงได้แต่ยังผลิตลูกหอยได้น้อย นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2539 ยังมีการศึกษาชีววิทยาบางประการของหอยหวานในบ่อเลี้ยงเพื่อการผลิตพันธุ์สำหรับปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติแต่ยังสามารถผลิตลูกหอยได้จำนวนน้อยเพราะมีอัตราการตายต่ำมาก (ชานินทร, 2539) ปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาการเพาะเลี้ยงหอยหวานกันมากขึ้นแต่อัตราการตายของลูกหอยขนาด 1 เซนติเมตร ยังค่อนข้างต่ำคือประมาณ 0.34-9.82 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ต้นทุนการผลิตหอยหวานขนาดตลาดนั้นมีต้นทุนค่าลูกพันธุ์หอยสูงถึง 40.3 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งราคาลูกพันธุ์หอยหวานยังอยู่ในเกณฑ์สูงเมื่อเทียบกับสัตว์น้ำชนิดอื่นทำให้ธุรกิจการเพาะเลี้ยงหอยหวานไม่แพร่หลายหรือเจริญเติบโตเท่าที่ควรถึงแม้ว่าราคาหอยหวานขนาดบริโภคจะอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง เนื่องจากระยะเวลาในการเลี้ยงเพื่อให้ได้หอยขนาดตลาดอยู่ระหว่าง 6-12 เดือน ซึ่งขึ้นกับขนาดที่ตลาดต้องการ (บังอร และคณะ, 2548) สำหรับตลาดต่างประเทศ ตั้งแต่ 80-150 ตัวต่อกิโลกรัมหรือถ้าเป็นตลาดภายในประเทศต้องการหอยขนาด 40-50 ตัวต่อกิโลกรัม เพราะคนไทยนิยมบริโภคหอยหวานตัวใหญ่กว่าจึงต้องใช้เวลาเลี้ยงนานเป็น 12 เดือน (ดวงพร, 2547)

ส่วนใหญ่การเพาะอนุบาลในโรงเพาะฟักพบว่ามีปัญหาของการอนุบาลลูกหอยระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) ขนาด 5-10 มิลลิเมตร จึงทำให้มีอัตราการตายต่ำ เนื่องจากการอนุบาลระยะวัยอ่อน (veliger larvae) มักพบว่ามีซูโอแทมเนียม (*Zoothamnium* sp.) เกาะตามวิลัม (velum) ของลูกหอยระยะนี้ซึ่งจะขัดขวางการเคลื่อนที่หรือการพัดโบกอาหารเข้าปาก หรือทำให้ลูกหอยสูญเสียการลอยตัวในน้ำจึงจมลงพื้นถึงและตายเป็นจำนวนมาก (รัตนา และ ประวิม, 2531; ธานินทร, 2539; อนุรักษ์, 2545) ส่วนการอนุบาลลูกหอยที่ลงเกาะพื้น (crawling juvenile หรือ settled juvenile) คือลูกหอยตัวเล็ก ๆ นี้มีพฤติกรรมในการสืบคลานไปตามภาชนะที่ใช้อนุบาล ทำให้ลูกหอยส่วนมากสืบคลานมาพื้นผิวน้ำและไม่สามารถกลับลงสู่ภาชนะที่ใช้อนุบาลได้เพราะน้ำหนักตัวยังน้อยมากจึงทำให้แห้งตายเป็นจำนวนมาก (ธานินทร, 2539; นิลนาจ และ อนุตร, 2541, 2542; Chaitanawisuti *et al.*, 2004) ดังนั้นจากการศึกษาที่ผ่านมาของ ธานินทร (2539) ที่ได้อนุบาลระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่นอายุ 1 ปี มีอัตราการตายเฉลี่ย 0.34 เปอร์เซ็นต์ Poomtong และ Nhongmeesub (1996) รายงานว่าการอนุบาลระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่นอายุ 2 เดือน ได้อัตราการตายเฉลี่ยเฉลี่ย 0.84 เปอร์เซ็นต์ นิพนธ์ และ จริญญา (2543) ได้ศึกษาการอนุบาลระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่นขนาด 1 เซนติเมตร ซึ่งมีอัตราการตายสูงสุดเท่ากับ 2.02 เปอร์เซ็นต์ นิลนาจ และ ศิริษา (2545) ซึ่งอนุบาลระยะวัยอ่อนถึงหอยขนาด 0.5 เซนติเมตร ได้อัตราการตายเฉลี่ย 0.19 เปอร์เซ็นต์ ธวัช และคณะ (2548) สรุปว่าการอนุบาลตั้งแต่ไข่ (eggs) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) ขนาด 1 เซนติเมตร มีอัตราการตายเฉลี่ย 7.18 เปอร์เซ็นต์ บังอร และคณะ (2548) กล่าวว่าอนุบาลระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน ได้อัตราการตายเฉลี่ย 9.82 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการศึกษาดังกล่าวมาแล้วนั้นพบปัญหาต่าง ๆ ระหว่างการอนุบาลจึงได้อัตราการตายค่อนข้างต่ำ ส่งผลให้ลูกหอยขนาด 10 มิลลิเมตร หรือลูกหอยขนาด 1 เซนติเมตร ยังคงมีต้นทุนการผลิตสูงโดย นิพนธ์ และ จริญญา (2543) และ บังอร และคณะ (2548) รายงานว่าต้นทุนการผลิตลูกหอยขนาด 1 เซนติเมตร เท่ากับ 1.55 และ 0.56 บาทต่อตัวตามลำดับ ส่วน นิลนาจ และ ศิริษา (2545) ได้ศึกษาต้นทุนการผลิตลูกหอยขนาด 0.5 เซนติเมตร เท่ากับ 0.33 บาทต่อตัว ซึ่งถ้าเกษตรกรนำลูกหอยหวานขนาดดังกล่าวนี้ไปเลี้ยงต่อเพื่อให้ได้หอยขนาดตลาดนั้นจะได้ผลตอบแทนไม่สูงมากเพราะต้องใช้เวลาเลี้ยงนานถึง 6-12 เดือนต่อหนึ่งรอบการเลี้ยง

เนื่องจากหอยในธรรมชาติอาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งที่มีพื้นที่ท้องทะเลเป็นทรายและทรายปนโคลน (ธานินทร, 2539; นิลนาจ และ ศิริษา, 2545; Abbott and Dance, 1989, 1991; Chaitanawisuti and Kritsanapuntu, 1998; Chaitanawisuti *et al.*, 2004) ดังนั้นจึงคาดหวังว่าถ้าอนุบาลลูกหอยหวานจากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) โดยการใส่ทรายละเอียดพื้นถึง

อนุบาลเพื่อเลียนแบบธรรมชาตินั้นจะสามารถเพิ่มอัตราการรอดให้สูงขึ้น รวมทั้งเนื่องจากลูกหอยระยะลงพื้น (crawling juvenile) ที่มีพฤติกรรมคล้ายกับตัวเต็มวัยซึ่งเมื่อกินอาหารอิ่มเต็มที่แล้วจะไต่ขึ้นผนังขอบบ่อแต่ลูกหอยระยะลงพื้นขนาดต่ำกว่า 5 มิลลิเมตร ซึ่งมีน้ำหนักเบาจึงไม่สามารถไต่ขึ้นน้ำหนักตัวให้ตกลงมาในน้ำได้เหมือนตัวเต็มวัยทำให้แห้งตายติดกับขอบบ่อหรือถึงอนุบาล (ชานินทร, 2539; นิลนาจ และ อนุตร, 2541, 2542; Chaitanawisuti *et al.*, 2004) ดังนั้นจึงศึกษาวิธีการอนุบาล โดยการใส่และไม่ใส่ทรายละเอียดที่พื้นถึงอนุบาลในแต่ละช่วงของการอนุบาล เพื่อให้ได้วิธีการใส่ทรายระหว่างการอนุบาลลูกหอยที่เหมาะสมในการเลือกใช้มากที่สุดซึ่งสามารถจัดการได้ง่าย สะดวกในการทำงานและให้ได้อัตราการตายสูงสุด หลังจากได้วิธีการอนุบาลที่ใส่ทรายระหว่างการอนุบาลที่ให้อัตราการตายที่สูงสุดแล้วจึงทำการศึกษาค้นคว้าหาวัสดุที่ติดขอบถึงอนุบาลที่เหมาะสมเพื่อจะลดการสูญเสียของลูกหอยในระยะนี้ที่เก็บคลานมาแห้งตายขอบถึงทดลองเป็นการเพิ่มอัตราการรอดตายของลูกหอยจากระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่นให้สูงขึ้นได้

การทดลองนี้เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาเทคนิคการอนุบาลลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน ให้ได้อัตราการตายสูงขึ้นรวมทั้งศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของลูกหอยและการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่าง ๆ ระหว่างการอนุบาลนั้นจะมีผลกระทบต่ออัตราการตายและอัตราการเจริญเติบโตของลูกหอยหรือไม่เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตลูกหอยหวานขนาด 10 มิลลิเมตร หรือลูกหอยขนาด 1 เซนติเมตร ต่อไป เนื่องจากลูกหอยขนาดนี้สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติเป็นการเพิ่มทรัพยากรรวมทั้งเพิ่มแหล่งทำการประมงหอยหวานในธรรมชาติและเป็นลูกหอยหวานขนาดที่มีความเหมาะสมในการขนย้ายหรือนำไปเลี้ยงเป็นหอยขนาดตลาดต่อไปด้วย ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตลูกหอยหวานให้ได้จำนวนมากและมีอัตราการตายสูงขึ้นจึงจะสามารถลดต้นทุนการผลิตลูกหอยหวานลงได้เพื่อพัฒนาไปสู่การเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืนต่อไป

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำของการอนุบาลลูกหอยหวานจากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน โดยการไม่ใส่และใส่ทรายละเอียดที่พื้นถึงทดลองในแต่ละช่วงของการอนุบาล

2. เพื่อศึกษาหาชนิดวัสดุที่ติดขอบถังชนิดที่สามารถป้องกันการตีปลานขึ้นมาแห้งตาย บริเวณขอบถังร่วมกับวิธีการใส่ทรายละเอียดในช่วงเวลาที่เหมาะสมระหว่างการอนุบาลของลูกหอยจากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน ที่ให้อัตรารอดตายสูงสุดพร้อมทั้งศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกหอยหวาน โดยการใส่วัสดุติดขอบถังชนิดต่าง ๆ

## การตรวจเอกสาร

### การจำแนกทางอนุกรมวิธาน

หอยหวาน หรือ หอยเทพรส หรือ หอยตุ๊กแก เป็นชื่อเรียกตามภาษาท้องถิ่น ชื่อสามัญ เรียกว่า Spotted Babylon, Areola Babylon, Maculated Ivory Shell, Babylon Snail และชื่อวิทยาศาสตร์เรียกว่า *Babylonia areolata* Link, 1807 (ภาพที่ 1)

การจำแนกหอยหวานตามหลักอนุกรมวิธาน (Taxonomy) (วันทนา, 2528, 2541; รัตนา และ ประวิม, 2531; พูลสิน, 2539; นิลนาจ และ ศิริยา, 2545; ชีระพงศ์, 2547)

Phylum Mollusca

Class Gastropoda

Subclass Prosobranchia

Order Neogastropoda

Family Buccinidae

Genus *Babylonia*

Species *areolata*



ภาพที่ 1 หอยหวานชนิด *Babylonia areolata* Link, 1807

## ลักษณะทั่วไป

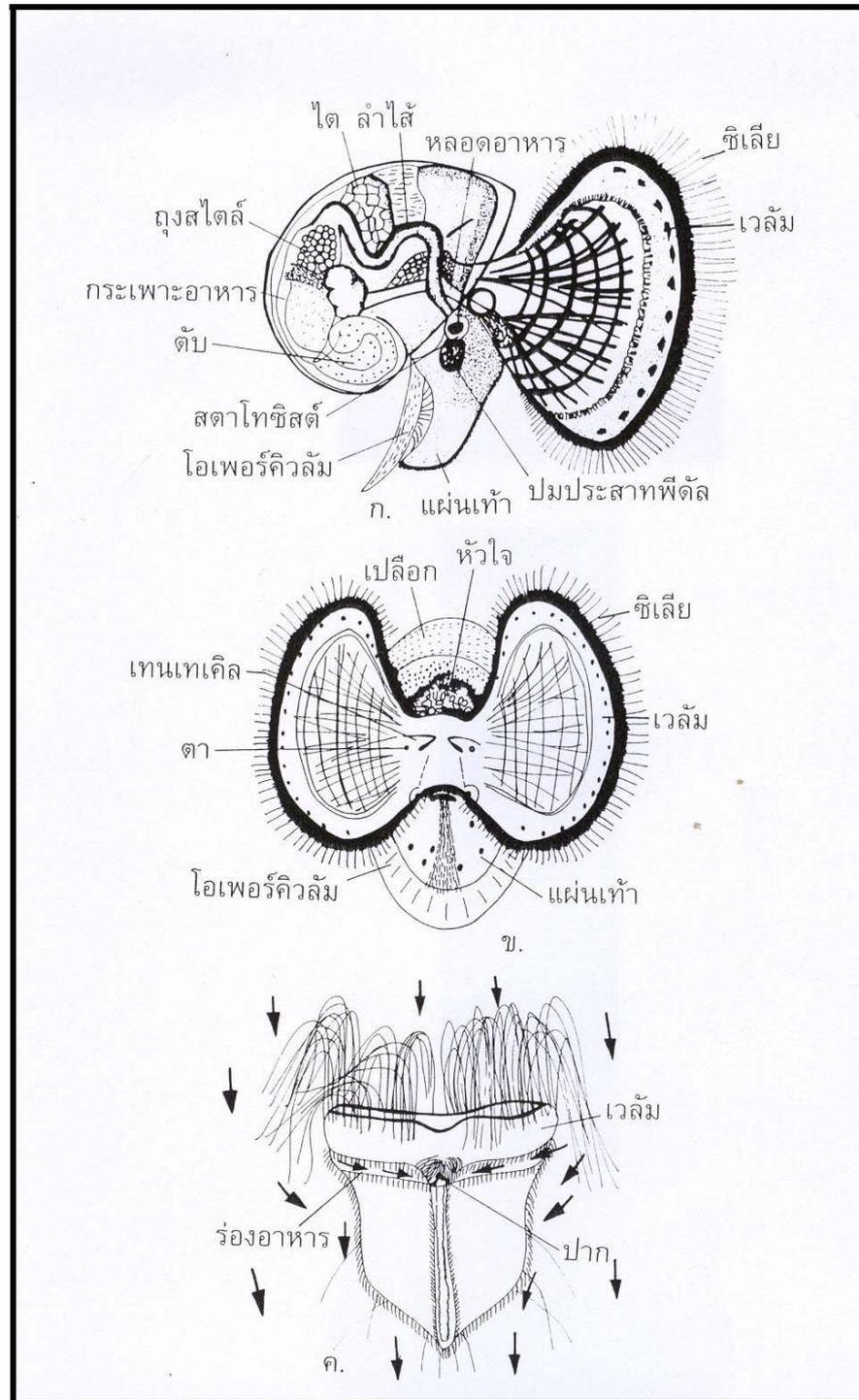
หอยหวานเป็นหอยทะเลฝาเดียว (marine gastropod) ที่มีเปลือกแข็งหุ้มตัวและมีลำตัวนิ่ม เปลือกซึ่งมีผิวชั้นนอกสุดของเปลือกหรือชั้นเพริสตราคัม (periostracum) ที่บางปกคลุมอยู่ และมีเส้นขนติดอยู่กับชั้นนี้ซึ่งเปลือกมีลายสีเหลี่ยมผืนผ้าสีน้ำตาลเข้มเรียงเป็นแถวตามแนววงโดยบริเวณส่วนยอดมักพบแถบสีน้ำตาล 1 แถว บริเวณด้านล่างของรอยต่อระหว่างวง (suture) โค้งมน ไม่ยกตัวเป็นสัน วงสุดท้าย (last whorl หรือ body whorl) พองกลม วงของเปลือกเวียนไปทางเดียวกับการหมุนของเข็มนาฬิกาหรือเวียนขวา (dextral) ส่วนของก้นหอย (spire) สูงปานกลาง หนวดมี 1 คู่ ตามี 1 คู่ เท้าใช้สำหรับคลานฝังตัวหรือใช้ในการเคลื่อนที่ งวง (proboscis) มี 1 อัน เป็นอวัยวะที่ใช้ในการจับและกินอาหาร แผ่นปิดเปลือก (operculum) เป็นชนิดที่เป็นโคตินซึ่งมีรูปทรงไข่ที่สามารถปิดช่องลำตัวได้อย่างสนิท (วันทนา, 2528, 2541; ธานินทร, 2539; นิลนาจ และ ศิริษา, 2545; ธีระพงศ์, 2547)

## แหล่งที่อยู่อาศัยและการแพร่กระจาย

หอยหวานอาศัยอยู่ในบริเวณชายฝั่งที่มีพื้นที่ท้องทะเลเป็นทรายและทรายปนโคลนที่ระดับความลึกประมาณ 10-20 เมตร (ธานินทร, 2539; นิลนาจ และ ศิริษา, 2545; Abbott and Dance, 1989, 1991; Chaitanawisuti and Kritsanapuntu, 1998; Chaitanawisuti *et al.*, 2004) หอยหวานพบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในบริเวณอ่าวไทยและฝั่งอันดามันเช่น ตราด ระยอง จันทบุรี ชลบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ระนองและสตูล (ธานินทร, 2539; นิลนาจ และ ศิริษา, 2545; จรัญ และคณะ, 2547)

## อาหารและการกินอาหาร

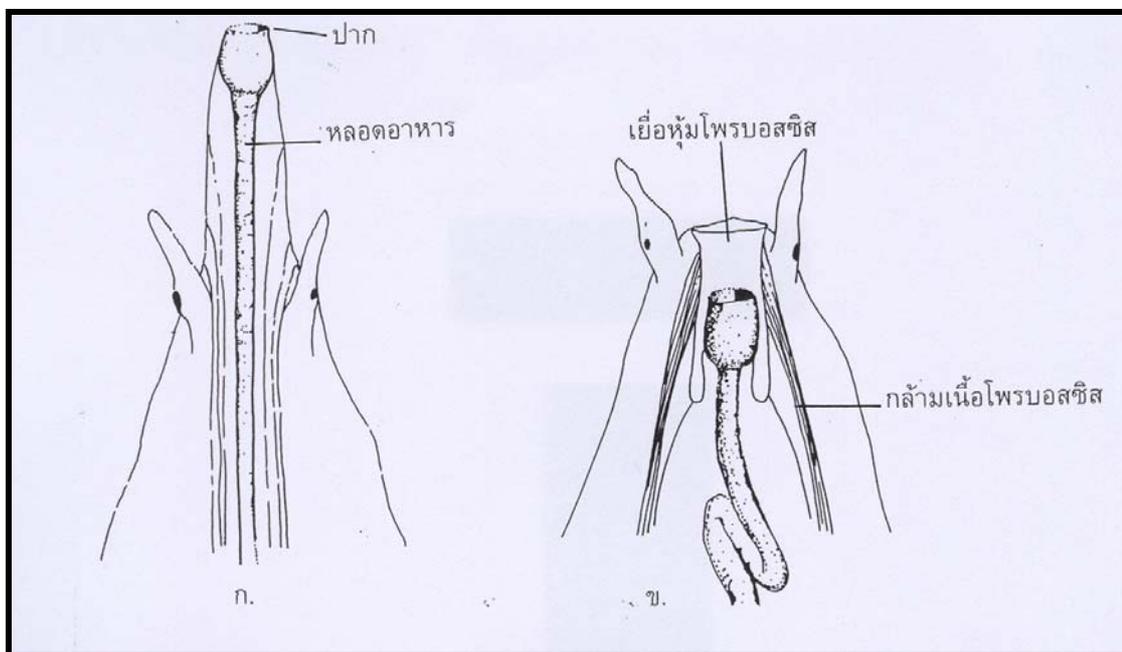
พฤติกรรมการกินอาหารของหอยหวานแบ่งได้ 2 แบบตามช่วงอายุคือลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน (veliger larvae) มีการดำรงชีพแบบแพลงก์ตอน (plankton) ล่องลอยในมวลน้ำและกินอาหารด้วยการกรอง (filter feeder) จำพวกสาหร่ายเซลล์เดียวเช่น คีโตเซอโรส (*Chaetoceros* sp.) สเกลลีโตนีมา (*Skeletonema* sp.) และ ไดอะตอม (diatom) ชนิดต่างๆ (นิลนาจ และ ศิริษา, 2545) ระยะวัยอ่อนของหอยหวานมีลักษณะและพฤติกรรมการกินอาหารคล้ายกับหอยพวก *Crepidula* (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ตัวอ่อนเวลิเจอร์ของหอยโปรโซแบรงเกีย *Crepidula* (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านหน้า (ค) แสดงการกินอาหาร

