2. การตรวจเอกสาร

ประเทศไทยเริ่มมีการเลี้ยงหอยมุกเมื่อประมาณ 25 ปีมาแล้ว โดยเริ่มเลี้ยงทางฝั่งทะเลอันดามันหลายแห่งด้วยกัน เช่น ที่เกาะพยาม จังหวัดระนอง และเกาะยาว จังหวัดพังงา แต่เนื่องจากคุณภาพน้ำไม่ดีพอ เพราะมีการใช้เครื่องมือประมงผิดประเภท เช่น การใช้เรืออวนลากทำให้น้ำขุ่นอยู่เสมอ หรือการใช้ระเบิดในการประมง จึงย้ายมาเลี้ยงที่เกาะนาคา ซึ่งเป็นเกาะเล็ก ๆ ในจังหวัดภูเก็ตมีเนื้อที่ 150 ไร่ และปัจจุบันมีเกาะอื่น ๆ อีกหลายเกาะที่หันมาเลี้ยงหอยมุกเพื่อผลิตไข่มุก เช่น เกาะรังใหญ่ เกาะละวะ และอ่าวมะขาม เป็นต้น พันธุ์หอยที่ใช้เลี้ยงรวบรวมได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่แต่ปัจจุบันประสบปัญหาจำนวนหอยที่รวบรวมได้มีน้อยลงเรื่อย ๆ เพราะนอกจากหอยมุกจะเป็นที่ต้องการสำหรับการผลิตไข่มุกโดยตรงแล้ว เปลือกซึ่งมีชั้นมุกที่แววาวยังนำมาทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อีกด้วย กรมประมงโดยศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ชายฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์จึงคิดค้นวิธีการเพาะเลี้ยงและอนุบาลหอยมุกจาน (*Pinctada fucata*) และหอยมุกกัลปังหาขึ้น โดยประสบความสำเร็จตั้งแต่ปี 2534 (จินตนา, 2537) จึงเป็นการแก้ปัญหาการขาดแคลนพันธุ์หอยมุกในอนาคตได้ระดับหนึ่ง

2.1 ลักษณะทางชีววิทยาของหอยมุก

2.1.1 การจัดอันดับอนุกรมวิธานและการแพร่กระจาย

หอยมุกกัลปังหาเป็นหอยมุกน้ำเค็ม มีการจัดอันดับทางอนุกรมวิธานไว้ ดังนี้

Phylum Mollusca

Class Bivalvia

Subclass Pterimorphia

Order Pterioida

Family Pteriidae

Genus Pteria

Species penguin

หอยมุกกัลปังหาเป็นหอยสองฝา มีชื่อสามัญ เรียกว่า Black wing oyster หรือ Gloden wing oyster หรือ Loven's wing oyster ส่วนคนไทยนิยมเรียกหอยมุกชนิดนี้ว่า หอยมุกกวางหรือหอยปีกนกหรือหอยมุกกัลปังหา เพราะมักเกาะติดกับต้นกัลปังหาดังกล่าวแล้วด้วยเส้นบิสซัส (byssus) ที่แข็งแรงหรือเกาะติดกับปะการังสีดำ (Black coral) ในทะเลลึก พบว่าหอยมุกชนิดนี้มีการแพร่กระจายอยู่ในทะเลเขตร้อนบริเวณชายฝั่งทะเลเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แต่ก็พบบริเวณรอบเกาะอะมามิจนถึงหมู่เกาะริวกิวในประเทศญี่ปุ่นด้วย ชาวประมงในย่านโอกินาวาเรียกหอยชนิดนี้ว่า หอยมุกมาเบ้ (Mabe หรือ Mabee) (Morimitsu, 1985)

2.1.2 รูปร่างลักษณะของหอยมุก

2.1.2.1 ลักษณะเปลือก

หอยมุกกัลปังหาเป็นหอยมุกที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับหอยมุกชนิดอื่น เปลือกของหอยมุกกัลปังหาภายนอกมีสีน้ำตาลแดงหรืออาจมีสีน้ำตาลเข้มแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยตามแหล่งที่อยู่อาศัย เปลือกมี 2 ฝา ส่วนใหญ่จะเป็นรูปสามเหลี่ยมกลมหรือรี ลักษณะของเปลือกที่ประกบกันจะเหมือนกันเพียงแต่กลับซ้ายขวาเท่านั้น (ภาพที่ 1) ด้านในของเปลือกยึดกันแน่นด้วยฮินจ์ (hinge) ปลายด้านหน้าและด้านหลังของเปลือกจะยื่นออกไปคล้ายปีก โดยที่ปีกด้านหน้าจะมีขนาดเล็กกว่าปีกด้านหลัง เปลือกซ้ายจะแบนกว่าเปลือกขวา อัมโบ (umbo) ค่อนมาทางปลายด้านหน้าของเปลือก ถ้าพิจารณาทางด้านนอกของเปลือกจะพบเส้นตามแนวนอนของ