ที่มา: สุชาติ และคณะ (2538)

สำหรับลูกหอยหวานตั้งแต่ระยะลงพื้น (early juvenile) จนถึงระยะตัวเต็มวัยเป็นสัตว์กินเนื้อเป็นอาหาร (carnivore feeder) ซึ่งหอยหวานกินซากสัตว์ที่ตายแล้วเป็นอาหารทั้งในสภาพสดและไม่สด (นิลนาจ และ ศิริษา, 2545) หอยหวานมีต่อมน้ำลายและต่อมผลิตน้ำย่อย (esophageal gland) สำหรับสร้างน้ำย่อยโปรตีนแล้วส่งออกมาทางงวงหรือโพรบอสซิส (proboscis) เพื่อย่อยและดูดกินอาหารเข้าไปในร่างกาย (วันทนา, 2528, 2541) โพรบอสซิสของหอยโพรแบรงเคีย (Subclass Prosobranchia) ที่กินสัตว์เป็นอาหารประกอบด้วย หลอดอาหาร ช่องปาก (buccal cavity) แผงฟัน (radula) และ ปาก (mouth) อยู่ตรงส่วนปลายสุด โพรบอสซิสนี้บรรจุอยู่ในถุงซึ่งสามารถยืดและหดตัวได้โดยใช้กล้ามเนื้อ (ภาพที่ 3) (สุชาติ และคณะ, 2538 )



ภาพที่ 3 แสดงโพรบอสซิส (proboscis) ของหอยโพรโซแบรงเคีย (Prosobranchia) (ก) ในระยะ  
 คลายตัว (ข) ในระยะหดตัว

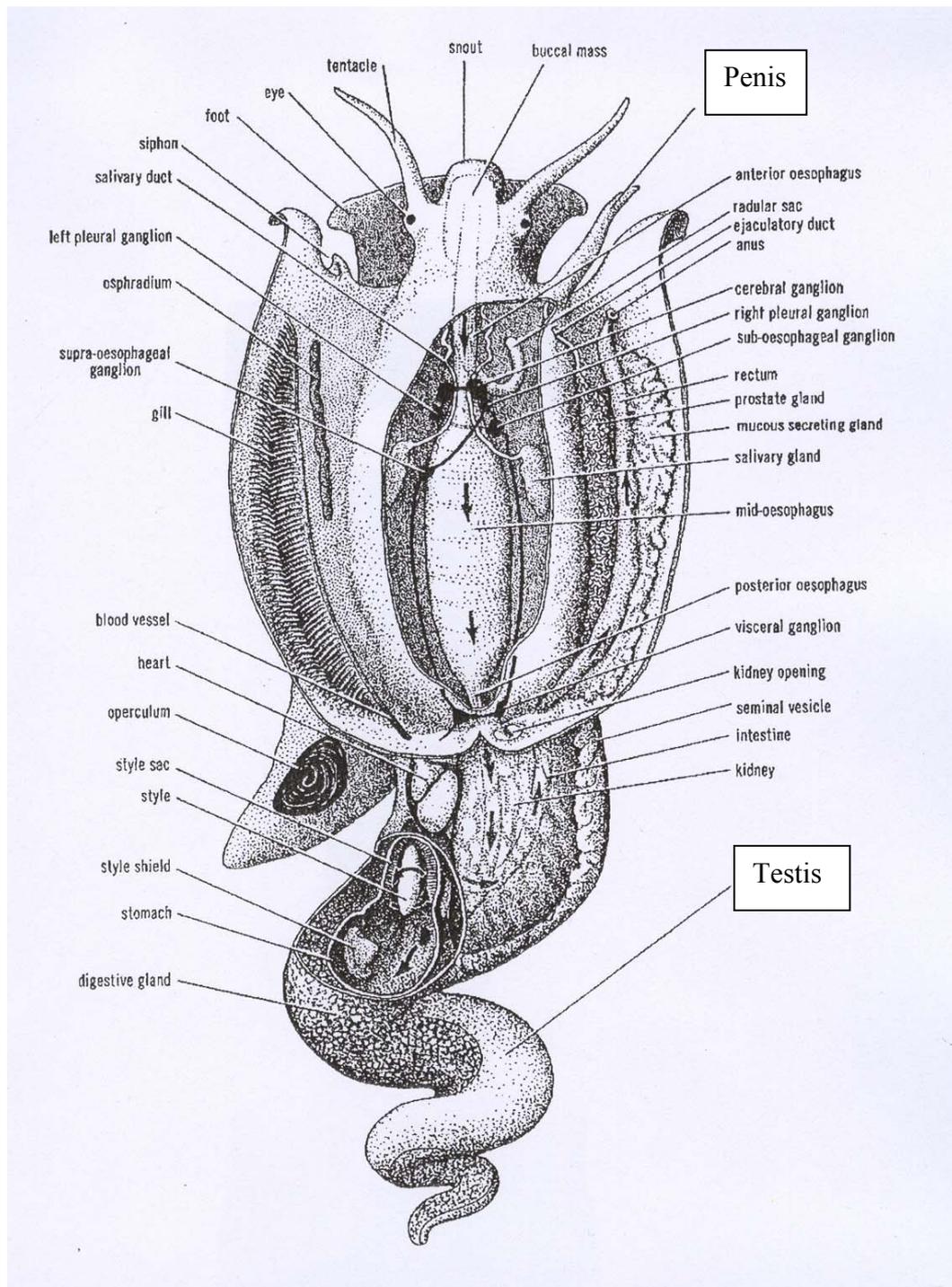
ที่มา: สุชาติ และคณะ (2538)

## วงจรชีวิต

วงจรชีวิตของหอยหวาน (ภาพผนวกที่ ข1) โดยเริ่มจากไข่ที่ปฏิสนธิแล้ว (fertilized eggs) พัฒนาเป็นลูกหอยระยะที่เรียกว่าโทรโคฟออร์ (trochophore larvae) ภายในเวลา 24 ชั่วโมง หลังการวางไข่ ลูกหอยระยะนี้จะเจริญอยู่ภายในฝักไข่เป็นเวลาประมาณ 4-5 วัน หลังจากนั้นลูกหอยระยะวัยอ่อนที่เรียกว่าระยะเวลลิเจอร์ (veliger larvae) จึงฟักออกจากฝักไข่และดำรงชีพแบบแพลงก์ตอน ล่องลอยอยู่ในมวลน้ำซึ่งลูกหอยระยะวัยอ่อนจะเจริญเข้าสู่ลูกหอยระยะลงพื้น (crawling juvenile หรือ settled juveniles) ภายในเวลาประมาณ 14-16 วัน โดยที่ลูกหอยระยะนี้มีเปลือกและรูปร่างสมบูรณ์เหมือนพ่อแม่ทุกประการและดำรงชีพด้วยการคืบคลานบนพื้นทะเล หอยหวานสามารถเริ่มเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (first maturity) ได้ที่ความยาวเปลือกประมาณ 3.6 เซนติเมตร (นิลนาจ และ ศิริญา, 2545) หรือแม่หอยหวานที่เลี้ยงในโรงเพาะฟักประมาณ 8 เดือน ถึง 1 ปี ซึ่งมีความยาวเปลือก 3.88 เซนติเมตร ก็สามารถผสมพันธุ์วางไข่ได้ (ชานินทร, 2539; กเชนทร, 2544)

## การสืบพันธุ์

หอยหวานเป็นสัตว์ที่มีเพศแยก (dioecious) คือ เพศผู้และเพศเมียไม่ได้อยู่ในตัวเดียวกัน และไม่สามารถจำแนกเพศของหอยหวานได้จากลักษณะเปลือกภายนอก การจำแนกเพศของหอยหวานสามารถทำได้เมื่อหอยยึดตัวออกมาจากเปลือกโดยเพศผู้สามารถเห็นอวัยวะสืบพันธุ์ที่เรียกว่า ฟินิส (penis) ซึ่งมีรูปร่างคล้ายดิ่งรูปใบไม้ (leaflet shape) มีสีเหลืองอ่อนอยู่ที่โคนหมวดด้านขวา (ภาพที่ 4 และ ภาพที่ 5) สำหรับเพศเมียจะไม่พบอวัยวะใด ๆ ที่ตำแหน่งเดียวกันแต่มีพิตัลแกรนด์ (pedal gland) ที่บริเวณเท้าซึ่งทำหน้าที่ผลิตเมือกใช้สำหรับยึดไข่กับวัตถุ (ภาพที่ 6) ระบบสืบพันธุ์ของเพศผู้ประกอบด้วยอัณฑะ (testis) อยู่บริเวณปลายสุดของส่วนเปลือก ต่อมสร้างฮอร์โมนเพศ (prostate gland) ท่อส่งสเปิร์ม (sperm duct) และช่องเปิดออกทางฟินิส ส่วนระบบสืบพันธุ์ของเพศเมียประกอบด้วยรังไข่ (ovary) อยู่บริเวณปลายสุดของส่วนเปลือก ต่อมสร้างไข่ขาว (albumin gland) และต่อมสร้างเปลือก (capsule gland) (วันทนา, 2528, 2541; ชานินทร, 2539; นิลนาจ และ ศิริญา, 2545)



ภาพที่ 4 ลักษณะของหอยกาบเดี่ยวพวก Mesogastropod แสดงอวัยวะภายในของหอยเพศผู้ (Penis และ Testis)

ที่มา: วันทนา (2541)

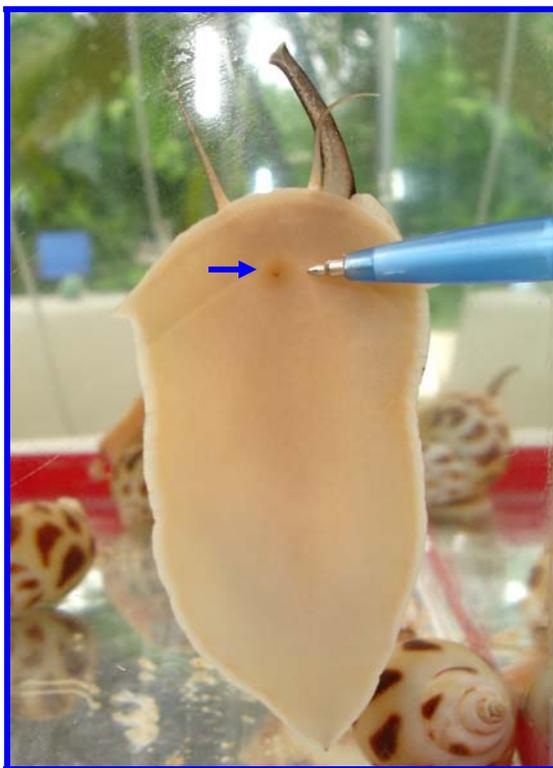


(ก)



(ข)

ภาพที่ 5 อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (penis) ซึ่งมีรูปร่างเป็นดิ่งคล้ายรูปใบไม้ (leaflet shape) มีสีเหลืองอ่อนอยู่บริเวณโคนหมวดด้านขวา [(ก) และ (ข); ลูกศรชี้] เพศเมียจะไม่พบอวัยวะใด ๆ ที่ตำแหน่งเดียวกัน [(ก) ; ซ้าย = ตัวผู้, ขวา = ตัวเมีย]



(ก)



(ข)

ภาพที่ 6 ช่องเปิดบริเวณเท้าที่เป็นทางออกของไขในเพศเมียซึ่งมีฟีดัลแกรนด์ (pedal gland) ที่ทำหน้าที่ผลิตเมือกใช้สำหรับยึดไขกับวัตถุ [(ก) และ (ข); ลูกศรชี้]

## ฤดูกาลวางไข่

หอยหวานสามารถวางไข่ได้เองตลอดทั้งปี (ชานินทร, 2539; นิลนาจ และ ศิริษา, 2545; Thu *et al.*, 1999, 2001) ชานินทร, 2539 รายงานว่าช่วงวางไข่สูงสุดอยู่ในเดือนมีนาคมหรือบางรายงานกล่าวว่าช่วงที่วางไข่สูงสุดพบในเดือนมีนาคมและเดือนกรกฎาคม (Thu *et al.*, 1999, 2001) ส่วนนิลนาจ และ ศิริษา (2545) พบว่าช่วงที่หอยหวานมีการวางไข่มากที่สุดคือระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-สิงหาคม ส่วนพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ซึ่งมีขนาด 35-42 เซนติเมตร สามารถวางไข่ได้หลังจากเลี้ยงได้ 7 เดือน โดยใช้อัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย 1 : 1.38 ถึง 1 : 2.65 (Thu *et al.*, 1999, 2001)

สำหรับหอยหวานชนิด *Babylonia spirata* ที่รวบรวมพ่อแม่พันธุ์จากชายทะเลชายฝั่ง Porto Novo บริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของอินเดียมีช่วงฤดูกาลวางไข่อยู่ในระหว่างฤดูมรสุมคือมกราคม-มีนาคม อาจไปถึงฤดูร้อนระหว่างเดือนเมษายน-พฤษภาคม (Shanmugarai *et al.*, 1994) ส่วนหอยหวานชนิด *Babylonia spirata* ที่นำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการจะวางไข่ได้ในเดือนมกราคม-สิงหาคม (Shanmugaraj and Ayyakkannu, 1997)

## การวางไข่

ส่วนใหญ่หอยหวานมักวางไข่ในเวลากลางคืน (Poomtong and Nhongmeesub, 1996) แต่กลางวันก็สามารถวางไข่ในโรงเพาะฟักได้เช่นเดียวกัน (ภาพที่ 7) แม่หอยวางไข่เป็นฝักซึ่งแม่หอย 1 ตัว สามารถออกไข่ครั้งละ 20-70 ฝัก ซึ่งแต่ละฝักมีไข่ 361-633 ฟอง (รัตนา และ ประวิม, 2531) ฝักไข่ของหอยหวานมีขนาดความยาวเฉลี่ย 29.31 มิลลิเมตร ความกว้างเฉลี่ย 10.32 มิลลิเมตร ซึ่งมีจำนวนฟองไข่อยู่ภายใน ระหว่าง 120 – 1,349 ฟอง ไข่มีขนาด 263 ไมครอน ซึ่งฟักออกเป็นตัวภายในเวลา 5- 7 วัน โดยมีอัตราการฟัก 95.1 เปอร์เซ็นต์ (ชานินทร , 2539) เช่นเดียวกับการศึกษาของ นิลนาจ และ ศิริษา (2545) ที่รายงานว่าแม่พันธุ์หอยหวานความยาวเปลือก 5.0-6.5 เซนติเมตรสามารถวางไข่เฉลี่ย 54 ฝักต่อตัวต่อครั้ง ฝักไข่ส่วนใหญ่มีขนาดใกล้เคียงกันคือมีความยาวเฉลี่ย 2.1 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 0.9 เซนติเมตร ฝักไข่จะมีไข่ที่ปฏิสนธิแล้ว (fertilized eggs) เฉลี่ย 870 ฟองต่อฝัก (493-1,253 ฟอง) ซึ่งไข่ที่ปฏิสนธิแล้วมีลักษณะทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 430 ไมครอน (340-520 ไมครอน) และแขวนลอยอยู่ในของเหลวใส ๆ ภายในฝักไข่ ในประเทศเวียดนามพบว่าพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์สามารถวางไข่ได้หลังจากเลี้ยงได้ 7 เดือน โดยแม่พันธุ์ 1 ตัว สามารถวางไข่ได้ 18-75 ฝัก (เฉลี่ย 38 ฝัก) ซึ่งมีจำนวนไข่เฉลี่ย 743 ฟองต่อฝัก ฝักไข่มี

ขนาด 30.6×7.9 มิลลิเมตร หลังจากนั้น 6 วัน จึงฟักออกมาจากไข่เป็นระยะเวลาลีเจอ์ประมาณ 16-18 วัน จึงพัฒนาเป็นระยะลงพื้น (crawling juveniles) อัตราส่วนของไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิเท่ากับ 83 เปอร์เซ็นต์ และอัตราฟักของไข่เท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ (Thu *et al.*, 1999, 2001)

สำหรับหอยหวานชนิด *Babylonia spirata* ที่รวบรวมพ่อแม่พันธุ์จากชายทะเลชายฝั่ง Porto Novo บริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของอินเดียมีช่วงฤดูกาลวางไข่อยู่ในระหว่างฤดูมรสุมคือมกราคม-มีนาคม อาจไปถึงฤดูร้อน เมษายน-พฤษภาคม ซึ่งแม่พันธุ์สามารถให้ฟักไข่ 24-55 ฟักต่อตัว และมีไข่ 900 ฟองต่อฟัก (Shanmugarai *et al.*, 1994) ถ้านำหอยหวานชนิด *Babylonia spirata* มาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการนั้นสามารถวางไข่ได้ในเดือนมกราคม – สิงหาคม ซึ่งได้ฟักไข่ 12-65 ฟักต่อตัว และมีจำนวนไข่ 178-676 ฟองต่อฟัก (Shanmugaraj and Ayyakkannu, 1997)



ภาพที่ 7 แม่หอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807) ที่กำลังวางไข่บนพื้นทรายของบ่อซีเมนต์ในโรงเพาะฟักในเวลากลางวัน

**การอนุบาลลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ระยะลงพื้น (crawling juvenile หรือ settled juvenile) และระยะวัยรุ่น (early juvenile)**

ในปี พ.ศ. 2531 รัตนา และ ประวิม ได้ริเริ่มเพาะเลี้ยงหอยหวานชนิด *Babylonia areolata* Link, 1807 ณ ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ต.เพ อ. เมือง จ. ระยอง โดยอนุบาลระยะเวลลิเจอร์ที่ฟักออกจากฝักไข่มีขนาด 400-500 ไมครอน อาหารที่ให้ป้อนเป็นสาหร่ายเซลล์เดียวสีน้ำตาลชนิด *Isochrysis* sp. และไดอะตอม (diatom) หลายชนิด ซึ่งลูกหอยอยู่ในระยะ เวลลิเจอร์ 8 วัน จึงเปลี่ยนเป็นระยะลงเกาะพื้น (spat) ที่มีขนาดความยาวเปลือก 1-2 มิลลิเมตร และให้อาหารด้วยเนื้อปลาสด แต่ในการศึกษาครั้งนั้นพบว่ามิซูโอเทมเนียม (*Zoothamnium* sp.) เกาะตามวิลัม (velum) ของลูกหอยระยะเวลลิเจอร์ซึ่งขัดขวางการเคลื่อนที่และการพัดโบกอาหารเข้าปากทำให้ลูกหอยจมลงก้นถังและตายเป็นจำนวนมาก อาจเนื่องมาจากความสะอาดของน้ำที่ใช้ในการอนุบาลที่ผ่านการกรองแต่ไม่มีระบบการฆ่าเชื้อ ส่วนปัญหาของการอนุบาลลูกหอยที่ลงเกาะพื้นแล้วคือลูกหอยตัวเล็ก ๆ จะเคลื่อนที่ขึ้นมาตามผนังบ่อจนพ้นระดับน้ำแล้วไม่สามารถเคลื่อนที่ลงไปได้จึงแห้งตายจำนวนมาก หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2539 ธานีทร รายงานว่าการอนุบาลระยะเวลลิเจอร์ถึงระยะลงพื้นมีอัตราการรอดเฉลี่ย 1.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบปัญหาซุโอเทมเนียมเกาะทำให้ลูกหอยสูญเสียการลอยตัวในน้ำจึงจมลงก้นถังและตายในที่สุดเช่นเดียวกัน ส่วนการอนุบาลระยะลงพื้นนั้นได้ย้ายมาอนุบาลในกระชังสี่เหลี่ยมซึ่งทำด้วยฝากรองขนาด 700 ไมครอน เป็นเวลา 1 เดือน จึงย้ายไปเลี้ยงต่อในถังทดลองที่พื้นถึงใส่ทรายหยาบหนา 5 เซนติเมตร จนลูกหอยอายุ 1 ปี ได้อัตราการรอดตายเฉลี่ย 24.47 เปอร์เซ็นต์ แต่พบว่าลูกหอยมีการตายในช่วงที่ศึกษาเดือนแรกมากถึง 73.6 เปอร์เซ็นต์ เป็นเพราะลูกหอยในช่วงแรกต้องอนุบาลในกระชังที่จมอยู่ในน้ำตลอดเวลา เนื่องจากลูกหอยระยะดังกล่าวมีพฤติกรรมในการสืบคลานไปตามภาชนะที่ใช้อนุบาลทำให้ลูกหอยส่วนมากสืบคลานมาพื้นผิวหน้าและไม่สามารถกลับลงสู่ภาชนะที่ใช้อนุบาลได้ซึ่งลูกหอยช่วงนี้มีน้ำหนักตัวยังน้อยมากจึงทำให้แห้งตายเป็นจำนวนมาก ดังนั้นเมื่อนำลูกหอยมาอนุบาลในกระชังจึงต้องทำความสะอาดกระชังหลังการให้อาหารจึงทำให้เปลือกของลูกหอยซึ่งบางมากแตกและทำให้ลูกหอยตายในที่สุด แต่เมื่อผ่านช่วงการอนุบาลในกระชังแล้วการตายของลูกหอยลดน้อยลงอย่างเด่นชัด หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2541 และ พ.ศ. 2542 นิลนาจ และ อนุตร ได้อนุบาลระยะวัยอ่อนถึงระยะลงพื้นได้อัตราการรอดตายเฉลี่ย 1.8-3.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลูกหอยระยะวัยอ่อนเปลี่ยนแปลงเป็นระยะลงพื้นในถังที่ไม่ได้ใส่ทรายที่พื้นถัง หลังจากนั้นได้ย้ายระยะลงพื้นไปอนุบาลในถังใหม่ที่มีทรายละเอียดที่พื้นถังแต่ลูกหอยมีอัตราการตายสูงเพราะลูกหอยระยะนี้สืบคลานไปตามผนังภาชนะที่ใช้ในการอนุบาลซึ่งลูกหอยส่วนมากจะคลานขึ้นมาพื้นผิวหน้าและไม่สามารถกลับลงสู่ถังน้ำได้เพราะน้ำหนักตัวยังน้อยจึงแห้งตายไปในที่สุดทำให้มีอัตราการรอดตายจากระยะลงพื้นถึงระยะวัยรุ่นเพียง 4.8 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาในปี

พ.ศ. 2543 นิพนธ์ และ จริญ รายงานว่าการอนุบาลระยะเวลติเจอร์จนถึงระยะวัยรุ่นในความหนาแน่นต่าง ๆ ได้อัตราการรอดตายเฉลี่ยตั้งแต่ 0.60-4.62 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในความหนาแน่น 50-100, 400-600 และ 800-1,000 ตัวต่อลิตร สามารถรวบรวมลูกหอยได้ตั้งแต่วันที่ 17-25, 21-30 และ 27-30 ของการอนุบาล ตามลำดับ แต่ที่ความหนาแน่น 400 ตัวต่อลิตร ให้อัตราการรอดตายสูงสุด คือ 4.62 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในปี พ.ศ. 2545 นิลนาจ และ ศิริษา ศึกษาการอนุบาลระยะวัยอ่อนถึงระยะลงพื้น ได้อัตราการรอดตายตั้งแต่ 0.5-4.8 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ย 1.8 เปอร์เซ็นต์) และระยะลงพื้นถึงระยะวัยรุ่น ความยาวเปลือก 0.5 ซม. ที่มีอัตราการรอดตายตั้งแต่ 4.8-21.4 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ย 10.7 เปอร์เซ็นต์) ส่วนอนุรักษ์ (2545) ได้อนุบาลลูกหอยระยะเวลติเจอร์ด้วยแพลงก์ตอน 3 ชนิด คือ *Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana* และ *Tetraselmis suecica* นั้นพบว่าทำให้แพลงก์ตอนชนิด *Chaetoceros calcitrans* ได้อัตราการรอดตายสูงสุดเฉลี่ย 3.07 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็พบปัญหาซูโอแอมเนียมเกาะที่เปลือกของลูกหอยระยะเวลติเจอร์จนทำให้สูญเสียการลอยตัวในน้ำจึงจมลงสู่พื้นถึงและตายได้เช่นกัน ต่อมาในปี พ.ศ. 2547 จริญ และ วัลลภ ซึ่งอนุบาลระยะวัยอ่อนถึงระยะลงพื้นด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิด *Isochrysis* sp. ที่ความหนาแน่น 3 ระดับ แล้วได้อัตราการรอดตายเฉลี่ย 1.48-2.59 เปอร์เซ็นต์ และสรุปว่าการอนุบาลลูกหอยโดยให้ *Isochrysis* sp. ที่ความหนาแน่น 20,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ให้อัตราการรอดตายสูงที่สุดคือ 2.59 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2548 ธวัช และคณะ พบว่าการอนุบาลตั้งแต่ไปถึงระยะลงพื้นขนาด 1 เซนติเมตร ได้อัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 7.18 เปอร์เซ็นต์ ส่วน บังอร และคณะ (2548) ได้รายงานว่าการอนุบาลตั้งแต่ระยะเวลติเจอร์ถึงระยะลงพื้นที่อายุ 60 วัน ได้อัตราการรอดตายตั้งแต่ 8.59-11.20 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ย 9.82 เปอร์เซ็นต์) ท้ายสุดในปี พ.ศ. 2549 ปริญญา และ สมพิศ ที่อนุบาลระยะเวลติเจอร์ (veliger larvae) ถึงระยะลงพื้น (settled juvenile) ได้อัตราการรอดตั้งแต่ 5.44-25.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการอนุบาลระยะเวลติเจอร์ถึงระยะลงพื้นโดยให้อาหารเป็นแพลงก์ตอนชนิด *Chaetoceros* sp. ในวันที่ 1-5 ของการอนุบาล และให้แพลงก์ตอนชนิด *Tetraselmis* sp. ในวันที่ 6 ของการอนุบาลถึงระยะลงพื้นนั้นสามารถให้อัตราการรอดตายสูงสุดเฉลี่ย 25.50 เปอร์เซ็นต์ Poomtong และ Nhongmeesub (1996) ศึกษาการอนุบาลระยะเวลติเจอร์ (veliger larvae) ถึงระยะลงพื้น (settled juvenile) พบว่ามีอัตราการรอดตายตั้งแต่ 3.7-23.9 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ย 13.8 เปอร์เซ็นต์) หลังจากนั้นจึงอนุบาลระยะลงพื้นถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) เป็นเวลา 2 เดือน ได้อัตราการรอดตายตั้งแต่ 3.4-7.4 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ย 6.1 เปอร์เซ็นต์) ส่วนการศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลด้านความเค็มพบว่าการพัฒนาของตัวอ่อนระยะเวลติเจอร์ (veliger larvae) ถึงระยะลงพื้น (newly settled juveniles) มีความเค็มที่เหมาะสมคือ 30-35 ส่วนในพันส่วน (ppt) ส่วนในลูกหอยขนาด 1-10 มิลลิเมตร มีความเค็มที่เหมาะสม คือ 27-37 ส่วนในพันส่วน ส่วนความเค็มต่ำสุดและสูงสุดที่หอยอยู่ได้ คือ 15 และ 49 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ (Thu et al., 1999) เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นของการอนุบาลลูกหอยระยะวัยอ่อนพบว่าน่าจะมีผลกระทบต่อ

อัตราการตายของลูกหอยเช่นเดียวกันซึ่ง บังอร และคณะ (2548) ได้อนุบาลระยะวัยอ่อนที่ความหนาแน่นตั้งแต่ 720-1,233 ตัวต่อลิตร หรือความหนาแน่นเฉลี่ย 920 ตัวต่อลิตร ได้อัตราการตายของลูกหอยระยะวัยรุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 9.82 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการศึกษาของ นิพนธ์ และ จริญญา (2543) นั้นรายงานว่า การอนุบาลระยะวัยอ่อนที่ระดับความหนาแน่น 50-600 ตัวต่อลิตร ได้ลูกหอยระยะลงพื้นที่มีอัตราการรอดที่สูงคือ 1.91-4.62 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความหนาแน่นสูงมากกว่า 600-1,000 ตัวต่อลิตร ได้ลูกหอยระยะลงพื้นที่มีอัตราการรอดต่ำกว่าคือ 0.60-0.62 เปอร์เซ็นต์ แต่การอนุบาลที่ความหนาแน่น 50-200 ตัวต่อลิตร นั้นสามารถรวบรวมระยะลงพื้นที่ตั้งแต่วันที่ 17-25 ของการอนุบาล ส่วนความหนาแน่น 400-600 ตัวต่อลิตร นั้นสามารถรวบรวมระยะลงพื้นที่ตั้งแต่วันที่ 21-30 ของการอนุบาล แต่รายงานของ นิพนธ์ และ จริญญา (2543) มีความขัดแย้งกับการศึกษาของ Shieh และ Liu (1999) ซึ่งอนุบาลลูกหอยหวานชนิด *Babylonia formosae* ในระยะวัยอ่อนที่ระดับความหนาแน่นต่าง ๆ ได้แก่ 1,000 , 2,000 , 4,000 และ 8,000 ตัวต่อลิตร ผลการศึกษาพบว่า การอนุบาลลูกหอยที่ความหนาแน่นสูงกว่าสามารถกระตุ้นให้ลูกหอยระยะวัยอ่อนพัฒนาและเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นระยะลงพื้นที่ได้เร็วกว่าและให้อัตราการตายของระยะลงพื้นที่ได้สูงกว่า ดังนั้น Shieh และ Liu (1999) จึงสรุปว่าการอนุบาลที่ความหนาแน่นเท่ากับ 8,000 ตัวต่อลิตร สามารถเปลี่ยนจากระยะวัยอ่อนเป็นระยะลงพื้นที่ใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 3.21 วันเท่านั้น ส่วนการศึกษาของ นิลนาจ และ อนุตร (2541) ที่ได้อนุบาลระยะวัยอ่อนที่ความหนาแน่นเท่ากับ 10,000 ตัวต่อลิตร ซึ่งเป็นความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกับความหนาแน่นสูงสุดของ Shieh และ Liu (1999) แต่เป็นความหนาแน่นที่สูงกว่าการศึกษาของ บังอร และคณะ (2548) หลายเท่านี้จึงทำให้ได้อัตราการตายของลูกหอยระยะลงพื้นที่เพียง 1.8-3.2 เปอร์เซ็นต์ หรือ นิลนาจ และ ศิริษา (2545) ได้รายงานว่า การอนุบาลลูกหอยระยะวัยอ่อนที่ความหนาแน่น 400-500 ตัวต่อลิตร นั้นถึงแม้ว่าความหนาแน่นต่ำกว่าของการศึกษาของ นิลนาจ และ อนุตร (2541) บังอร และคณะ (2548) Shieh และ Liu (1999) แต่กลับได้อัตราการตายของลูกหอยระยะลงพื้นที่เฉลี่ยเพียง 1.8 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (ตั้งแต่ 0.5-4.8 เปอร์เซ็นต์) ส่วน ธวัช และคณะ (2548) ได้อนุบาลระยะวัยอ่อนที่ความหนาแน่นตั้งแต่ 75-150 ตัวต่อลิตร ซึ่งเป็นความหนาแน่นที่ต่ำกว่าการศึกษาดังกล่าวมาแล้วนั้นก็ได้อัตราการตายของลูกหอยระยะวัยรุ่นเพียง 7.18 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นต้องมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น ชนิดของอาหารที่เหมาะสม คุณภาพพ่อแม่พันธุ์ คุณภาพฟักไข่ คุณภาพน้ำทะเล โรคหรือปรสิต เทคนิคการจัดการระหว่างการอนุบาล เป็นต้น ที่ยังมีผลกระทบต่ออัตราการตายของลูกหอยในช่วงนี้อีกจึงทำให้มีอัตราการตายต่ำอยู่ถึงแม้ว่ามีอนุบาลที่ระดับความหนาแน่นต่ำแล้วก็ตาม

Shanmugaraj *et al.*(1994) รายงานการศึกษาหอยหวานชนิด *Babylonia spirata* โดยอนุบาลระยะเวลาลิเจอร์ขนาด 832 ไมครอน ถึงระยะลงพื้นที่ขนาด 1,872 ไมครอน ใช้เวลา 19 วัน และได้

อนุบาลต่อมาอีก 9 วัน จนได้ลูกหอยขนาดความยาว 2,680 ไมครอน (2.68 มิลลิเมตร) แต่ลูกหอยตายหมด หลังจากนั้นได้มีการอนุบาลหอยหวานชนิดเดียวกันนี้ตั้งแต่ระยะเวลาลิเจอร์ถึงระยะลงพื้นขนาด 1.6 มิลลิเมตร ที่ได้อัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 28.8 เปอร์เซ็นต์ (Shanmugaraj and Ayyakkannu, 1997)

Shieh and Liu (1999) ได้อนุบาลหอยหวานชนิด *Babylonia formosae* จากระยะเวลาลิเจอร์ถึงระยะลงพื้นที่ความหนาแน่น 1, 2, 4, และ 8 ตัวต่อมิลลิเมตร หรือ 1000, 2000, 4000 และ 8000 ตัวต่อลิตร ได้อัตราการรอดตั้งแต่ 37-47 เปอร์เซ็นต์ และที่ความหนาแน่น 8000 ตัวต่อลิตรนั้น ลูกหอยระยะเวลาลิเจอร์ใช้เวลาเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นเฉลี่ยสั้นที่สุด คือ 3.21 วัน ในด้านการศึกษาด้านอัตราการขาดอาหารของหอยหวานชนิดนี้ในระยะเวลาลิเจอร์พบว่าอัตราการขาดอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนารูปร่าง (metamorphosis) และอัตราการรอดตาย โดยลูกหอยที่ให้อาหารตั้งแต่ที่ฟักออกมาจากฟักไข่จะมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ 49.77 ไมครอนต่อวัน สามารถพัฒนาเป็นระยะลงพื้นได้ 53.75 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เวลาเพียง 11.5 วัน ส่วนลูกหอยที่ให้อาหารหลังจากฟักออกจากไข่ 96 ชั่วโมง (4 วัน) มีอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวเปลือกเฉลี่ยเพียง 12.49 ไมครอนต่อวัน ซึ่งต้องใช้เวลาของการพัฒนาจากระยะเวลาลิเจอร์ถึงระยะลงพื้นถึง 20 วัน ส่วนลูกหอยที่เริ่มให้อาหารหลังจากฟักออกจากไข่ 108 ชั่วโมง (4.5 วัน) นั้นมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวเปลือกเฉลี่ยเพียง 11.13 ไมครอนต่อวัน และระยะเวลาลิเจอร์จะตายหมดหลังจากอนุบาลได้เพียง 10 วัน เท่านั้น (Zheng et al., 2005)

#### การเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (early juvenile) ถึงหอยหวานขนาดตลาด (marketable size)

ในปี พ.ศ. 2539 ธานีนทร ได้เลี้ยงลูกหอยจากระยะลงพื้นจนถึงอายุ 1 ปี มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 24.47 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาปี พ.ศ. 2545 นิลนาจ และ ศิริญา รายงานว่าการเลี้ยงหอยหวานขนาด 1 เซนติเมตร เป็นเวลา 6 เดือน โดยเลี้ยงในระบบน้ำไหลผ่านตลอด (flow-through system) ในระบบน้ำทะเลหมุนเวียนและในคอกบนพื้นทะเลได้อัตราการรอดตายเฉลี่ย 98.2, 98.0 และ 96.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่การเลี้ยงหอยหวานในระบบน้ำทะเลหมุนเวียนเกิดความผิดปกติที่เปลือกหอยซึ่งหอยมีเปลือกที่บางกว่าเปลือกหอยที่จับได้จากธรรมชาติอย่างเห็นได้ชัดเจน ผิวชั้นนอกหูลดลงและมีสีซีดจางกว่าปกติ หลังจากเลี้ยงไปได้ 4 เดือน (ภาพที่ 11) จึงเป็นสาเหตุสำคัญทำให้หอยมีอัตราการตายสูงมาก เนื่องจากแคลเซียม (Ca) ในน้ำทะเลมีปริมาณลดลงหรืออาจหมดไปหลังจากเลี้ยงไปประมาณ 4-5 เดือน เพราะหอยหวานจำเป็นต้องใช้แคลเซียมในการสร้างเปลือก หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2547 ลือชัย และ เกียรติศักดิ์ ได้ทดลองเลี้ยงหอยหวานที่มีความยาวเปลือกเริ่มต้นเฉลี่ย 2.35

เซนติเมตร เป็น 7 เดือน จึงได้หอยขนาด 3.17-3.43 เซนติเมตร และมีอัตราการรอดเฉลี่ยประมาณ 93.79-95.81 เปอร์เซ็นต์ และในปี พ.ศ. 2547 วราภรณ์ และคณะ รายงานว่าหอยหวานขนาด 1.2 เซนติเมตร ที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 10, 15, 20, 25 และ 30 ส่วนในพันส่วน (ppt) เป็นเวลา 6 เดือน นั้น มีอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน โดยสรุปว่าการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน มีอัตราการเจริญเติบโตที่สุดและมีอัตราการรอดตายสูงถึง 99.89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหอยที่เลี้ยงที่ระดับความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุดและอัตราการรอดตาย 85.22 เปอร์เซ็นต์ ใน พ.ศ. 2548 นิลนาจ ได้ศึกษาผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดในบ่อดิน 3 รูปแบบ ได้แก่การเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดแบบชนิดเดียว การเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดร่วมกับปลากะพงขาว และการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดร่วมกับปลานวลจันทร์ทะเล เป็นเวลา 7 เดือน นั้นสามารถทำได้และมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 227.88, 278.09 และ 262.61 บาทต่อกิโลกรัม แต่การเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดร่วมกับกุ้งทะเล เศรษฐกิจนั้นไม่สามารถทำได้เพราะกุ้งทะเลเป็นตัวแย่งอาหาร แย่งแย่งพื้นที่อยู่อาศัยและยังรบกวนความเป็นอยู่ของหอยหวานอีกด้วย (นิลนาจ, 2547; Kritsanapuntu *et al.*, 2005a, 2005b) ส่วนการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการให้อาหารหรือชนิดของอาหารหรือระดับโปรตีนในอาหารของการเลี้ยงหอยหวานในระบบน้ำไหลผ่านตลอดพบว่าการให้อาหารด้วยพลาสติก (*Selaroides leptolepis*) ในปริมาณ 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นเวลา 5 เดือน ให้อัตราการเจริญเติบโตที่ดีและอัตราการรอดตายสูงถึง 96.9 และ 97.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอาหารที่ใช้เลี้ยงหอย 3 ชนิด ได้แก่ พลาสติก (*Selaroides leptolepis*) , อาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีน 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้เลี้ยงลูกหอยขนาด 1 เซนติเมตร เป็นเวลา 6 เดือน และได้หอยขนาด 3.5-3.7 เซนติเมตร ที่มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 100, 95 และ 96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งการเลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 3 ชนิดนี้ได้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Chaitanawisuti *et al.*, 2001) ส่วนการเลี้ยงหอยหวานขนาด 1.2 เซนติเมตร ในระบบน้ำไหลผ่านตลอดเป็นเวลา 6 เดือน โดยใส่วัสดุที่พื้นบ่อที่แตกต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ ทรายละเอียด (fine sand) ทรายหยาบ (coarse sand) โคลน (mud) เศษเปลือกหอย (small shell fragments) และ ไม่ใส่วัสดุ (no substrate) เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้หอยขนาด 3.4-3.7 เซนติเมตร และมีอัตราการรอดตายตั้งแต่ 90-98 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งวัสดุทุกชนิดและชุดควบคุมที่ไม่ใส่วัสดุที่พื้นบ่อนั้นให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Chaitanawisuti *et al.*, 2004) ในด้านการศึกษาต้นทุนการผลิตของการเลี้ยงหอยหวานในบ่อดิน (earth pond) โดยการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดแบบชนิดเดียวหรือการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดร่วมกับปลากะพงขาวว่ามีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 5.69 และ 6.95 เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัม (Kritsanapuntu *et al.*, 2005a, 2005b)