เปลือกหรือเรียกว่า เส้นการเติบโต (growth line) ซึ่งเป็นเส้นละเอียดเรียงซ้อนกัน เริ่มจากด้านบนบริเวณอัมโบไปสิ้นสุดทางด้านล่างของเปลือก เป็นลักษณะที่ทำให้หอยเกิดลวดลาย มีสีสัน (สุชาติและคณะ, 2538) เปลือกของหอยมุกเกิดจากเนื้อเยื่อชั้นแมนเทิล (mantle) โดยเซลล์บุผิวชั้นนอก (outer epithelial cell) จะสร้างหินปูนในรูปของอะราโกไนต์ (aragonite) สร้างผลึกหินปูนรูปหกเหลี่ยม (hexagonal calcite crystal) และอินทรีย์สารที่เรียกว่า คอนชิโอลิน (conchiolin) ที่มีลักษณะคล้ายเคอราทิน (keratin) (สุจรรยา, 2540)

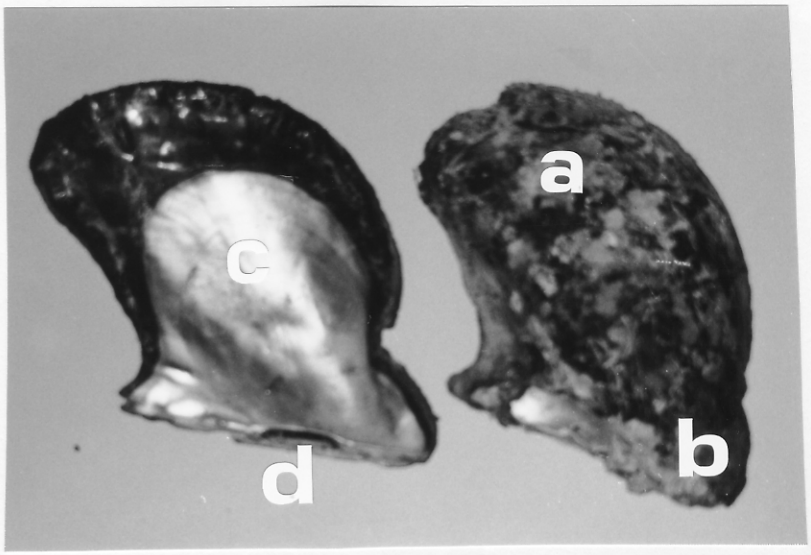
ถ้าตัดเปลือกของหอยมุกตามขวางจะพบว่าเปลือกประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ 3 ชั้น คือ

1. เพอริออสตราคัม (periostracum) เป็นชั้นนอกสุดมีสีน้ำตาลออกแดง และค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจนถึงสีน้ำตาลเข้มเมื่อมีอายุมากขึ้น

2. ชั้นพริสมาติก (prismatic layer) เป็นชั้นหินปูนชั้นนอกที่อยู่ถัดจากชั้นเพอริออสตราคัมเข้าไป ชั้นนี้ไม่มีสารสีอยู่และสามารถมองเห็นได้ตรงบริเวณอัมโบ เปลือกชั้นนี้กับชั้นเพอริออสตราคัมสร้างมาจากขอบของแมนเทิล

3. ชั้นนาเครียส (nacreous layer) เป็นชั้นหินปูนชั้นในสุดมองเห็นได้จากด้านในของเปลือก มีความมันวาวจึงเรียกชั้นนี้ว่า "ชั้นมุก" ชั้นนี้สร้างจากแมนเทิล (อรภาและคณะ, 2529) Morimitsu (1985) ได้ศึกษาความยาวของเปลือกหอยกับอายุของหอยมุกกัลปังหาไว้ดังนี้

อายุของหอย	ความยาวของเปลือกหอย	ขนาดของแกนมุกที่ติดตรงเปลือกหอย
เริ่ม	1/20 มิลลิเมตร	-
1 ปี	5 เซ็นติเมตร	-
2 ปี	10 เซ็นติเมตร	-
3 ปี	15 เซ็นติเมตร	5-8 มิลลิเมตร
4 ปี	20 เซ็นติเมตร	7-9 มิลลิเมตร
5 ปี	25 เซ็นติเมตร	10-14 มิลลิเมตร
6 ปี	มากกว่า 25 เซ็นติเมตร	15-22 มิลลิเมตร