Edward *et al.* (1995) รายงานว่าการเลี้ยงหอยหวานชนิด *Babylonia spirata* ในคอก (pen culture) ที่เริ่มเลี้ยงหอยขนาดความยาวเปลือก 2.75 เซนติเมตร จนครบ 90 วัน ได้ความยาวเปลือก เป็น 3.2 เซนติเมตร แต่หอยที่เลี้ยงตายหมดเมื่ออายุได้ 105 วัน เพราะมีคลื่นลมแรงทำให้น้ำมี ตะกอนมากและตาข่ายที่กั้นคอกมีเพรียงหรือหอยนางรมมาเกาะทำให้สภาพการไหลเวียนน้ำไม่ดีจึง ทำให้หอยตายหมด ส่วนการเลี้ยงหอยหวานชนิดนี้เช่นเดียวกันจากระยะวัยรุ่นอายุ 60 วันถึงหอย อายุ 200 วัน ได้อัตราการรอดตายสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (Shanmugaraj and Ayyakkannu, 1997)

### การทำประมงหอยหวานในประเทศไทย

การประมงหอยหวานทำด้วยการใช้เครื่องมือประเภทลอบดัก (trap fishing gear) โดยใช้เหยื่อได้แก่ปลาหรือปูที่ตายแล้วหรือดองเกลือเพื่อให้มีกลิ่นดึงดูดหอยเข้ามากินเหยื่อในลอบ ลอบหอยหวานนี้มีรูปร่างและวิธีการใช้แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่เช่นลอบหอยหวานบริเวณตำบลเพ จังหวัดระยอง เป็นลอบทรงสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 35.0×40.0×30.0 เซนติเมตร โครงทำด้วยเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร มีช่องทางเข้า 2 ช่อง ตัวลอบบุด้วยอวนโพลีเอทิลีนขนาดตาห่าง 2.5 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ ข2) หรือลอบหอยหวานบริเวณบ้านบางเก่า จังหวัดเพชรบุรี เป็นลอบทรงสี่เหลี่ยมเช่นกันแต่มีช่องทางเข้า 4 ช่อง (ภาพผนวกที่ ข3) หรือลอบหอยหวานของชาวประมงบริเวณชายฝั่งภาคใต้ฝั่งตะวันออกตั้งแต่จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานีและนราธิวาสทำด้วยโครงเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง ¼ นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง ¼ นิ้ว กรอบด้านล่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 8×8 นิ้ว กรอบด้านบนเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 4.5×4.5 นิ้ว ความสูงด้านทแยง 2.5 นิ้ว ใช้อวนแดงตา ¼ นิ้ว จึงให้ตั้ง 5 ด้าน โดยเว้นด้านบนให้โล่งไว้ตรงกลางลอบมีถุงอวนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว ใส่เนื้อปลาเป็นเหยื่อล่อเรือที่ใช้ส่วนมากเป็นเรือขนาดเล็กตามชายฝั่งเช่นเรือกอแหละ ฯลฯ ซึ่งบรรทุกไปเที่ยวละ 120-150 ใบ มีชาวประมงลำละ 2-3 คน จำนวนหอยแต่ละเที่ยวจะได้ตั้งแต่ 30, 50, 70 และ 100 กิโลกรัมต่อลำ การวางลอบหอยหวานทำได้ 2 แบบคือการวางแบบเดี่ยวเป็นการวางลอบชุดละ 1 ใบ และการวางแบบสาย (long line) เป็นการวางลอบเป็นชุด ๆ ละ 20 ใบ ซึ่งประหยัดการลงทุนและไม่เปลืองแรงงาน นอกจากนี้การประมงหอยหวานยังสามารถใช้ลอบปูม้าแบบพับได้ (flexible trap) ซึ่งเป็นลอบทรงสี่เหลี่ยมซึ่งโครงสร้างทำด้วยลวดขนาดใหญ่มีช่องทางเข้า 2 ช่องและตัวลอบบุด้วยอวนโพลีเอทิลีนเช่นกัน (พูลสิน, 2539; นิลนาจ และ ศิริษา, 2545)

### การตลาดของหอยหวาน

ผู้รับซื้อมีทั้งประเภทรับซื้อทั่ว ๆ ไปและประเภทออกทุนให้ชาวประมงซื้อลอบ เมื่อรวบรวมหอยจำหน่ายได้แล้วจึงค่อยๆทยอยชดใช้เงินคืนซึ่งผู้รับซื้อจะมีตลาดอยู่ในกรุงเทพฯ โดยขนส่งได้ 2 วิธี คือการขนส่งโดยรถบรรทุกเล็กขนาด 1,000-1,500 กิโลกรัมต่อเที่ยว ใช้เวลาประมาณ 13-14 ชั่วโมง และการขนส่งโดยเครื่องบินซึ่งบรรจุหอยในถุงพลาสติกที่อัดออกซิเจนใส่กล่องโฟมซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 15-20 กิโลกรัม (พุลสิน, 2539) สำหรับเรื่องราคานั้นทางบริษัท สวัสดิ์ไชน่าได้เริ่มต้นรับซื้อหอยหวานจากธรรมชาติก่อน หลังจากนั้นไม่นานก็มีผลผลิตหอยหวานจากฟาร์มเลี้ยงตามมาซึ่งทั้งระยะห่างกันไม่มากนัก ในระยะแรกที่รับซื้อหอยจากธรรมชาตินั้นจะรับซื้อประมาณ 100 กิโลกรัม หรือมากกว่า 100 กว่ากิโลกรัมขึ้นไปและเป็นเช่นนี้ทุกวัน ส่วนมากเป็นหอยหวานจากทะเลแถบจังหวัดระยองและเพชรบุรีซึ่งจัดเป็นแหล่งที่มาแหล่งใหญ่ของผลผลิตหอยหวานจากธรรมชาติ ส่วนหอยหวานที่เป็นผลผลิตจากฟาร์มที่มีขนาด 80-120 ตัวต่อกิโลกรัม จะมีราคาที่รับซื้อประมาณ 320 บาทต่อกิโลกรัม ถ้าตัวขนาดเล็กกว่านี้ประมาณ 120-160 ตัวต่อกิโลกรัม ก็รับซื้อได้เช่นกัน โดยจะซื้อคละขนาดในราคาเดียวกัน ในแต่ละเที่ยวของการส่งออกต่างประเทศจะต้องมีปริมาณ 100 กิโลกรัม จึงจะรับซื้อและต้องเป็นหอยที่มีลักษณะดีและมีคุณภาพตรงตามที่บริษัทกำหนดโดยเน้นที่สีของเปลือกหอยจึงจะขายได้ราคาดี เนื่องจากมีความต้องการของตลาดในประเทศจีนนั้นทำให้ทางบริษัทสามารถระบายผลผลิตในฟาร์มของเกษตรกรออกได้เร็วยิ่งขึ้นซึ่งจากที่เคยขายขนาด 80-100 ตัวต่อกิโลกรัม ซึ่งใช้ระยะเวลาเลี้ยงประมาณ 6 เดือน แต่ขณะนี้แม้แต่หอยที่มีขนาด 140-150 ตัวต่อกิโลกรัม ซึ่งใช้ระยะเวลาเลี้ยงน้อยกว่า 6 เดือน ก็สามารถส่งขายประเทศจีนได้ แต่สำหรับตลาดในเมืองไทยจะต้องใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงถึง 10-12 เดือนเนื่องจากคนไทยนิยมรับประทานตัวใหญ่ขนาด 30-40 ตัวต่อกิโลกรัม กรณีการส่งออกหอยหวานไปยังต่างประเทศเป็นหอยมีชีวิตแต่เพียงอย่างเดียว ส่วนรูปแบบของหอยที่ผ่านการแปรรูปแล้วนั้นยังไม่มีผลผลิตออกมา เพราะว่าปริมาณหอยหวานที่มีอยู่ในประเทศไทยไม่เพียงพอ จึงเป็นปัญหาหนึ่งที่ทำให้ไม่สามารถเปิดตลาดด้านอาหารแปรรูปได้เพราะผลผลิตหอยหวานในธรรมชาติลดลงเรื่อย ๆ และปริมาณหอยหวานจากฟาร์มเลี้ยงก็มีไม่เพียงพอทำให้ประเทศไทยจึงขาดช่วงในการส่งออกหอยหวานอยู่เป็นประจำทำให้ไม่สามารถเป็นคู่แข่งของประเทศเวียดนามได้อย่างเต็มตัวเนื่องจากหอยหวานที่ผลิตในประเทศเวียดนามมีคุณภาพดีและมีสีเปลือกสวยงามมาก ดังนั้นหากเป็นช่วงที่ประเทศเวียดนามส่งสินค้าเข้าประเทศจีน สินค้าจากประเทศไทยก็ต้องรอไปก่อนจนถึงช่วงที่ประเทศเวียดนามพักการส่งออกแล้ว ประเทศไทยจึงสามารถส่งสินค้าเข้าไปขายได้เพราะจะทำให้ขายง่ายกว่าการเข้าไปขายแข่งกับประเทศเวียดนาม (ดวงพร, 2547) ส่วนราคาขายส่งหอยหวานของฟาร์มหอยหวานชั้นเข็ทตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2547 ประมาณ 150, 180, 220, 280, 300 และ

320 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภานุรักษ์, 2547) ด้านราคาซื้อขายของหอยหวานในประเทศจีน ประมาณ 100 หยวนต่อกิโลกรัม (China Fisheries, 2006)

### คุณค่าทางโภชนาการของหอยหวาน

อนุรักษ์ (2542) รายงานผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยหวานซึ่งเลี้ยงด้วยอาหาร 4 ชนิด ได้แก่ ปลาข้างเหลือง หอยแมลงภู่ ครีบน้ำมึกและอาหารเม็ดสำหรับเลี้ยงปลาทะเลเป็นเวลา 5 เดือน นั้นมีปริมาณโปรตีนตั้งแต่ 52-58 เปอร์เซ็นต์ ไขมันมีปริมาณตั้งแต่ 3-10 เปอร์เซ็นต์ เถ้ามีปริมาณตั้งแต่ 10-11 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นมีปริมาณตั้งแต่ 9-10 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1)

**ตารางที่ 1** องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807) ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 5 เดือน

รายการ	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)			
	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ความชื้น
หอยหวานที่กินปลาข้างเหลือง	58.21	3.15	11.14	9.61
หอยหวานที่กินหอยแมลงภู่	57.36	3.00	12.49	10.10
หอยหวานที่กินครีบน้ำมึก	55.17	4.94	10.77	9.90
หอยหวานที่กินอาหารเม็ดเลี้ยงปลาทะเล	52.63	10.04	11.04	10.18

### ปัญหาที่พบในการเพาะเลี้ยงหอยหวานในปัจจุบัน

1. ปัญหาการอนุบาลลูกหอยจากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ระยะลงพื้น (crawling juvenile) และระยะวัยรุ่นขนาด 1 เซนติเมตร ยังได้อัตรารอดตายต่ำ ซึ่งอาจเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การจัดการระหว่างการอนุบาลลูกหอย ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนที่เหมาะสมที่ให้การเจริญเติบโตดี คุณภาพน้ำทะเล คุณภาพของพ่อแม่พันธุ์ คุณภาพฟักไข่ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวัน โรคหรือปรสิตของลูกหอยเช่น ซูโอแทมเนียม (*Zoothamnium* sp.) ซึ่งสามารถป้องกันโดยการอนุบาลด้วยน้ำฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนได้แต่ไม่สามารถรักษาได้เพราะลูกหอยระยะวัยอ่อนไวต่อ

สารเคมีมาก เมื่อมีซูโอแทนเนียมเกาะที่เปลือกในระยะเวลลิจเจอร์ (ภาพที่ 8) ทำให้ลูกหอยหนักและจมลงพื้นบ่อเกิดความเสียหายถึงตายได้ (รัตนา และ ประวิม, 2531; ชานินทร, 2539; อนุรักษ์, 2545)



ภาพที่ 8 ลูกหอยระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ที่มี *Zoothamnium* sp. เกาะที่เปลือกชั้นนอก

2. การอนุบาลลูกหอยในระยะลงพื้น (crawling larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) ที่ยังได้อัตรารอดตายค่อนข้างต่ำ ส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจากเปลี่ยนจากการดำรงชีพแบบแพลงก์ตอน (planktonic larvae) มาเป็นสัตว์ที่คืบคลานบนพื้นทะเล (benthic juvenile) ซึ่งเปลี่ยนจากการกินอาหารแบบการกรองเป็นการกินอาหารเป็นเนื้อจึงถือว่าเป็นช่วงระยะวิกฤต (critical period) ของลูกหอย นอกจากนี้ลูกหอยระยะนี้ส่วนใหญ่ชอบคืบคลานขึ้นตามผนังบ่อจนโผล่พ้นน้ำและไม่สามารกลับลงสู่น้ำได้จึงแห้งตายไปในที่สุด (ภาพที่ 9) (ชานินทร, 2539; Poomthong and Nhongmeesub, 1996; นิลนาจ และ ศิริษา, 2545; อนุรักษ์, 2545)



ภาพที่ 9 ลูกหอยหวนระยะลงพื้น (crawling juvenile) ที่คืบคลานขึ้นตามผนังถังทดลอง

3. ปัญหาด้านอาหารของหอยขนาดตลาดที่เป็นพลาสติก (ภาพที่ 10) ซึ่งมีราคาสูงขึ้นเรื่อย ๆ และหาได้ยากในช่วงฤดูมรสุมทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นด้วยจึงทำให้ผู้เลี้ยงได้ผลตอบแทนไม่สูงมากนัก ดังนั้นธุรกิจการเพาะเลี้ยงหอยหวานจึงไม่แพร่หลายหรือเจริญเติบโตเท่าที่ควรถึงแม้ว่าราคาหอยหวานขนาดบริโภคจะอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูงประมาณ 250-350 บาทต่อกิโลกรัม (บังอร และคณะ, 2548; นิลนาจ, 2548)



ภาพที่ 10 ปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) ที่ใช้เป็นอาหารของหอยขนาดตลาด

4. ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งของการเลี้ยงหอยระยะวัยรุ่นถึงหอยขนาดตลาดคือเปลือกชั้นนอกสุด (periostracum) ที่หลุดลอกและเปลือกบาง (ภาพที่ 11) โดยเฉพาะการเลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนซึ่งคุณภาพน้ำต่ำลงหลังจากที่ระยะเวลาในการเลี้ยงเพิ่มขึ้นจึงทำให้มีปริมาณแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการสร้างเปลือกมีไม่เพียงพอ (นิลนาจ และ ศิริยา, 2545)



ภาพที่ 11 เปลือกหอยชั้นนอกสุด (periostracum) ที่หลุดลอกและเปลือกชั้นในที่บางกว่าปกติ

5. การเลี้ยงหอยระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดที่มีการให้อาหารมากเกินไปเป็นเพราะผู้เลี้ยงต้องการเร่งให้หอยมีการเจริญเติบโตเร็วขึ้นและจะสามารถลดระยะเวลาในการเลี้ยงลดลงได้แต่กลับทำให้หอยมีส่วนส่วนของความยาวและความกว้างที่แตกต่างจากหอยที่จับได้จากธรรมชาติ หรือ หอยอ้วนเกินไป จึงทำให้ราคาขายหอยหวานลดต่ำลง (ภาพที่ 12)



**ภาพที่ 12** หอยหวานที่ได้รับอาหารมากเกินไปทำให้หอยมีส่วนส่วนของความยาวและความกว้างที่แตกต่างจากหอยที่จับได้จากธรรมชาติ (หอยอ้วน)

จากปัญหาดังกล่าวมาข้างต้นนั้นจึงเลือกศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาเทคนิคการอนุบาลลูกหอยจากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) เพื่อเพิ่มอัตราการรอดให้สูงขึ้นเป็นเบื้องต้น ส่วนปัญหาประเด็นอื่น ๆ ก็มีความจำเป็นต้องมีการศึกษาและวิจัยต่อไปเพื่อเป็นแนวทางสำหรับพัฒนาการเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ให้มีความต่อเนื่องและยั่งยืนตลอดไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. เครื่องมือวัดคุณสมบัติของน้ำ

- 1.1 เครื่องมือวัดความเค็มด้วย Reflectosalino meter ยี่ห้อ ATAGO รุ่น S-10E
- 1.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
- 1.3 เครื่องมือวัดเป็นกรดเป็นด่างด้วย pH meter ยี่ห้อ Denver Strument รุ่น Model 50
- 1.4 เครื่องมือวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วย DO meter ยี่ห้อ YSI รุ่น 550 DO
- 1.5 เครื่องมือวัดค่าความเป็นด่างของน้ำ (alkalinity) โดยวิธีไตเตรชัน ด้วยเครื่องจ่ายสารอัตโนมัติยี่ห้อ BRAND
- 1.6 เครื่องมือวัดค่าแอมโมเนียและไนไตรท์ ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ MILTON ROX COMPANY รุ่น SPECTRONIC 21

#### 2. วัสดุอุปกรณ์ในโรงเพาะฟัก

- 2.1 บ่อพ่อแม่พันธุ์หอยหวานขนาด 7 ตารางเมตร จำนวน 1 บ่อ
- 2.2 บ่ออนุบาลระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ขนาด 2 ตัน จำนวน 1 บ่อ
- 2.3 ถังอนุบาลขนาด 50 ลิตร จำนวน 25 ถัง
- 2.4 ถังไฟเบอร์กลาสขนาด 200 ลิตร 6 ใบ
- 2.5 ถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร จำนวน 6 ใบ
- 2.6 เครื่องให้อากาศและอุปกรณ์ให้อากาศ
- 2.7 พ่อแม่พันธุ์หอยหวานชนิด *Babylonia areolata* Link, 1807
- 2.8 ลูกหอยระยะวัยอ่อน (veliger larvae)
- 2.9 แพลงก์ตอนพืชชนิด *Chaetoceros calcitrans* และ *Tetraselmis* sp.
- 2.10 ไชอาร์ทีเมียและอาร์ทีเมียตัวเต็มวัย (*Artemia* sp.)
- 2.11 ปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*)
- 2.12 น้ำยาคำจัดเชื้อราตราทรูปแลน
- 2.13 น้ำยาฆ่าเชื้อโพวิโดน-ไอโอดีน ความเข้มข้น 12 เปอร์เซนต์

### 3. อุปกรณ์ในการบันทึกภาพและเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ

- 3.1 กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง
- 3.2 เครื่องมือวัดความยาวแบบเวอร์เนีย คาลิเปอร์
- 3.3 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล 2 ตำแหน่ง
- 3.4 กล้องถ่ายภาพนิ่งและฟิล์ม
- 3.5 กล้องถ่ายภาพดิจิตอล

## วิธีการ

### 1. การวางแผนการวิจัย

การวางแผนการวิจัยแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) (อนันต์ชัย, 2542; พิสมัย, 2545) โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 10 ชุดการทดลอง ๆ ละ 5 ซ้ำ ซึ่งแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาในการอนุบาลช่วงแรกโดยเน้นที่ลูกหอยหวาน ระยะลงพื้น (crawling juvenile) ขนาดเฉลี่ยประมาณ 1 มิลลิเมตร เนื่องจากหอยหวานในธรรมชาติอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่เป็นทรายหรือทรายนโคลน (ชานินทร์, 2539; นิลนาจ และ ศิริษา, 2545; Abbott and Dance, 1989; Chaitanawisuti and Kritsanapuntu, 1998; Chaitanawisuti *et al.*, 2004) ดังนั้นจึงคาดว่าถ้าทำการอนุบาลโดยการจัดสิ่งแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับธรรมชาติอาจทำให้เพิ่มอัตราการรอดให้สูงขึ้นจึงได้อนุบาลโดยการเปรียบเทียบการไม่ใส่และใส่ทรายที่พื้นถึงอนุบาลในแต่ละช่วงของการอนุบาล โดยแบ่งการทดลอง (treatments) เป็น 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 5 ซ้ำ (replicates) คือ

ชุดการทดลองที่ 1 (T1) อนุบาลระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) เป็นเวลา 75 วัน โดยไม่ใส่ทรายละเอียดตลอดการทดลอง (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 (T2) อนุบาลระยะวัยอ่อน (veliger larvae) โดยใส่ทรายละเอียดก่อนถึงระยะลงพื้น (crawling juvenile) 5 วัน แล้วเลี้ยงต่อไปจนครบ 75 วัน

- ชุดการทดลองที่ 3 (T3) อนุบาลระยะวัยอ่อน (veliger larvae) โดยใส่ทรายละเอียดในวันแรกที่ ลูกหอยเริ่มลงพื้น (crawling juvenile) แล้วเลี้ยงต่อไปจนครบ 75 วัน
- ชุดการทดลองที่ 4 (T4) อนุบาลระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะลงพื้น (crawling juvenile) ทั้งหมด จึงใส่ทรายละเอียดแล้วเลี้ยงต่อไปจนครบ 75 วัน
- ชุดการทดลองที่ 5 (T5) อนุบาลระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะลงพื้น (crawling juvenile) ทั้งหมดแล้วจึงรวบรวมระยะลงพื้น ไปอนุบาลในถังใหม่ที่มีทรายละเอียด (ย้ายถังใหม่) แล้วเลี้ยงต่อไปจนครบ 75 วัน

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาลูกหอยในระยะลงพื้น (crawling juvenile) ที่คืบคลานขึ้นมาแห้งตายบนขอบบ่ออนุบาล เนื่องจากลูกหอยในระยะนี้มีพฤติกรรมคล้ายกับตัวเต็มวัย ซึ่งถ้ากินอาหารอิ่มแล้วจะไต่ขึ้นผนังขอบบ่อแต่ลูกหอยระยะลงพื้นขนาดต่ำกว่า 5 มิลลิเมตร ซึ่งมีน้ำหนักเบาจึงไม่สามารถทิ้งน้ำหนักตัวให้ตกลงมาในน้ำได้เหมือนตัวเต็มวัยจึงทำให้ตัวลูกหอยแห้งตายติดกับขอบบ่อ ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นการค้นคว้าหาวัสดุที่ติดขอบบ่ออนุบาลเพื่อจะลดการสูญเสียของลูกหอยระยะเริ่มลงพื้นถึงระยะที่มีขนาด 5-10 มิลลิเมตร โดยการเลือกผลการทดลองที่ดีที่สุดของขั้นตอนที่ 1 มาใช้เพื่อเปรียบเทียบหาวัสดุที่ใช้ป้องกันการไต่ขึ้นมาแห้งบนขอบบ่อซึ่งให้อัตรารอดตายสูงสุด โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 5 ซ้ำ คือ

- ชุดการทดลองที่ 6 (T6) อนุบาลในถังที่ไม่ติดวัสดุที่ขอบถัง (ชุดควบคุม)
- ชุดการทดลองที่ 7 (T7) อนุบาลในถังที่ใช้แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดติดรอบขอบถังด้านใน
- ชุดการทดลองที่ 8 (T8) อนุบาลในถังที่ใช้แผ่นพลาสติกใสติดรอบขอบถังด้านใน
- ชุดการทดลองที่ 9 (T9) อนุบาลในถังที่ใช้วนมุ้งฟ้าติดรอบขอบถังด้านใน
- ชุดการทดลองที่ 10 (T10) อนุบาลในถังที่ใช้โฟมอย่างเหนียวติดรอบขอบถังด้านใน

## 2. วิธีดำเนินการทดลอง

### 2.1 การเตรียมพ่อแม่พันธุ์หอยหวาน

การเตรียมพ่อแม่พันธุ์หอยหวานโดยการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่รวบรวมได้จากธรรมชาติ บริเวณชายฝั่งจังหวัดระยองที่มีขนาดความยาว 5-6 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 35-40 กรัม นำมาทำความสะอาดเปลือกโดยใช้สอทไบรท์ขัดถูเพื่อให้สิ่งมีชีวิตพวกเกาะติดเช่น ชูโอแทมเนียม หลุดออกไป หลังจากนั้นจึงปล่อยลงเลี้ยงในบ่อซีเมนต์กลมขนาด 7 ตารางเมตร ซึ่งมีทรายหยาบรองพื้นบ่อหนาประมาณ 5 เซนติเมตร และใส่น้ำในบ่อสูง 50 เซนติเมตร โดยใช้ระบบน้ำทะเลแบบไหลผ่านตลอดซึ่งมีอัตราการไหลประมาณ 300 ลิตรต่อนาที อัตราการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ 150 คู่ต่อบ่อ (อัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมีย = 1:1) (นิลนาจ และ ศิริญา, 2545; Thu *et al.*, 1999, 2001)

### 2.2 การเก็บรวบรวมไข่หอยหวาน

เมื่อแม่พันธุ์หอยหวานวางไข่ติดกับพื้นทรายในตอนกลางคืนแล้วตอนเช้าจึงเก็บรวบรวมไข่ใส่ตะกร้าฟักไข่แล้วนำมาล้างในน้ำทะเลสะอาดที่ผ่านฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนแล้ว 3 ครั้ง และครั้งสุดท้ายจะจุ่มล้าง (dipping) ในน้ำทะเลที่ผสมน้ำยาฆ่าเชื้อรา (น้ำยาเทรปแลน) 1 หยดต่อลิตร หลังจากนั้นจึงนำตะกร้าฟักไข่ไปฟักในถังน้ำสี่เหลี่ยมขนาด 20 ลิตร ซึ่งให้ออกซิเจนด้วยหัวทราย 1 หัว เป็นเวลา 4 วัน โดยจะจุ่มล้างในน้ำทะเลที่ผสมน้ำยาฆ่าเชื้อรา 1 หยดต่อลิตร ก่อนการเปลี่ยนถ่ายน้ำในถังฟักไข่จำนวน 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นประจำทุกวัน

### 2.3 การเตรียมลูกหอยระยะวัยอ่อน (veliger larvae)

การเตรียมลูกหอยระยะวัยอ่อน (veliger larvae) โดยย้ายตะกร้าฟักไข่หอยหวานอายุ 5 วัน จากถังฟักไข่ไปใส่ในบ่ออนุบาลซึ่งเป็นบ่อซีเมนต์กลมขนาด 2 ตัน (ใส่น้ำ 1.5 ตัน) เมื่อลูกหอยระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ฟักออกมาจากฟักไข่แล้วจึงย้ายตะกร้าฟักไข่ออกไป หลังจากนั้นจะอนุบาลระยะวัยอ่อนตั้งแต่ออกจากฟักไข่จนถึงวันที่ 5 และในวันที่ 6 จึงแบ่งลูกหอยหวานจากบ่อซีเมนต์กลมขนาด 2 ตัน มาใส่ในถังอนุบาลขนาด 50 ลิตร เป็นจำนวน 8,000 ตัวต่อถัง (เติมน้ำ 40 ลิตร, ความหนาแน่น 200 ตัวต่อลิตร) (นิพนธ์ และ จริญญา, 2543)

## 2.4 การเตรียมน้ำที่ใช้ตลอดการทดลอง

น้ำที่ใช้ตลอดการทดลองเตรียมโดยนำน้ำทะเลความเค็ม 33-35 ส่วนในพันส่วน (ppt) ที่กรองผ่านถึงกรองทรายขนาด 1 ดัน แล้วนำมากรองผ่านถุงกรองขนาด 1 ไมครอน อีกครั้งก่อนใส่ในบ่อขนาด 2 ดัน แล้วฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน 20 กรัมต่อดัน (ppm) ปล่อยให้ทิ้งไว้พร้อมให้อากาศ 5-7 วัน เพื่อให้คลอรีนสลายตัวหมด หลังจากนั้นคูดน้ำมาใส่ในถังทดลองที่เตรียมจำนวน 40 ลิตรต่อถัง และน้ำที่เหลือคูดมาเก็บไว้ในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร เพื่อใช้สำหรับเปลี่ยนถ่ายระหว่างการทดลอง เมื่อน้ำสำรองใกล้หมดก็เตรียมน้ำฆ่าเชื้อใหม่ตามวิธีการเช่นเดิม

## 2.5 การเตรียมถังทดลอง

ถังทดลองขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเตรียมโดยใช้ถังไฟเบอร์กลาสกลมขนาด 50 ลิตร ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 เมตร (พื้นถังมีพื้นที่ 0.16 ตารางเมตร) ซึ่งติดขอบถังด้วยฉนวนมุ้งฟ้า เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของลูกหอยระยะลงพื้น โดยตัดฉนวนมุ้งฟ้าให้เป็นแผ่นที่มีความกว้าง 7 เซนติเมตร แล้วใช้ซิลิโคนทาขอบถังด้านในกว้าง 2 เซนติเมตร หลังจากนั้นจึงใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ตัดเตรียมไว้มาติดทับซิลิโคนที่ทาไว้รอบขอบถังเพื่อยึดให้วัสดุดังกล่าวติดอยู่กับขอบถัง เมื่อซิลิโคนแห้งจึงปรับวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ติดรอบขอบถังด้านในให้ยื่นเข้าหาจุดศูนย์กลางถังและอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นถัง ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดมีความกว้างที่ยื่นเข้าหาจุดศูนย์กลางถังเท่ากับ 5 เซนติเมตร และวัสดุที่ติดขอบถังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าขอบถัง 5 เซนติเมตร (ภาพที่ 13)

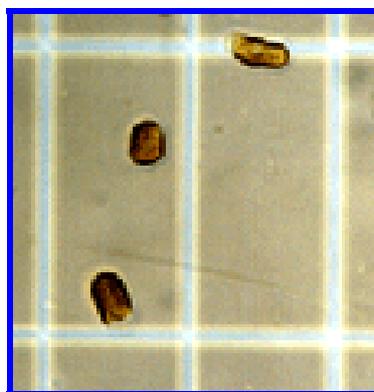


ภาพที่ 13 ถังทดลองขนาด 50 ลิตร ที่ติดขอบถังด้วยฉนวนมุ้งฟ้า (T1-T6)

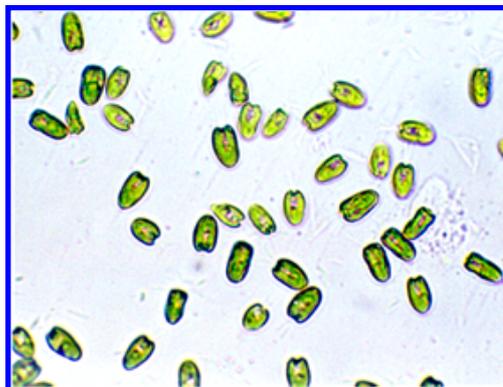
ถึงทดลองขั้นตอนที่ 2 ซึ่งเตรียมโดยใช้ถังไฟเบอร์กลาสกลมขนาด 50 ลิตร ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 เมตร (พื้นถังมีพื้นที่ 0.16 ตารางเมตร) แล้วนำมาติดขอบถังด้วยวัสดุชนิดต่าง ๆ เพื่อป้องกันการคลานหนีของลูกหอยระยะลงพื้นถึงระยะวัยรุ่น โดยตัดแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด แผ่นพลาสติกใส อวนมุ้งฟ้า และโฟมอย่างเหนียว ให้เป็นแผ่นที่มีความกว้าง 7 เซนติเมตร แล้วใช้ซิลิโคนทาขอบขอบถังด้านในกว้าง 2 เซนติเมตร หลังจากนั้นจึงใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ตัดเตรียมไว้มาติดทับซิลิโคนที่ทาไว้รอบขอบถังเพื่อยึดให้วัสดุดังกล่าวติดอยู่กับขอบถัง เมื่อซิลิโคนแห้งจึงปรับวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ติดรอบขอบถังด้านในให้ยื่นเข้าหาจุดศูนย์กลางถึงและอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นถัง ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดมีความกว้างที่ยื่นเข้าหาจุดศูนย์กลางถึงเท่ากับ 5 เซนติเมตร และวัสดุที่ติดขอบถังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าขอบถัง 5 เซนติเมตร โดยเตรียมถังทดลองของวัสดุแต่ละชนิดเป็นจำนวน 5 ถัง (ภาพผนวกที่ ข15a - ข18a) และเตรียมถังที่ไม่ติดวัสดุที่ขอบถัง (ชุดควบคุม) จำนวน 5 ถัง (ภาพผนวกที่ ข14a)

## 2.6 การให้อาหารลูกหอยระยะต่าง ๆ

ระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ที่อนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาด 2 ตัน ตั้งแต่ออกจากฟักไข่จนถึงวันที่ 5 ให้อาหารเป็นแพลงก์ตอนพืชชนิด *Chaetoceros calcitrans* (ภาพที่ 14) ที่ระดับความหนาแน่น 20,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้งต่อวัน ในเวลา 9.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา เมื่อย้ายลูกหอยลงถังทดลองขนาด 50 ลิตร แล้วให้แพลงก์ตอนพืช 2 ชนิด คือ *Chaetoceros calcitrans* และ *Tetraselmis* sp. (ภาพที่ 15) ที่ระดับความหนาแน่น 20,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในอัตราส่วน 1:1 จำนวน 2 ครั้งต่อวัน ในเวลา 9.00 และ 16.00 นาฬิกา (ปริญญา และ สมพิศ, 2549)



ภาพที่ 14 แพลงก์ตอนพืชชนิด *Chaetoceros calcitrans* ที่ใช้เป็นอาหารลูกหอยระยะวัยอ่อน (veliger larvae)



ภาพที่ 15 แพลงก์ตอนพืชชนิด *Tetraselmis* sp. ที่ใช้เป็นอาหารลูกหอยวัยอ่อน (veliger larvae)

ระยะลงพื้น (crawling juvenile) ถึงระยะวัยรุ่น (early juveniles) ให้อาหารเป็นอาร์ทีเมีย แรกฟักแช่แข็ง (frozen Artemia) (ภาพที่ 16) จำนวน 2 มื้อต่อวัน ในเวลา 9.00 และ 16.00 นาฬิกา เป็นเวลา 2 สัปดาห์และให้อาร์ทีเมียตัวเต็มวัยที่แช่แข็ง (frozen Artemia) (ภาพที่ 17) จำนวน 2 มื้อต่อวัน วัน ในเวลา 9.00 และ 16.00 นาฬิกา เป็นเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากอายุ 1 เดือน ถึง อายุ 2 เดือน ให้อาหารเป็นเนื้อปลาข้างเหลืองสด (*Selaroides leptolepis*) (ภาพผนวกที่ ข6) ซึ่งหั่นเป็นชิ้นๆ จำนวน 1 มื้อต่อวัน ในเวลา 9.00 นาฬิกา โดยให้กินจนอิ่มแล้วเก็บเศษชิ้นปลาที่เหลือออก (ภาพผนวกที่ ข11 และ ภาพผนวกที่ ข12)



ภาพที่ 16 อาร์ทีเมียแรกฟัก (*Artemia* sp.) ที่แช่แข็งก่อนใช้เป็นอาหารของลูกหอย ระยะลงพื้น (crawling juvenile) เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ที่มา: <http://www.ens.ufsc.br/labs/toxicologia.ambiental/labtox3.html>, November 24, 2006



ภาพที่ 17 อาร์ทีเมียตัวเต็มวัย (*Artemia* sp.) ที่แช่แข็งก่อนใช้เป็นอาหารของลูกหอยระยะลงพื้น (crawling juvenile) อายุตั้งแต่ 2 สัปดาห์ถึง 4 สัปดาห์ (ลูกหอยระยะลงพื้นอายุ 30 วัน)

ที่มา: <http://www.captain.at/artemia/>, November 24, 2006



ภาพที่ 18 ปลาข้างเหลืองสด (*Selaroides leptolepis*) ที่ใช้เป็นอาหารของลูกหอยวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 30-60 วัน

## 2.7 การจัดการคุณภาพน้ำ

การจัดการคุณภาพน้ำโดยเก็บน้ำทุกถังทดลองและนำมาเชื้อในถัง 500 ลิตร (น้ำที่ใช้เดิมลงถังทดลองหลังจากถ่ายน้ำออก) ในช่วงเช้าก่อนการเปลี่ยนถ่ายในเวลา 8.00 นาฬิกา เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกสัปดาห์โดยวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือดังต่อไปนี้ (คณิต และคณะ, 2537)

วัดความเค็มด้วยเครื่องมือ Reflectosalino meter ยี่ห้อ ATAGO รุ่น S-10E

วัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท

วัดความเป็นกรดเป็นด่างด้วย pH meter ยี่ห้อ Denver Strument รุ่น Model 50

วัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วย DO meter ยี่ห้อ YSI รุ่น 550 DO

วัดค่าความเป็นด่างของน้ำ (alkalinity) โดยวิธีไตเตรชัน ด้วยเครื่องจ่ายสารอัตโนมัติยี่ห้อ BRAND (APHA, 1989)

เครื่องมือวัดค่าแอมโมเนียและไนไตรท์ ด้วยเครื่อง UV-VISIBLE SPECTROPHOTOMETER ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น UV-1601 (Grasshoff, 1976)

ในช่วงระยะวัยอ่อน (veliger larvae) เปลี่ยนถ่ายน้ำ 30-50 เปอร์เซ็นต์ เป็นประจำทุกวัน ก่อนให้อาหารมื้อแรก

ในช่วงระยะลงพื้น (crawling juvenile) และระยะวัยรุ่น (early juvenile) เปลี่ยนถ่ายน้ำ 80-100 เปอร์เซ็นต์ เป็นประจำทุกวันหลังจากให้อาหารมื้อสุดท้าย

## 2.8 การเตรียมทรายที่ใช้ในการทดลองและวิธีการใส่ทรายระหว่างการอนุบาล

การเตรียมทรายละเอียดโดยใช้ทรายทะเลที่กรองผ่านผ้ากรองขนาด 350 ไมครอน แล้วนำไปแช่น้ำยามาเชื้อโพรโตซัว-ไอโอดีน 50 มิลลิกรัมต่อตัน (ppm) ทิ้งไว้ 1 คืน จึงนำมาล้างด้วยน้ำจืดสะอาดอีก 3 ครั้ง หลังจากนั้นนำทรายไปตากแดดให้แห้งแล้วเก็บใส่ถุงพลาสติกเตรียมไว้ใช้ตลอดการทดลอง (ภาพผนวกที่ ข8)

วิธีการใส่ทรายขั้นตอนที่ 1 โดยครั้งแรกโรยทรายให้ทั่วพื้นถึงทดลองให้มีความหนา 1-2 มิลลิเมตร หลังจากนั้นเมื่อลูกหอยระยะลงพื้นมีอายุ 30 วัน จึงใส่ทรายละเอียดเพิ่มขึ้นให้มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร และการใส่ทรายละเอียดระหว่างการอนุบาลจะใส่ตามชุดการทดลองซึ่งแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 5 ซ้ำ ได้แก่

ชุดการทดลองที่ 1 (T1) ไม่ใส่ทรายตลอดการอนุบาล (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 (T2) ใส่ทรายก่อนที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น (crawling juvenile) 5 วัน

- ชุดการทดลองที่ 3 (T3) ใส่ทรายในวันแรกที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น (crawling juvenile)
- ชุดการทดลอง 4 (T4) ใส่ทรายหลังจากที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น (crawling juvenile) ทั้งหมด
- ชุดการทดลอง 5 (T5) ย้ายลูกหอยที่เปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น (crawling juvenile) ทั้งหมด ไปอนุบาลในถังใหม่ที่มีทรายละเอียด