ภาพที่ 1 ลักษณะเปลือกหอยมุกกัลปังหา
ก. ด้านนอก A. ชั้นเพอริออสตราคัม B. ชั้นพริสมาติก
ข. ด้านใน C. ชั้นนาเครียส D. ฮินจ์

2.1.2.2 ลักษณะภายใน

ฝาทั้งสองของหอยมุกถูกยึดให้ติดกันด้วยกล้ามเนื้อแอดดักเตอร์ส่วนหลัง (posterior adductor muscle) ที่มีขนาดใหญ่ ส่วนกล้ามเนื้อแอดดักเตอร์ส่วนหน้า (anterior adductor muscle) มีขนาดเล็กหรืออาจไม่มี และมีเส้นบิสซัสยื่นออกมาทางด้านล่างของเปลือกใต้ปีกด้านหน้าเพื่อใช้ยึดเกาะ เมื่อเปิดฝาออกจะพบอวัยวะภายใน (visceral mass) ของหอยซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ เท้า (foot) แมนเทิล และอวัยวะภายใน ส่วนของเท้าเป็นแผ่นกล้ามเนื้อแข็งแรงมีลักษณะแบนด้านข้างคล้ายใบมีดหรือขวาน (ภาพที่ 2) อยู่ทางส่วนหน้าของหอย มีหน้าที่ในการเคลื่อนไหวหรือใช้สำหรับการฝังตัว ส่วนแมนเทิลเป็นเนื้อเยื่อบาง ๆ คล้ายม่านติดอยู่กับผิวตัวและเปลือก ปกคลุมอวัยวะภายในของหอยไว้ โดยส่วนริมของเนื้อเยื่อนี้จะหนา ประกอบด้วยลอนชั้นในมีหน้าที่บังคับการไหลเข้าออกของน้ำในช่องแมนเทิล (mantle cavity) บริเวณส่วนท้ายของลอนนี้จะประกอบเป็นท่อใหญ่ ทำหน้าที่เป็นช่องที่อาหารและน้ำเข้าสู่ร่างกาย และมีท่อเล็กเป็นช่องที่น้ำและกากอาหารถูกส่งออกนอกร่างกายโดยการพัดโบกของขนภายในช่องแมนเทิล ส่วนลอนชั้นกลางทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับความรู้สึก และลอนชั้นนอกเกี่ยวกับการสร้างเปลือก อวัยวะภายในของหอยมุกประกอบด้วย ปาก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้และช่องเปิดของรูก้น (สุชาติและคณะ, 2535 และณิภาวัลย์, 2539)

ภาพที่ 2 ลักษณะภายในของหอยมุกกัลปังหา
A. เท้า B. เยื่อแมนเทิล C. อวัยวะภายใน

2.2 การเลี้ยงหอยมุก

การเลี้ยงหอยมุกที่นิยมมี 2 วิธี ดังนี้

2.2.1 การเลี้ยงในตะกร้าลวด (wire basket) มีหลายแบบด้วยกัน ตะกร้าอาจทำด้วยลวดเป็นตาข่ายชั้นเดียว ขนาด 15x20 นิ้วหรือทำด้วยเชือกหรือไม้ไผ่ สำหรับตะกร้าลวดที่ใช้ในปัจจุบันนั้นบรรจุหอยมุกได้ประมาณ 12-20 ตัวหรืออาจจะมากกว่านี้ ขึ้นอยู่กับคุณภาพแหล่งน้ำ ในการเลี้ยงหอยมุกจาน (*Pinctada maxima*) โดยให้มีความหนาแน่น 28 ตัว/ตะกร้า และ 48 ตัว/ตะกร้า เลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและอัตรารอด พบว่าที่ความหนาแน่น 28 ตัว/ตะกร้ามีอัตรารอดเป็น 99% ส่วนที่ความหนาแน่น 48 ตัว/ตะกร้ามีอัตรารอดสูงเช่นกัน คือ 94.8% แต่แบบแรกจะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า (Taylor,*et.al.*, 1997a)

2.2.2 การเลี้ยงโดยวิธีการแขวนอิสระ (free suspension) โดยใช้ด้ายไนลอนร้อยผ่านรูเล็กๆ ของเปลือกแต่ละตัว แล้วผูกติดกับเชือกยาวประมาณ 200 ฟุต จากนั้นนำไปแขวนกับแพไม้ ซึ่งลอยอยู่บนผิวน้ำโดยตรง ทำให้สามารถเคลื่อนไปตามจังหวะคลื่นลมได้ดี วิธีนี้ได้รับความนิยมมาก เพราะหอยมุกเจริญเติบโตได้รวดเร็วกว่าวิธีแรก เนื่องจากได้รับอาหารมากกว่า แต่มีข้อเสีย คือ เปิดโอกาสให้ศัตรูหอยเข้าถึงได้ง่าย