วิธีการใส่ทรายขั้นตอนที่ 2 การใส่ทรายละเอียดระหว่างการอนุบาลเลือกวิธีใส่ทรายก่อนที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น (crawling juvenile) 5 วัน [ ตามชุดการทดลองที่ 2(T2) ] เนื่องจาก การทดลองขั้นตอนที่ 1 นั้น วิธีการใส่ทรายละเอียดก่อนที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น 5 วัน (T2) หรือการใส่ทรายหลังจากที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นทั้งหมด (T4) หรือเมื่อลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นทั้งหมดแล้วจึงย้ายไปอนุบาลในถังใหม่ที่มีทรายละเอียด (T5) ให้อัตราการตายสูง เช่นเดียวกันซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการใส่ทรายก่อนที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น 5 วัน (T2) มาใช้ในขั้นตอนที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบหาวัสดุที่คิดชอบถึงชนิดที่ให้อัตราการตายสูงสุดต่อไปเพราะวิธีการใส่ทรายก่อนที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น 5 วัน นั้น ให้อัตราการตายสูง สามารถจัดการอนุบาลได้ง่าย สะดวกในการทำงาน จัดชูโอแถมเนียมและสามารถลดความเครียดของลูกหอยได้ ดังนั้นทุกชุดการทดลองของขั้นตอนที่ 2 (T6-T10) จึงใส่ทรายละเอียดก่อนที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น 5 วัน โดยโรยทรายให้ทั่วพื้นถึงทดลองให้มีความหนา 1-2 มิลลิเมตร หลังจากนั้นเมื่อลูกหอยระยะลงพื้นมีอายุ 30 วัน จึงใส่ทรายละเอียดเพิ่มขึ้นให้มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร เช่นเดียวกับการทดลองขั้นตอนที่ 1

### 3. สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งระยอง ต. ตะพง อ. เมือง จ. ระยอง เป็นระยะเวลา 6 เดือน ระหว่างเดือนสิงหาคม - ตุลาคม 2548 และเดือนเมษายน - มิถุนายน 2549

### 4. การบันทึกข้อมูล

การเก็บบันทึกข้อมูลตลอดการทดลองโดยจะสุ่มระยะวัยอ่อน (veliger larvae) และระยะลงพื้น (crawling juvenile หรือ settled juvenile) ไปวัดความยาวได้กล้องจุลทรรศน์ 10 ตัวต่อถัง เมื่อ

เป็นลูกหอยระยะลงพื้นอายุ 30 วัน (early juvenile) จึงสุ่มลูกหอยจำนวน 10 เเปอร์เซ็นต์ต่อถัง เพื่อนำมาชั่งน้ำหนักและวัดความกว้าง-ความยาวเปลือก เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองนับจำนวนลูกหอยระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน (early juvenile) ทั้งหมดเพื่อหาอัตราการรอดตายและสุ่มลูกหอยมาจำนวน 10 เเปอร์เซ็นต์ต่อถังเพื่อนำมาชั่งน้ำหนักและวัดความกว้าง-ความยาวเปลือก (ภาพผนวกที่ ข19-22)

## 5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเพื่อทดสอบความแปรปรวน (Analysis of variance) แบบ one way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองที่แตกต่างกันโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เเปอร์เซ็นต์ ( $P < 0.05$ ) (สมสุดา, 2547; อภิญา, 2547)

## ผลและวิจารณ์

### ผล

1. ผลการทดลองของขั้นตอนที่ 1 การอนุบาลลูกหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807) จากระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วันโดยการไม่ใส่และใส่ทรายละเอียดในแต่ละช่วงของการอนุบาลได้ผลการทดลองโดยมีอัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลดังต่อไปนี้

#### 1.1 อัตราการรอดตายของลูกหอยระยะวัยวัยรุ่นอายุ 60 วัน

การอนุบาลลูกหอยจากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน ของทุกชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลอง 1 (T1) : ไม่ใส่ทราย (ชุดควบคุม) ชุดการทดลอง 2 (T2) : ใส่ทรายละเอียดก่อนถึงระยะลงพื้น 5 วัน ชุดการทดลอง 3 (T3) : ใส่ทรายละเอียดของวันแรกที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น ชุดการทดลอง 4 (T4) : ใส่ทรายละเอียดหลังจากที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นทั้งหมด (ถังเดิม) และชุดการทดลอง 5 (T5) : ย้ายลูกหอยระยะลงพื้นทั้งหมดไปอนุบาลในถังใหม่ที่มีทรายละเอียด เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้อัตราการรอดตายเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ  $16.38 \pm 1.05$ ,  $20.99 \pm 1.45$ ,  $17.97 \pm 0.36$ ,  $20.63 \pm 1.35$  และ  $21.13 \pm 1.14$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำผลการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอัตราการรอดตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) คือการอนุบาลที่ไม่มีการใส่ทรายละเอียดระหว่างการอนุบาล (T1) หรือชุดควบคุมนั้นมีอัตราการรอดตายต่ำกว่าการอนุบาลที่มีการใส่ทรายละเอียด (T2, T3, T4 และ T5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่การอนุบาลที่ใส่ทรายละเอียดของวันแรกที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น (T3) นั้นมีอัตราการรอดตายต่ำกว่าการใส่ทรายในช่วงเวลาอื่น ๆ (T2, T4 และ T5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ส่วนการใส่ทรายละเอียดก่อนถึงระยะลงพื้น 5 วัน (T2) หรือการใส่ทรายละเอียดหลังจากที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นทั้งหมดในถังเดิม (T4) หรือการย้ายลูกหอยระยะลงพื้นทั้งหมดไปอนุบาลในถังใหม่ที่มีทรายละเอียด (T5) จะให้อัตราการรอดตายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) (ตารางที่ 2, ตารางผนวกที่ ก1 และ ภาพผนวกที่ ค1) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวิธีการอนุบาลที่ไม่ใส่ทรายให้อัตราการรอดตายต่ำกว่าการอนุบาลที่ใส่ทรายละเอียดระหว่างการอนุบาลและเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใส่ทรายระหว่างการอนุบาลวิธีต่าง ๆ นั้นพบว่าการอนุบาลที่ใส่ทรายก่อนถึงระยะลงพื้น 5 วัน นั้นเป็นวิธีที่ให้อัตราการรอดตายสูง สามารถจัดการระหว่างการอนุบาลได้ง่าย สามารถกำจัดซูโอแทมเนียมให้หลุดออกไปจากเปลือกได้และมี

ผลกระทบต่อความเครียดน้อยที่สุดจึงควรเลือกนำมาใช้ในการอนุบาลมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกการอนุบาลที่ใส่ทรายก่อนที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น 5 วัน ไปใช้ในการทดลองที่ 2 เพื่อหาวัสดุที่ติดรอบขอบถังด้านในเพื่อป้องกันไม่ให้ลูกหอยคืบคลานขึ้นมาแห้งตายบนขอบถังต่อไป

## 1.2 อัตราการเจริญเติบโตของลูกหอยหวาน

การอนุบาลลูกหอยโดยการไม่ใส่ทรายและใส่ทรายทุกชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 (T1) : ไม่ใส่ทราย (ชุดควบคุม) , ชุดการทดลองที่ 2 (T2) : ใส่ทรายละเอียดก่อนถึงระยะลงพื้น 5 วัน ชุดการทดลองที่ 3 (T3) : ใส่ทรายละเอียดของวันแรกที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น ชุดการทดลองที่ 4 (T4) : ใส่ทรายละเอียดหลังจากที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นทั้งหมดและชุดการทดลองที่ 5 (T5) : ย้ายลูกหอยระยะลงพื้นทั้งหมดไปอนุบาลในถังใหม่ที่มีทรายละเอียด ผลการทดลองพบว่า การอนุบาลจากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะลงพื้น (crawling stage หรือ settled juvenile) ใช้เวลาประมาณ 15 วัน ซึ่งได้ลูกหอยระยะลงพื้นมีความยาวเปลือกเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ  $1.087 \pm 0.035$ ,  $1.075 \pm 0.057$ ,  $1.071 \pm 0.047$ ,  $1.086 \pm 0.067$  และ  $1.074 \pm 0.072$  มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ ข9 และ ภาพผนวกที่ ข10) และการอนุบาลจากระยะลงพื้นถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน (ภาพผนวกที่ ข13) ต้องใช้เวลาอีก 60 วัน และได้อัตราการเจริญเติบโตของความยาวเปลือกเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ  $8.81 \pm 0.37$ ,  $8.12 \pm 0.40$ ,  $8.25 \pm 0.36$ ,  $8.62 \pm 0.38$  และ  $8.45 \pm 0.67$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ความกว้างเปลือกเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ  $4.85 \pm 0.34$ ,  $4.24 \pm 0.21$ ,  $4.44 \pm 0.24$ ,  $4.83 \pm 0.42$  และ  $4.61 \pm 0.58$  มิลลิเมตร ตามลำดับ น้ำหนักรวมทั้งเปลือกเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ  $0.24 \pm 0.04$ ,  $0.19 \pm 0.02$ ,  $0.20 \pm 0.01$ ,  $0.21 \pm 0.01$  และ  $0.19 \pm 0.02$  กรัม ตามลำดับ และอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวเปลือกเฉลี่ยต่อวัน  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ  $0.129 \pm 0.005$ ,  $0.117 \pm 0.006$ ,  $0.121 \pm 0.007$ ,  $0.126 \pm 0.006$  และ  $0.123 \pm 0.011$  มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ เมื่อนำผลการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของน้ำหนักเฉลี่ย ความกว้างเปลือกเฉลี่ย ความยาวเปลือกเฉลี่ยและอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวเปลือกเฉลี่ยต่อวันของทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) (ตารางที่ 2, ตารางผนวกที่ ก4-ก5 และ ภาพผนวกที่ ก4-ก5)

### 1.3 คุณภาพน้ำเกลือตลอดการทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำตลอดการทดลองพบว่าน้ำที่เดิมมีความเค็มเฉลี่ย 34 ส่วนในพันส่วน (ppt) , ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 8.21 ค่าความเป็นด่างเฉลี่ย 117.29 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l as  $\text{CaCO}_3$ ) ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ย 5.22 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ย 0.0338 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0290 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 28.2 องศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ ) ส่วนคุณภาพน้ำในแต่ละชุดการทดลอง (T1-T5) มีความเค็มเฉลี่ย 32.8-33.0 ส่วนในพันส่วน ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 8.01-8.04 ความเป็นด่างเฉลี่ย 93.3-96.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 5.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ย 0.63-0.78 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ย 0.40-0.49 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 28.1-28.2 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 3) ซึ่งค่าความเค็ม ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเป็นด่าง ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำและค่าอุณหภูมิมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ส่วนค่าแอมโมเนียรวมและไนไตรท์-ไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

**ตารางที่ 2** อัตรารอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของการอนุบาลหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807) จากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน โดยการไม่ใส่และใส่ทรายละเอียดในแต่ละช่วงของการอนุบาล

รายการ	ชุดการทดลอง				
	T1 ไม่ใส่ทราย (ชุดควบคุม)	T2 ใส่ทราย 5 วันก่อน ถึงระยะลงพื้น	T3 ใส่ทรายในวันแรก ที่พบระยะลงพื้น	T4 ใส่ทรายหลังจากที่เป็น ระยะลงพื้นทั้งหมด	T5 ย้ายระยะลงพื้นทั้งหมด ไปถังใหม่ที่มีทราย
ความยาวเปลือกของระยะวัยอ่อน (มิลลิเมตร)	0.484 ± 0.007 <sup>a*</sup>	0.483 ± 0.005 <sup>a</sup>	0.482 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.482 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.482 ± 0.009 <sup>a</sup>
ความยาวเปลือกของระยะลงพื้น (มิลลิเมตร)	1.087 ± 0.035 <sup>a</sup>	1.075 ± 0.057 <sup>a</sup>	1.071 ± 0.047 <sup>a</sup>	1.086 ± 0.067 <sup>a</sup>	1.074 ± 0.072 <sup>a</sup>
ความยาวเปลือกของระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน (มิลลิเมตร)	8.81 ± 0.37 <sup>a</sup>	8.12 ± 0.40 <sup>a</sup>	8.25 ± 0.36 <sup>a</sup>	8.62 ± 0.38 <sup>a</sup>	8.45 ± 0.67 <sup>a</sup>
ความกว้างเปลือกของระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน (มิลลิเมตร)	4.85 ± 0.34 <sup>b</sup>	4.24 ± 0.21 <sup>a</sup>	4.44 ± 0.24 <sup>a</sup>	4.83 ± 0.42 <sup>b</sup>	4.61 ± 0.58 <sup>a</sup>
น้ำหนักรวมเปลือกของระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน (กรัม)	0.24 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.19 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.20 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.21 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.19 ± 0.02 <sup>a</sup>
อัตราการเติบโตโดยความยาวเปลือก (มิลลิเมตร/วัน)	0.129 ± 0.005 <sup>a</sup>	0.117 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.121 ± 0.007 <sup>a</sup>	0.126 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.123 ± 0.011 <sup>a</sup>
อัตรารอดจากระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน (%)	16.38 ± 1.05 <sup>a</sup>	20.99 ± 1.45 <sup>c</sup>	17.97 ± 0.36 <sup>b</sup>	20.63 ± 1.35 <sup>c</sup>	21.13 ± 1.14 <sup>c</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

\*ตัวอักษรยกกำลัง (a,b,c) ที่ต่างกันของแถวตามแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

**ตารางที่ 3** คุณภาพน้ำเจือยของการอนุบาลหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807) จากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน โดยการไม่ใส่และใส่ทรายละเอียดในแต่ละช่วงของการอนุบาล

รายการ	น้ำที่เติม (เฉลี่ย)	ชุดการทดลอง				
		T1 ไม่ใส่ทราย (ชุดควบคุม)	T2 ใส่ทราย 5 วันก่อน ถึงระยะลงพื้น	T3 ใส่ทรายในวันแรก ที่พบระยะลงพื้น	T4 ใส่ทรายหลังจากที่เป็น ระยะลงพื้นทั้งหมด	T5 ย้ายระยะลงพื้นทั้งหมด ไปถังใหม่ที่มีทราย
ความเค็ม (ppt)	34.00	33.00 ± 0.00 <sup>a*</sup>	32.80 ± 0.45 <sup>a</sup>	33.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	33.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	32.80 ± 0.45 <sup>a</sup>
ความเป็นกรด-ด่าง	8.21	8.04 ± 0.02 <sup>a</sup>	8.02 ± 0.03 <sup>a</sup>	8.03 ± 0.02 <sup>a</sup>	8.01 ± 0.02 <sup>a</sup>	8.02 ± 0.05 <sup>a</sup>
ความเป็นด่าง (mg/l as CaCO <sub>3</sub> )	117.29	95.98 ± 5.25 <sup>a</sup>	95.74 ± 3.17 <sup>a</sup>	97.40 ± 2.70 <sup>a</sup>	96.24 ± 5.86 <sup>a</sup>	93.32 ± 2.87 <sup>a</sup>
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l)	5.21	5.13 ± 0.03 <sup>a</sup>	5.13 ± 0.03 <sup>a</sup>	5.15 ± 0.03 <sup>a</sup>	5.14 ± 0.03 <sup>a</sup>	5.17 ± 0.06 <sup>a</sup>
แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.0338	0.7828 ± 0.0469 <sup>b</sup>	0.7383 ± 0.1256 <sup>ab</sup>	0.7275 ± 0.0422 <sup>ab</sup>	0.7657 ± 0.1424 <sup>ab</sup>	0.6291 ± 0.0878 <sup>a</sup>
ไนโตรท์-ไนโตรเจน (mg/l)	0.0290	0.4280 ± 0.0322 <sup>a</sup>	0.4043 ± 0.0687 <sup>a</sup>	0.4249 ± 0.0253 <sup>a</sup>	0.4235 ± 0.0465 <sup>a</sup>	0.4868 ± 0.0327 <sup>b</sup>
อุณหภูมิ (°C)	28.17	28.14 ± 0.12 <sup>a</sup>	28.16 ± 0.13 <sup>a</sup>	28.17 ± 0.13 <sup>a</sup>	28.17 ± 0.15 <sup>a</sup>	28.22 ± 0.12 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

\*ตัวอักษรยกกำลัง (a,b,c) ที่แตกต่างกันของแถวตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

## 2. ผลการทดลองขั้นตอนที่ 2 การอนุบาลลูกหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807)

จากระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วันโดยใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ ติดขอบถังทดลองเพื่อป้องกันการคลานหนีของลูกหอยได้ผลการทดลองของอัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำระหว่างการทดลองดังต่อไปนี้

### 2.1 อัตราการรอดตายของลูกหอยระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน

การอนุบาลลูกหอยจากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน ของทุกชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลอง 6 (T6) : ไม่ติดวัสดุ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลอง 7 (T7) : พีวีเจอร์บอร์ค ชุดการทดลอง 8 (T8) : พลาสติกใส ชุดการทดลอง 9 (T9) : อวนมุ้งฟ้าและชุดการทดลอง 10 (T10) : โฟม เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอัตราการรอดตายเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ  $1.22 \pm 0.51$ ,  $13.38 \pm 0.61$ ,  $10.14 \pm 0.60$ ,  $21.58 \pm 2.43$  และ  $6.45 \pm 1.10$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำผลการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอัตราการรอดตายมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) คือการอนุบาลลูกหอยที่ไม่ติดวัสดุที่ขอบถัง (ชุดควบคุม : T6) มีอัตราการรอดตายต่ำกว่าการอนุบาลที่ใช้วัสดุติดขอบถังชนิดต่าง ๆ (T7-T10) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ดังนั้นสรุปได้ว่าการอนุบาลที่ใช้อวนมุ้งฟ้าติดขอบถังทดลอง (T9) เพื่อป้องกันการคลานออกของลูกหอยนั้นได้อัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 21.58 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากอวนมุ้งฟ้าเป็นวัสดุที่พื้นผิวหยาบและโปร่งจึงทำให้ลูกหอยไม่สามารถปีนคลานออกไปเหนือขอบวัสดุที่ติดขอบถังหรือออกถังทดลองได้ ส่วนวัสดุชนิดอื่น ๆ นั้นมีพื้นผิวที่เรียบจึงทำให้ลูกหอยปีนคลานบนวัสดุที่ติดขอบถังได้ดีกว่าและไต่ไปแห้งตายเหนือขอบวัสดุที่ติดขอบถัง (ตารางที่ 4, ตารางผนวกที่ ก6 และ ภาพผนวกที่ ก6)

### 2.2 อัตราการเจริญเติบโตของลูกหอยหวาน

การอนุบาลโดยใช้วัสดุติดขอบถังชนิดต่าง ๆ ของทุกชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลอง 6 (T6) : ไม่ติดวัสดุ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลอง 7 (T7) : พีวีเจอร์บอร์ค ชุดการทดลอง 8 (T8) : พลาสติกใส ชุดการทดลอง 9 (T9) : อวนมุ้งฟ้าและชุดการทดลอง 10 (T10) : โฟม ผลการทดลองพบว่าการอนุบาลจากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะลงพื้น (crawling stage) ใช้เวลาประมาณ 15 วัน ได้ลูกหอยระยะลงพื้นมีความยาวเปลือกเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ  $1.190 \pm 0.096$ ,  $1.210 \pm 0.129$ ,  $1.180 \pm 0.135$ ,  $1.200 \pm 0.123$  และ  $1.220 \pm 0.120$  มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ ข14b-ข18b) และการอนุบาลจากระยะลงพื้นถึงระยะวัยรุ่น

(early juvenile) อายุ 60 วัน (ภาพผนวกที่ ข14c-ข18c) ต้องใช้เวลาอีก 60 วัน ได้อัตราการเจริญเติบโตของความยาวเปลือกเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ  $12.16 \pm 0.93$ ,  $9.43 \pm 0.35$ ,  $9.83 \pm 0.47$ ,  $8.47 \pm 0.40$  และ  $10.99 \pm 0.31$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ความกว้างเปลือกเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ  $6.41 \pm 0.52$ ,  $5.02 \pm 0.26$ ,  $4.99 \pm 0.16$ ,  $4.84 \pm 0.41$  และ  $6.01 \pm 0.44$  มิลลิเมตร ตามลำดับ น้ำหนักรวมทั้งเปลือกเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ  $0.52 \pm 0.11$ ,  $0.28 \pm 0.02$ ,  $0.29 \pm 0.02$ ,  $0.24 \pm 0.03$  และ  $0.39 \pm 0.03$  กรัม ตามลำดับ และอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวเปลือกเฉลี่ยต่อวัน  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ  $0.156 \pm 0.013$ ,  $0.119 \pm 0.005$ ,  $0.125 \pm 0.006$ ,  $0.107 \pm 0.005$  และ  $0.141 \pm 0.005$  มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของน้ำหนักเฉลี่ย ความกว้างเปลือกเฉลี่ย ความยาวเปลือกเฉลี่ยและอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวเปลือกเฉลี่ยต่อวันของทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยได้ลูกหอยระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน ที่มีความยาวเปลือกเฉลี่ยตั้งแต่ 0.8 – 1.2 เซนติเมตร (ตารางที่ 4, ตารางผนวกที่ ก7-ก10 และ ภาพผนวกที่ ค7-ค10) ดังนั้นจากผลการศึกษานี้จึงสรุปได้ว่าอัตราการเจริญเติบโตของลูกหอยแปรผกผันกับอัตราการรอดตายอย่างชัดเจนเพราะชุดการทดลองที่ติดขอบถังด้วยอวนมุ้งฟ้าที่ให้อัตราการรอดตายสูงสุดแต่กลับมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุด และชุดการทดลองที่ไม่ติดขอบถังด้วยวัสดุชนิดใด ๆ ซึ่งได้อัตราการรอดตายต่ำสุดแต่กลับมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด

### 2.3 คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำตลอดการทดลองพบว่าน้ำที่เดิมมีความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 34.33 ส่วนในพันส่วน (ppt) ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 8.04 ค่าความเป็นด่างเฉลี่ยเท่ากับ 120.85 มิลลิกรัมต่อลิตร ( $\text{mg/l as CaCO}_3$ ) ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 5.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ( $\text{mg/l}$ ) ค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยเท่ากับ 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ( $\text{mg/l}$ ) ค่าไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร ( $\text{mg/l}$ ) และอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.5 องศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ ) ส่วนคุณภาพน้ำในแต่ละชุดการทดลอง (T6-T10) มีความเค็มเฉลี่ย 34.1-34.2 ส่วนในพันส่วน ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 7.80-7.99 ความเป็นด่างเฉลี่ย 102.08-114.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ย 0.34-0.77 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนโตรเจน-ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ย 0.17-0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร และอุณหภูมิเฉลี่ย 28.4-28.7 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าความเค็ม ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย ความเป็นด่างเฉลี่ย ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยและอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ส่วนค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยและไนโตรเจน-

ไนโตรเจนเฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ซึ่งหาค่าความแตกต่างที่ไม่คิดวัสดุที่  
ขอบถังนั้นมีค่าแอมโมเนียมรวมเฉลี่ยและไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยต่ำสุดเพราะมีอัตราอดต่ำสุด  
และหาค่าความแตกต่างที่ไม่คิดวัสดุที่ขอบถังด้วยอวนมุ้งไฟนั้นมีค่าแอมโมเนียมรวมเฉลี่ยและ  
ไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยสูงสุดเพราะให้อัตราอดสูงสุดจึงมีความหนาแน่นของลูกหอยมากกว่า  
หาค่าความแตกต่างที่ไม่มีการจับถ่ายของเสียของลูกหอยมากตามไปด้วย (ตารางที่ 5)

**ตารางที่ 4** อัตรารอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของการอนุบาลหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807) จากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน โดยใช้วัสดุติดขอบถังชนิดต่าง ๆ

รายการ	ชุดการทดลอง				
	T6 ไม่ติดวัสดุ (ชุดควบคุม)	T7 ฟิวเจอร์บอร์ด	T8 พลาสติกใส	T9 อวนมุ้งฟ้า	T10 โฟม
ความยาวเปลือกของระยะวัยอ่อน (มิลลิเมตร)	0.488 ± 0.009 <sup>a*</sup>	0.485 ± 0.009 <sup>a</sup>	0.490 ± 0.007 <sup>a</sup>	0.486 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.489 ± 0.005 <sup>a</sup>
ความยาวเปลือกของระยะลงพื้น (มิลลิเมตร)	1.190 ± 0.096 <sup>a</sup>	1.210 ± 0.129 <sup>a</sup>	1.180 ± 0.135 <sup>a</sup>	1.200 ± 0.123 <sup>a</sup>	1.220 ± 0.120 <sup>a</sup>
ความยาวเปลือกของระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน (มิลลิเมตร)	12.164 ± 0.932 <sup>d</sup>	9.432 ± 0.345 <sup>b</sup>	9.834 ± 0.470 <sup>b</sup>	8.474 ± 0.403 <sup>a</sup>	10.986 ± 0.307 <sup>c</sup>
ความกว้างเปลือกของระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน (มิลลิเมตร)	6.41 ± 0.52 <sup>b</sup>	5.02 ± 0.26 <sup>a</sup>	4.99 ± 0.16 <sup>a</sup>	4.84 ± 0.41 <sup>a</sup>	6.01 ± 0.44 <sup>b</sup>
น้ำหนักรวมเปลือกของระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน (กรัม)	0.52 ± 0.11 <sup>c</sup>	0.28 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.29 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.24 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.39 ± 0.03 <sup>b</sup>
อัตราการเติบโตโดยความยาวเปลือก (มิลลิเมตร/วัน)	0.156 ± 0.013 <sup>d</sup>	0.119 ± 0.005 <sup>b</sup>	0.125 ± 0.006 <sup>b</sup>	0.107 ± 0.005 <sup>a</sup>	0.141 ± 0.005 <sup>c</sup>
อัตรารอดจากระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน (%)	1.22 ± 0.51 <sup>a</sup>	13.38 ± 0.61 <sup>d</sup>	10.14 ± 0.60 <sup>c</sup>	21.58 ± 2.43 <sup>c</sup>	6.45 ± 1.10 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

\*ตัวอักษรยกกำลัง (a,b,c,d,e) ที่ต่างกันของแถวตามแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 5 คุณภาพน้ำเกลือของการอนุบาลหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807) จากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน โดยใช้วัสดุติดขอบถังชนิดต่าง ๆ

รายการ	น้ำที่เติม (เกลือ)	ชุดการทดลอง				
		T6 ไม้ติควัสดุ (ชุดควบคุม)	T7 ฟิวเจอร์บอร์ด	T8 พลาสติกใส	T9 อวนมุ้งฟ้า	T10 โฟม
ความเค็ม (ppt)	34.33	34.21 ± 0.05 <sup>a*</sup>	34.17 ± 0.04 <sup>a</sup>	34.13 ± 0.07 <sup>a</sup>	34.16 ± 0.04 <sup>a</sup>	34.18 ± 0.03 <sup>a</sup>
ความเป็นกรด-ด่าง	8.04	7.99 ± 0.01 <sup>d</sup>	7.85 ± 0.02 <sup>b</sup>	7.83 ± 0.01 <sup>b</sup>	7.80 ± 0.03 <sup>a</sup>	7.88 ± 0.02 <sup>c</sup>
ความเป็นด่าง (mg/l as CaCO <sub>3</sub> )	120.85	114.57 ± 3.14 <sup>c</sup>	105.53 ± 1.72 <sup>ab</sup>	103.98 ± 3.09 <sup>ab</sup>	102.08 ± 1.79 <sup>a</sup>	107.43 ± 2.49 <sup>b</sup>
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l)	5.75	6.09 ± 0.03 <sup>c</sup>	6.05 ± 0.01 <sup>ab</sup>	6.03 ± 0.04 <sup>a</sup>	6.07 ± 0.01 <sup>bc</sup>	6.08 ± 0.01 <sup>bc</sup>
แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.0609	0.3414 ± 0.0201 <sup>a</sup>	0.7284 ± 0.0902 <sup>cd</sup>	0.6414 ± 0.0679 <sup>bc</sup>	0.7731 ± 0.1229 <sup>d</sup>	0.5669 ± 0.0483 <sup>b</sup>
ไนโตรเจน-ไนโตรเจน (mg/l)	0.1181	0.1736 ± 0.0246 <sup>a</sup>	0.3088 ± 0.0217 <sup>b</sup>	0.3350 ± 0.0219 <sup>bc</sup>	0.3492 ± 0.0246 <sup>c</sup>	0.3160 ± 0.0369 <sup>bc</sup>
อุณหภูมิ (°C)	28.5	28.40 ± 0.82 <sup>a</sup>	28.70 ± 0.76 <sup>a</sup>	28.60 ± 0.74 <sup>a</sup>	28.50 ± 0.79 <sup>a</sup>	28.70 ± 0.57 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

\*ตัวอักษรยกกำลัง (a,b,c,d,e) ที่แตกต่างกันของแถวตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

## วิจารณ์

การอนุบาลลูกหอยระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน โดยการไม่ใส่และใส่ทรายละเอียดในแต่ละช่วงของการอนุบาลนั้นพบว่า ชุดการทดลอง 1 (T1) : ไม่ใส่ทรายละเอียด (ชุดควบคุม) ชุดการทดลอง 2 (T2) : ใส่ทรายละเอียดก่อนถึงระยะลงพื้น 5 วัน ชุดการทดลอง 3 (T3) : ใส่ทรายละเอียดในวันแรกที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น ชุดการทดลอง 4 (T4) : ใส่ทรายละเอียดหลังจากที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นทั้งหมดและชุดการทดลอง 5 (T5) : การย้ายลูกหอยระยะลงพื้นทั้งหมดไปอนุบาลในถังใหม่ที่มีทรายละเอียดมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (ตารางที่ 2, ตารางผนวกที่ ก1 และ ภาพผนวกที่ ก1) ซึ่งการอนุบาลลูกหอยที่ไม่ใส่ทรายละเอียดระหว่างการอนุบาลนั้นจะมีอัตราการรอดตายต่ำกว่าการอนุบาลที่มีการใส่ทรายละเอียดดังนั้นการใส่ทรายละเอียดที่พื้นถึงอนุบาลให้กับลูกหอยระยะลงพื้น (crawling stage) คาดว่าเป็นการเลียนแบบธรรมชาติจึงช่วยลดความเครียดและชูโอแทมเนียม (*Zoothamnium* sp.) ที่เกาะบนเปลือกหอยได้เพราะหอยหวานในธรรมชาติอาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งที่มีพื้นที่ท้องทะเลเป็นทรายและทรายปนโคลน (ชานินทร์, 2539; นิลนาจ และ ศิริษา, 2545; Abbott and Dance, 1989; Chaitanawisuti and Kritsanapuntu, 1998; Chaitanawisuti *et al.*, 2004) เมื่อเปรียบเทียบการใส่ทรายในแต่ละช่วงของการอนุบาลนั้นจะเห็นว่าอนุบาลที่ใส่ทรายละเอียดในวันแรกที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น (T3) นั้นมีอัตราการรอดตายต่ำกว่าการอนุบาลที่ใส่ทรายวิธีอื่น ๆ (T2, T4 และ T5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ดังนั้นการที่ใส่ทรายละเอียดในวันแรกที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นอาจเป็นการจัดการที่ไม่เหมาะสมเพราะเป็นการรบกวนลูกหอยทำให้เกิดความเครียดหรือทรายละเอียดที่เติมลงไปอาจกระจายตัวไม่ดีซึ่งส่วนที่หนาอาจทับลูกหอยที่กำลังอยู่ในช่วงวิกฤตที่กำลังจะเปลี่ยนจากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) เป็นระยะลงพื้น (crawling stage) จึงทำให้ลูกหอยบางส่วนตายได้ ส่วนการอนุบาลที่มีการใส่ทรายละเอียดก่อนถึงระยะลงพื้น 5 วัน (T2) หรือ การใส่ทรายละเอียดหลังจากที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นทั้งหมด (T4) หรือการย้ายลูกหอยระยะลงพื้นทั้งหมดไปอนุบาลในถังใหม่ที่มีทรายละเอียด (T5) ซึ่งทั้ง 3 วิธีนี้จะให้อัตรารอดตายที่สูงแต่มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ฉะนั้นจึงสามารถเลือกนำวิธีการอนุบาลวิธีใด ๆ ไปใช้ได้ ดังนั้นจึงเลือกการอนุบาลที่ใส่ทรายละเอียดก่อนถึงระยะลงพื้น 5 วัน (T2) ไปใช้ในการทดลองขั้นตอนที่ 2 เพื่อทดลองเปรียบเทียบหาวัสดุดีรอบขอบถังด้านในสำหรับป้องกันการคืบคลานขึ้นมาแห้งตายบนขอบถังต่อไป เนื่องจากการอนุบาลที่ใส่ทรายละเอียดก่อนถึงระยะลงพื้น 5 วัน เป็นวิธีการที่น่าจะมีความเหมาะสมในการเลือกใช้มากที่สุดเพราะเป็นการจัดการที่ง่าย สะดวกในการทำงาน สามารถจัดชูโอแทมเนียมและไม่ทำให้ลูกหอยเกิดความเครียดส่วนอัตราการเติบโตด้านความยาวเปลือกเฉลี่ย ความกว้างเปลือกเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย

และอัตราการเจริญเติบโตของความยาวเปลือกเฉลี่ยต่อวันมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ซึ่งลูกหอยอายุ 60 วัน ที่ได้จากการทดลองนี้มีความยาวเปลือกเฉลี่ยประมาณ 0.8 เซนติเมตร เป็นขนาดลูกหอยที่ยังไม่เหมาะสมที่จำหน่ายให้แก่เกษตรกรเพื่อนำไปเลี้ยงเป็นหอยขนาดตลาดต่อไปได้ ดังนั้นถ้าต้องการลูกหอยขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร ควรเลี้ยงต่อไปอีก 30 วัน โดยปรับความหนาแน่นที่เหมาะสมเหมือนการศึกษาของ บังอร และคณะ (2548) ( $P > 0.05$ ) (ตารางที่ 2, ตารางผนวกที่ ก4-ก5 และ ภาพผนวกที่ ค4-ค5)

ดังนั้นในการทดลองขั้นตอนที่ 2 เป็นการหาวัสดุที่ติดขอบถังชนิดต่าง ๆ เพื่อป้องกันการคืบคลานขึ้นไปแห้งตายบริเวณขอบถังร่วมกับการใส่ทรายละเอียดก่อนที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้น 5 วันด้วยนั้น โดยอนุบาลหอยหวานจากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลอง 6 (T6) : ไม่ติดวัสดุ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลอง 7 (T7) : ฟิวเจอร์บอร์ด ชุดการทดลอง 8 (T8) : พลาสติกใส ชุดการทดลอง 9 (T9) : อวนมุ้งฟ้าและชุดการทดลอง 10 (T10) : โฟม มีอัตราการรอดตายที่มีความสัมพันธ์ผกผันกับการเจริญเติบโตกล่าวคือถ้ามีอัตราการรอดต่ำว่าก็จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่านั่นเองโดยชุดที่ติดรอบขอบถังด้านในด้วยอวนมุ้งฟ้าที่ให้อัตราการรอดตายสูงสุดจึงให้อัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ติดรอบขอบถังด้านในเพราะมีอัตราการรอดตายต่ำสุด (ตารางที่ 4, ตารางผนวกที่ ก6-ก10 และ ภาพผนวกที่ ค6-ค10) ส่วนการใช้อวนมุ้งฟ้าติดขอบพร้อมกับการใส่ทรายละเอียดก่อนถึงระยะลงพื้น 5 วันนั้นได้อัตราการรอดเฉลี่ยสูงสุดถึง 21.58 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากอวนมุ้งฟ้าเป็นวัสดุที่พื้นผิวหยาบและโปร่งจึงทำให้ลูกหอยไม่สามารถคืบคลานออกไปเหนือขอบวัสดุที่ติดขอบถังหรือออกถังทดลองได้ ส่วนวัสดุชนิดอื่น ๆ นั้นมีพื้นผิวที่เรียบจึงทำให้ลูกหอยคืบคลานบนวัสดุที่ติดขอบถังได้ดีกว่าและไต่ไปแห้งตายเหนือขอบวัสดุที่ติดขอบถัง จากผลการศึกษาครั้งนี้ยังสามารถเพิ่มอัตราการรอดได้สูงขึ้นกว่าการอนุบาลของ ธานินทร์ (2539) ซึ่งได้อนุบาลระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่นอายุ 1 ปี มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 0.34 เปอร์เซ็นต์ หรือ Poomtong และ Nhongmeesub (1996) ที่รายงานว่าการอนุบาลระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่นอายุ 2 เดือน มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 0.84 เปอร์เซ็นต์ หรือ นิพนธ์ และ จริญญา (2543) ที่ศึกษาการอนุบาลระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่นขนาด 1 เซนติเมตร ได้อัตราการรอดตายสูงสุดเท่ากับ 2.02 เปอร์เซ็นต์ หรือนิลนิจ และ ศิริษา (2545) ได้กล่าวว่าการอนุบาลระยะวัยอ่อนถึงหอยขนาด 0.5 เซนติเมตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 0.19 เปอร์เซ็นต์ หรือ ธวัช และคณะ (2548) พบว่าการอนุบาลหอยหวานตั้งแต่ไข่ (eggs) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) ขนาด 1 เซนติเมตร ได้อัตราการรอดตายเฉลี่ย 7.18 เปอร์เซ็นต์และ บังอร และคณะ (2548) รายงานว่าได้อนุบาลลูกหอยจากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่น (early juvenile) อายุ 60 วัน มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 9.82 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุที่ทำให้ผลการทดลองครั้งนี้มี

ความแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมาดังกล่าวมาแล้วนั้นเพราะวิธีการจัดการระหว่างการอนุบาลมีความแตกต่างกันหลายประการเช่น ชานินทร (2539); บังอร และคณะ (2548) และ Poomtong and Nhongmeesub (1996) ได้ย้ายลูกหอยระยะลงพื้น (crawling juvenile) ในวันแรกไปอนุบาลในกระชังที่แขวนในบ่อหรือถังอนุบาลอีกทีเพื่อป้องกันการปีนหนีของลูกหอย ส่วน ชานินทร (2539) ได้อนุบาลโดยการนำลูกหอยระยะลงพื้นมาอนุบาลในกระชังที่จมอยู่ในน้ำตลอดเวลาซึ่งต้องทำ ความสะอาดกระชังหลังการให้อาหารจึงทำให้เปลือกของลูกหอยซึ่งบางมากแตกและทำให้ลูกหอยตายในที่สุด ดังนั้นการอนุบาลในกระชังแบบนี้จึงทำให้มีอัตราการรอดตายต่ำกว่าการอนุบาลลูกหอย โดยการใส่ทรายละเอียดลงไปในพื้นที่ถึงตลอดโดยการใส่ทรายละเอียดก่อนถึงระยะลงพื้น 5 วัน (T2) หรือการใส่ทรายละเอียดหลังจากที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นทั้งหมดในถังเดิม (T4) หรือ การย้ายลูกหอยระยะลงพื้นทั้งหมดไปอนุบาลในถังใหม่ที่มีทรายละเอียด (T5) ร่วมกับการอนุบาล โดยใช้วัสดุควมุ้งฟ้าติดขอบถังตลอดด้วยเพราะมีการรบกวนลูกหอยน้อยกว่าทำให้ลดการ สูญเสียของลูกหอยในช่วงนี้ได้ ส่วนการศึกษาของ บังอร และคณะ (2548) ซึ่งอนุบาลลูกหอยระยะ วัยอ่อนที่ใกล้จะลงพื้นในกระชังจนลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นทั้งหมดจึงย้ายไปอนุบาลในถังที่มี ทรายละเอียดที่พื้นถึงต่อไปอีกจนได้ระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน โดยถังอนุบาลใช้พลาสติกใสปิดคลุม ถึงตลอดและมีไม้หนีบยึดติดเป็นระยะ ๆ และใช้มีดกรีดพลาสติกเพื่อระบายอากาศโดยใส่น้ำ ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ แล้วเปิดลมแรง ๆ เพื่อให้ละอองน้ำกระจายไปทั่วถังเพื่อป้องกันการแห้ง ตายของลูกหอยขณะปีนขอบถังซึ่งค่อนข้างมีความยุ่งยากในการจัดการหลาย ๆ ประการ (ภาพ ผนวกที่ ข4-ข6) รวมทั้งการอนุบาลลูกหอยระยะวัยอ่อนของ บังอร และคณะ (2548) ยังมีความ หนาแน่นสูงกว่าการศึกษานี้ถึง 4.6 เท่า คือความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 920 ตัวต่อลิตร จึงทำให้ได้ อัตรารอดตายต่ำกว่าของการศึกษานี้ซึ่งใช้ความหนาแน่นเพียง 200 ตัวต่อลิตร ส่วน ธวัช และคณะ (2548) ที่ศึกษาการอนุบาลระยะวัยอ่อนที่ความหนาแน่นตั้งแต่ 75-150 ตัวต่อลิตร ซึ่งต่ำกว่า การศึกษารุ่นนี้ แต่วิธีการใส่ทรายระหว่างการอนุบาลแตกต่างจากการศึกษานี้คือได้อนุบาลลูกหอย ระยะวัยอ่อนจนเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นแล้วจึงย้ายระยะลงพื้นในวันแรกไปอนุบาลในบ่ออนุบาลที่ ไม่มีทรายละเอียดจนได้ลูกหอยขนาด 0.5 เซนติเมตร แล้วจึงเติมทรายละเอียดลงไปเพื่อให้ลูกหอย ฟังตัวจึงได้อัตราการรอดตายต่ำกว่า อาจเนื่องจากการย้ายลูกหอยในช่วงวิกฤตหรือการใส่ทรายในช่วงที่ ไม่เหมาะสม (อาจจะใส่ทรายระหว่างการอนุบาลซ้ำเกินไป) ส่วนการอนุบาลลูกหอยจากระยะลง พื้นถึงระยะวัยรุ่นของ นิลนาจ และ อนุตร (2541) และ นิลนาจ และ ศิริษา (2545) ได้อนุบาลในถัง ขนาด 500 ลิตร ซึ่งออกแบบเป็นพิเศษด้วยการใช้ระบบน้ำฉีดเป็นฝอยบริเวณผนังบ่อเพื่อป้องกันการ คืบคลานขึ้นมาแห้งตายบนขอบถังแต่ยังได้อัตราการรอดตายเฉลี่ยเพียง 10.48 เปอร์เซ็นต์ (4.8-21.4 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งวิธีที่ใช้ระบบน้ำฉีดเป็นฝอยบริเวณขอบถังตลอดนี้ยังมีลูกหอยที่สามารถคืบคลาน ข้ามท่อน้ำที่ฉีดเป็นฝอยขึ้นเหนือบริเวณผนังที่เปียกแล้วแห้งตายได้อีกและยังเป็นการเพิ่มต้นทุนการ

ผลิตด้วย เนื่องจากต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้กับมอเตอร์ในการควบน้ำหมุนเวียนเข้าไปในระบบนี้ ตลอด 24 ชั่วโมง (ภาพผนวกที่ ข 7)

ส่วนอัตราการเจริญเติบโต โดยเฉพาะความยาวเปลือกเฉลี่ยสุดท้ายของการทดลองขึ้นตอนที่ 2 ซึ่งเปรียบเทียบกับวัสดุที่ขอบถึงชนิดต่าง ๆ นั้นพบว่ามีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับอัตราการรอดตายอย่างเห็นได้ชัดเจนเพราะการอนุบาลลูกหอยในถังที่ไม่คิดวัสดุที่ขอบถึงซึ่งมีอัตราการรอดตายต่ำสุดกลับให้อัตราการเจริญเติบโตสูงสุด ส่วนการอนุบาลลูกหอยในถังที่ติดขอบถึงด้วยอวนมุ้งฟ้าซึ่งให้อัตราการรอดตายสูงสุดได้อัตราการรอดตายต่ำสุด สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าลูกหอยที่เหลืออยู่ในถังอนุบาลมีความหนาแน่นแตกต่างกันซึ่งในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไปนั้นถ้าเลี้ยงในความหนาแน่นที่ต่ำกว่าย่อมให้อัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่านั่นเองซึ่ง บังอร และคณะ (2548) รายงานว่าการอนุบาลลูกหอยจากระยะลงพื้นถึงหอยอายุ 90 วัน ที่ระดับความหนาแน่นของลูกหอยตั้งแต่ 6,769 – 10,080 ตัวต่อตารางเมตร นั้นได้ลูกหอยอายุ 60 วัน ที่มีขนาดความยาวเปลือกมากกว่า 1 เซนติเมตร ประมาณ 52.58 เปอร์เซ็นต์ และเป็นลูกหอยที่มีขนาดความยาวเปลือกน้อยกว่า 1 เซนติเมตร ประมาณ 47.42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้เลี้ยงลูกหอยขนาดที่ต่ำกว่า 1 เซนติเมตร ต่อไปอีกจนได้ลูกหอยอายุครบ 90 วัน โดยการคัดขนาดลูกหอยที่มีขนาดที่สูงกว่า 1 เซนติเมตร เพื่อนำไปเลี้ยงในบ่ออื่นต่อไปเป็นประจำในวันที่ 60, 70, 80 และ 90 จึงทำให้ลูกหอยที่มีขนาดต่ำกว่า 1 เซนติเมตรซึ่งเหลืออยู่ในถังอนุบาลเดิมนั้นมีความหนาแน่นต่ำลงเรื่อย ๆ ทำให้ได้ลูกหอยอายุ 90 วัน ที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร รวมสูงสุดเท่ากับ 97.02 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ทั้ง 2 ขึ้นตอนนั้นไม่ได้มีการปรับลดความหนาแน่นของลูกหอยระหว่างการอนุบาลจึงให้อัตราการเจริญเติบโตแปรผกผันกับอัตราการรอดตายนั่นเอง

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการทดลองทั้ง 2 ขึ้นตอน นั้นชี้ให้เห็นว่าคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่าง ๆ (ตารางที่ 3 และ ตารางที่ 5) มีค่าเหมาะสมไม่กระทบต่อผลการทดลองของอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของลูกหอยเพราะพบว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไป (ยนต์, 2539; Boyd, 1982, 1984, 1990) ส่วนค่าความเป็นด่างของการอนุบาลที่ติดขอบถึงด้วยวัสดุชนิดต่าง ๆ นั้นพบว่าค่าความเป็นด่างของชุดควบคุมที่ไม่คิดวัสดุที่ขอบถึงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 120.85 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าทุกชุดการทดลองที่ติดขอบถึงด้วยแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด แผ่นพลาสติกใส แผ่นอวนมุ้งฟ้า และแผ่นโฟมที่มีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยระหว่าง 102.08-107.43 มิลลิกรัมต่อลิตร นั้นเป็นเพราะว่าชุดควบคุมที่ไม่คิดวัสดุที่ขอบถึงนั้นมีอัตราการรอดตายต่ำกว่าชุดการทดลองที่ติดขอบถึงด้วยวัสดุชนิดต่าง ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ฉะนั้นลูกหอยที่เหลือความหนาแน่นต่ำกว่าจึงดึงสารประกอบแคลเซียมและแมกนีเซียมจากน้ำที่ใช้ในการอนุบาลเพื่อนำไปใช้

ในการสร้างเปลือกปริมาณต่ำกว่าชุดการทดลองที่ติดขอบด้วยวัสดุชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีอัตราการตายสูงกว่านั่นเอง ดังนั้นจึงทำให้ชุดควบคุมที่ไม่ติดวัสดุรอบขอบด้านในมีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ส่วนการอนุบาลโดยไมใส่และใส่ทรายระหว่างการอนุบาลและการอนุบาลโดยใช้วัสดุติดขอบถึงชนิดต่าง ๆ เพื่อป้องกันการคืบคลานออกมาแห้งตายบริเวณขอบถึงนั้นมีค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยตั้งแต่ 0.63-0.78 mg/l และ 0.34-0.77 mg/l ตามลำดับ และมีค่าไนโตรที่-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.40-0.48 mg/l และ 0.17-0.35 mg/l ตามลำดับ นั้นซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงแต่พบว่ายังมีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่า 96-hr  $LC_{50}$  ของแอมโมเนียของลูกกุ้งกุลาดำระยะ Postlarva อยู่ในช่วง 1.26-5.71 mg/l และค่า 96-hr  $LC_{50}$  ของไนโตรที่ของลูกกุ้งแชบ๊วยระยะ Postlarva <sub>7-16</sub> อยู่ระหว่าง 4.8-6.1 mg/l และ 24-hr  $LC_{50}$  ของไนโตรที่ของลูกกุ้งแชบ๊วยระยะ Nauplius, Protozoa และ Mysis เท่ากับ 6.1, 29.0 และ 12.8 mg/l ตามลำดับ (ยนต์, 2539) ซึ่ง ยนต์ (2539) กล่าวว่าความเป็นพิษของไนโตรที่จะมีผลกับสัตว์น้ำที่มีเลือดแบบฮีโมโกลบิน (haemoglobin) มากกว่าแบบฮีโมไซยานิน (haemocyanin) แต่สัตว์กลุ่มกุ้ง-ปูซึ่งปฏิกริยาของไนโตรที่กับฮีโมไซยานินยังไม่ชัดเจนเหมือนกับปฏิกริยาของไนโตรที่กับฮีโมโกลบินที่ทำให้เกิดโรคเลือดสีน้ำตาล (brown blood disease) กับสัตว์น้ำที่มีเลือดแบบฮีโมโกลบินเช่น ปลา เป็นต้น ดังนั้นหอยหวานที่มีเลือดแบบฮีโมไซยานินนั้นความเป็นพิษของไนโตรที่น่าจะมีผลเช่นเดียวกับสัตว์กลุ่มกุ้ง-ปู เพราะถ้ามีปริมาณไนโตรที่ในระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่าระดับที่ทำให้สัตว์น้ำตายจะทำให้สัตว์น้ำอ่อนแอและติดโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรียได้ง่าย ฉะนั้นค่าความเป็นพิษของแอมโมเนียรวมและไนโตรที่-ไนโตรเจนของการศึกษาครั้งนี้อาจทำให้ลูกหอยเกิดความเครียดได้ แต่ในการอนุบาลระยะวัยอ่อนมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 30-50 เปอร์เซ็นต์ เป็นประจำทุกวันและเมื่อลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นก็มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 80-100 เปอร์เซ็นต์ เป็นประจำทุกวัน ดังนั้นคุณภาพน้ำทั้งสองพารามิเตอร์นี้จึงไม่น่ามีผลกระทบต่ออัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของลูกหอยระหว่างการทดลองนี้

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

1. การอนุบาลลูกหอยหวานจากระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน (early juvenile) โดยการไม่ใส่และใส่ทรายละเอียดในแต่ละช่วงของการอนุบาลนั้นสามารถสรุปอัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1.1 อัตราการรอดตายจากระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน ของการอนุบาลโดยการไม่ใส่ทรายละเอียดนั้นม้อัตราการรอดตายต่ำกว่าการอนุบาลที่ใส่ทรายละเอียดในแต่ละช่วงของการอนุบาลอย่างมีนัยสำคัญ ( $P>0.05$ ) ส่วนการอนุบาลที่ใส่ทรายของวันแรกที่เปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นนั้นเป็นวิธีที่ให้อัตราการรอดตายต่ำกว่าการอนุบาลที่มีการใส่ทรายวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) แต่การใส่ทรายละเอียดก่อนถึงระยะลงพื้น 5 วัน หรือการใส่ทรายละเอียดหลังจากที่ลูกหอยเปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นทั้งหมดในถังเดิมหรือการย้ายลูกหอยที่เปลี่ยนเป็นระยะลงพื้นทั้งหมดไปอนุบาลในถังใหม่ที่มีทรายละเอียดนั้นม้อัตราการรอดตายสูงซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ )

1.2 อัตราการเจริญเติบโตของความยาวเปลือก ความกว้างเปลือก น้ำหนักรวมทั้งเปลือก และอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวเปลือกเฉลี่ยต่อวัน มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ลูกหอยระยะวัยรุ่นที่มีความยาวเปลือกเฉลี่ยตั้งแต่ 8.1-8.8 มิลลิเมตร

1.3 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการอนุบาลลูกหอยหวานจากระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน โดยการไม่ใส่และใส่ทรายละเอียดในแต่ละช่วงของการอนุบาลของทุกชุดการทดลองนั้นชี้ให้เห็นว่าคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่าง ๆ นั้นอยู่ในเกณฑ์ปกติที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไปจึงไม่มีผลกระทบต่ออัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของลูกหอย

2. การอนุบาลลูกหอยหวานจากระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน โดยใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ ติดขอบถังทดลองเพื่อป้องกันการคืบคลานขึ้นมาแห้งตายบนขอบถังอนุบาลหรือการคลานหนีออกจากถังทดลองนั้น เมื่อสิ้นสุดการทดลองสามารถสรุปอัตราการตาย อัตราการเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

2.1 อัตราการตายของการอนุบาลลูกหอยหวานจากระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน โดยใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ ติดรอบขอบถังทดลองด้านในเพื่อป้องกันการคืบคลานขึ้นมาเหนือน้ำแล้วทำให้ตัวหอยแห้งตายนั้นพบว่าการอนุบาลในถังที่ไม่ติดวัสดุขอบถังเพื่อป้องกันการคืบคลานมาแห้งตายบนขอบถังก่อนให้อัตราการตายต่ำกว่าการอนุบาลในถังที่ติดวัสดุชนิดต่าง ๆ รอบขอบถังด้านในอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ส่วนวัสดุติดขอบถังที่ให้อัตราการตายสูงที่สุดไปหาต่ำที่สุดได้แก่ อวนมุ้งฟ้า พิวเจอร์บอร์ด พลาสติกใสและโฟม ตามลำดับ เพราะอวนมุ้งฟ้าเป็นวัสดุที่มีพื้นผิวหยาบขรุขระทำให้ลูกหอยคืบคลานบนวัสดุอวนมุ้งฟ้าได้ยากกว่าการคืบคลานบนแผ่นพิวเจอร์บอร์ด พลาสติกใสและโฟมซึ่งเป็นวัสดุที่มีผิวค่อนข้างเรียบทำให้ลูกหอยคืบคลานได้สะดวกและง่ายกว่าแผ่นอวนมุ้งฟ้า

2.2 อัตราการเจริญเติบโตของความยาวเปลือก ความกว้างเปลือก น้ำหนักรวมทั้งเปลือกและอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวเปลือกเฉลี่ยต่อวัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตมีความสัมพันธ์ผกผันกับอัตราการตายโดยการอนุบาลที่ไม่ติดวัสดุบนขอบถังมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดซึ่งได้ความยาวเปลือกเฉลี่ยของลูกหอยระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน เท่ากับ 12.2 มิลลิเมตร เพราะมีอัตราการตายต่ำสุดเพียง 1.22 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ส่วนการอนุบาลที่ใช้อวนมุ้งฟ้าติดขอบถังให้อัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุดซึ่งมีความยาวเปลือกเฉลี่ยของลูกหอยระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน เท่ากับ 8.5 มิลลิเมตร ทั้งนี้เนื่องจากมีอัตราการตายสูงที่สุดถึง 21.58 เปอร์เซ็นต์

2.3 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการอนุบาลลูกหอยหวานจากระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน โดยใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ ติดรอบขอบถังทดลองด้านในของทุกชุดการทดลองนั้นพบว่าคุณภาพน้ำเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ปกติที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไปจึงไม่มีผลกระทบต่ออัตราการตายและอัตราการเจริญเติบโตของลูกหอยเช่นเดียวกับคุณภาพทั่วไประหว่างการอนุบาล โดยการไม่ใส่และใส่ทรายระหว่างการอนุบาล

## ข้อเสนอแนะ

การจะพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงหอยหวานให้ได้ผลตอบแทนสูงจนสามารถส่งเสริมการเพาะเลี้ยงหอยหวานในเชิงพาณิชย์ให้เป็นธุรกิจที่มีความมั่นคงและยั่งยืนต่อไปนาน ๆ จำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยด้านต่าง ๆ เพิ่มเติมต่อไปอีก ได้แก่

1. จากการศึกษาครั้งนี้ควรมีการศึกษาด้านคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพิ่มเติมและควรมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำมากกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพารามิเตอร์ที่มีความเป็นพิษกับหอยโดยตรงเช่น แอมโมเนียรวม ไนโตรท-ไนโตรเจน เป็นต้น เพื่อจะได้พัฒนาระบบการเลี้ยงว่าจะควรเลี้ยงในระบบน้ำแบบปิด ระบบน้ำกึ่งปิด ระบบน้ำที่มีการเปลี่ยนถ่ายเป็นประจำหรือระบบน้ำที่ไหลผ่านตลอดเพื่อจะได้ลดความเป็นพิษของคุณภาพน้ำบางพารามิเตอร์ที่เป็นพิษโดยตรงกับลูกหอยได้ รวมทั้งศึกษาว่าระบบน้ำแบบไหนที่มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าแต่ยังให้อัตรารอดตายสูงด้วย
2. จากการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในระบบห้องปฏิบัติการ (laboratory conditions) ควรที่จะมีการพัฒนาไปสู่ระบบการเพาะเลี้ยงของโรงเพาะฟักที่ใหญ่ (mass production) ขึ้นเพื่อจะได้ศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจหรือศึกษาหาต้นทุนและกำไรการผลิตที่แท้จริงได้
3. การศึกษาหาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนที่เหมาะสมสำหรับลูกหอยหวานวัยอ่อน (veliger larvae) ชนิดอาหารที่เหมาะสมสำหรับลูกหอยระยะวัยรุ่น (early juveniles) ถึงขนาดตลาด (marketable size) การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปเพื่อทดแทนอาหารสดที่มีราคาสูงขึ้นตามราคาน้ำมันที่ปรับตัวสูงขึ้นทุกปี
4. การศึกษาพาราสิตและโรคของหอยหวาน การศึกษาระบบภูมิคุ้มกันและกลไกการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันของหอยหวาน การใช้ยาและสารเคมีในการป้องกันหรือรักษา โดยการศึกษาเพื่อหาสาเหตุที่เกิดจากการติดเชื้อชนิดใด เมื่อทราบชนิดของเชื้อโรครักษาตามอาการที่เกิดโรคนั้น ๆ โดยการใช้อยูชิวันหรือสารเคมีชนิดที่อนุญาตให้ใช้สำหรับสัตว์น้ำได้ หลังจากทราบชนิดของเชื้อโรคและวิธีการรักษาไปเรียบร้อยแล้วนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาวิธีการป้องกันไม่ให้เกิดความเสี่ยงที่จะเกิดโรคระบาดโดยการศึกษาระบบภูมิคุ้มกันของหอยหวานเบื้องต้นเพื่อให้ตัวของหอยเองมีสุขภาพแข็งแรงสามารถป้องกันตนเองจากการเกิดโรคติดเชื้อต่าง ๆ ได้ รวมทั้งอาจจะต้องเปลี่ยนแปลงระบบการเลี้ยงโดยหลีกเลี่ยงหรือปรับปรุงวิธีการเลี้ยงที่ช่วยลด

ความเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคระบาดจะต้องเกิดความสูญเสียและเป็นวิธีการเลี้ยงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นข้อมูลพื้นฐานของโรคหอยหวานที่ได้จะส่งเสริมการเลี้ยงหอยที่มีคุณภาพดีเพื่อพัฒนาไปสู่การเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืนต่อไป

5. การศึกษาศักยภาพของบ่อกุ้งที่ร้างที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงหอยหวานในบ่อดินโดยอาศัยภาพถ่ายดาวเทียมจากการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) การสำรวจพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Global Positioning Systems) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ร่วมกันเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ของบ่อกุ้งที่ร้างจะได้นำบ่อกุ้งที่ร้างที่มีศักยภาพด้านต่าง ๆ ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหอยหวานนั้น ๆ นำมาใช้ประโยชน์ได้อีกเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงหอยหวานในบ่อดินต่อไป

6. การหาแนวทางการเพาะเลี้ยงหอยหวานร่วมกับสัตว์น้ำเศรษฐกิจอื่น ๆ (polyculture) จะได้เพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนให้สูงขึ้นอีกเพราะการเพาะเลี้ยงหอยหวานต้องใช้เวลาเลี้ยงให้เป็นหอยขนาดตลาดนานตั้งแต่ 8-12 เดือน

ดังนั้นถ้ามีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมสำหรับปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนี้จะสามารถพัฒนาเทคนิคการเพาะอนุบาลและการเพาะเลี้ยงหอยหวานที่จะทำให้อัตราการรอดตายสูงขึ้นและสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ รวมทั้งสามารถส่งเสริมการเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ให้เป็นอาชีพหรือธุรกิจที่มีความมั่นคงและยั่งยืนต่อไปนาน ๆ