จุดวงกลมสีชมพูแสดง
สถานที่ทำการวิจัย
แพแหลมหิน ต.เกาะแก้ว
อ.เมือง จ.ภูเก็ต

2.3. ปัจจัยในการเลี้ยงหอยมุก

2.3.1 ความลึกของระดับน้ำทะเล

ภูเก็ตเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยมุก ในระหว่างการเลี้ยงหอยมุก ปัจจัยธรรมชาติแวดล้อมมีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ ศัตรูธรรมชาติต่างๆ เช่น ปลาไหล ปลาปักเป้า และดาวทะเล เป็นต้น โดยมันจะลอดเข้าไปตามช่องตาข่ายของตะกร้าและดูดกินตัวหอย อย่างไรก็ตามจากการศึกษาชีววิทยาและสัณฐานวิทยาของหอยมุก *Pteria brevialata* ที่อาศัยเกาะอยู่กับปะการังใบพัดที่ระดับความลึกมากกว่า 10 เมตรในเกาะฮ่องกงและทะเลจีนใต้ (Morton, 1995) พบว่าปะการังใบพัดนี้จะช่วยปกป้องหอยมุกจากผู้ล่า และช่วยกำจัดสารแขวนลอยในน้ำได้ด้วย จึงเป็นการทำความสะอาดกระแสน้ำ ส่วนอันตรายจากธรรมชาติแวดล้อมอื่นๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยกระทันหันของกระแสน้ำ มีผลทำให้หอยมุกตายได้ โดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิของน้ำประมาณ 7-10 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า การลดลงของความเค็มอันเนื่องมาจากฝนตกมาก การเกิดไต้ฝุ่น และปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี (red tide) ซึ่งทำให้น้ำขุ่นและมีแพลงก์ตอนที่เป็นพิษต่อหอย การเปลี่ยนแปลงของทั้งอุณหภูมิและความเค็มนี้สามารถป้องกันและแก้ไขได้โดยการเพิ่มระดับการเลี้ยงหอยให้ลึกกว่าระดับที่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจาก Verginelli & Prieto (1991) ได้สำรวจปริมาณประชากรของหอยมุก *Pinctada imbricata* ที่อ่าวคาเรียโก ประเทศเวเนซูเอลา พบหอยมุกมากที่สุดที่ระดับความลึก 8 เมตร และมีการเกิดทดแทนอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราการเจริญเติบโตที่วัดจากความยาวเปลือกเท่ากับ 3 มิลลิเมตรต่อเดือน เป็นต้น

ดังนั้นระดับความลึกของน้ำทะเลจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเลี้ยงหอยมุก Thang (1994) ได้ทดลองเลี้ยงหอยมุกจาน หอยมุกกัลปังหา และหอยมุกอื่น ๆ อีกหลายชนิดในประเทศเวียดนาม พบว่าที่ความลึก 7-16 เมตรมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยมุกดังกล่าว และเกี่ยวกับการลงเกาะของลูกหอยมุก *Pteria sterna* บริเวณอ่าวลาปาซ ประเทศเม็กซิโก ที่ความลึกจากผิวน้ำ 15 เมตร ลูกหอยจะลงเกาะพื้นมากที่สุดในช่วงฤดูหนาวถึงฤดูใบไม้ผลิซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ โดยลูกหอยส่วนใหญ่จะลงเกาะที่ระดับความลึกมากกว่า 7-9 เมตร ส่วนที่ลึกจากผิวน้ำ 4-5 เมตรจะพบลูกหอยลงเกาะน้อย (Monteforte,*et al.*, 1995) แต่การทดลองของ Sims (1994) ซึ่งเปรียบเทียบการเติบโตของหอยมุก *Pinctada margaritifera* ที่อยู่ในธรรมชาติและที่เพาะเลี้ยงขึ้น โดยเลี้ยงจนมีขนาดความสูงของเปลือกหอยเป็น 120 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการใส่แกนมุกเพื่อผลิตไข่มุกกลม พบว่าหอยที่เลี้ยงบริเวณชายฝั่งจะเจริญเติบโตได้ดีในระดับน้ำลึกช่วงกลาง ๆ โดยไม่ว่าจะเลี้ยงบนทรายหรือบนหินก็มีอัตราการเจริญเติบโตเหมือนกัน แต่การเลี้ยงบนทรายในระดับน้ำลึกอัตราการเจริญเติบโตจะช้าลง นอกจากนี้ยังพบว่าระบบการเลี้ยงที่ระดับน้ำต่างกันมีอิทธิพลต่อการเจริญและการอยู่รอดของหอยมากกว่าความหนาแน่น Taylor,*et al.*, (1997a) โดยการ

ศึกษาที่ความหนาแน่นของหอย 28 และ 48 ตัวต่อตะกร้า และนำไปเลี้ยงที่ความลึก 2 ระดับ คือ วางไว้ที่พื้นทะเลกับแขวนไว้ที่ผิวน้ำ สิ้นสุดการทดลองเมื่อเลี้ยงไป 6 สัปดาห์ พบว่าที่ความหนาแน่นทั้งสองหอยมุกจะมีอัตรารอดพอ ๆ กัน ถึงแม้ว่าที่ความหนาแน่น 28 ตัวจะมีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าที่ความหนาแน่น 48 ตัวต่อตะกร้าก็ตาม ในขณะที่การเลี้ยงที่พื้นทะเล หอยจะตายมากกว่าแบบแขวนไว้ที่ผิวน้ำ ซึ่งแสดงว่าความแตกต่างของปริมาณอาหาร และปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ รวมทั้งปริมาณและชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่ผิวน้ำมีมากกว่าที่พื้นทะเลนั่นเอง นอกจากนี้รูปแบบการเลี้ยงหอยและระดับความลึกของน้ำทะเลก็มีอิทธิพลต่อการเกาะของสิ่งมีชีวิตอื่นด้วย เช่น การเลี้ยงหอยใน lantern net หากนำไปเลี้ยงในระดับน้ำลึกกว่าเดิม พบว่าจะลดอัตราการตายของหอยจากพวกปลา แต่ก็ไม่พ้นจากการรบกวนของพวกสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่กินแพลงก์ตอนเป็นอาหาร อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตและความอยู่รอดของตัวอ่อนหอยที่เลี้ยงใน lantern net และใน panel net จะไม่แตกต่างกัน แต่การทำความสะอาดและการตรวจตราผู้ล่าใน lantern net จะทำได้ยากกว่า (Friedman & Southgate, 1999)

2.3.2 ปริมาณสิ่งมีชีวิตอื่นที่เกาะบนเปลือกหอย (fouling organism)

การเลี้ยงหอยบริเวณผิวน้ำจะถูกรบกวนด้วยการเกาะของสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น เพรียง และสาหร่าย เป็นต้น ทำให้อุดทางเข้าของอาหาร จึงต้องทำความสะอาดเปลือกหอยบ่อยขึ้นเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตและการจัดการ ในหอยมุก *Pinctada margaritifera* และ *Pinctada radiata* พบว่าสิ่งมีชีวิตอื่น ที่พบในฟาร์มเพาะเลี้ยง ได้แก่ เพรียงหิน ไส้เดือนทะเล (polychaete) และหอยสองฝาอื่นๆ ส่วนในธรรมชาติจะพบฟองน้ำ (*Cliona* sp.) สาหร่าย เพรียงหัวหอมและหอยสองฝา (*Lithophaga* sp.) ซึ่งเป็นพวกที่เข้ามาเจาะทำลายมากที่สุด เป็นสาเหตุทำให้เปลือกหอยมุกถูกทำลาย (Doroudi, 1996) ส่วนสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ได้แก่ จุลินทรีย์ที่สร้างอาหารเองไม่ได้ (heterotroph) เช่น พวกเห็ดรา หรือจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์แสงได้ เช่น cyanobacteria และสาหร่ายสีเขียว เป็นต้น พบว่าพวกที่สังเคราะห์แสงได้จะมีอยู่มากที่เปลือกชั้นนอก คือ อาศัยเกาะอยู่ในชั้นพริสมาติก ส่วนพวกที่สร้างอาหารเองไม่ได้จะรุกรานเข้าไปถึงชั้นในที่มีคุณค่า คือ ชั้นนาเครียส ดังนั้นรูปแบบของการเจาะจะสะท้อนถึงรูปร่างและพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตที่มารุกรานและบางส่วนสะท้อนถึงโครงสร้างและรูปแบบของการทำลายเปลือกหอย โดยการรุกรานจะเริ่มจากพวกจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นตัวทำให้สภาพของเปลือกหอยเหมาะสมต่อการรุกรานของพวกฟองน้ำในเวลาต่อมา การรุกรานจะเริ่มบริเวณขอบของเปลือกเสมอซึ่งเป็นส่วนที่แก่ที่สุด นอกจากนี้ชั้นเพอริออสตราคัมมักจะหลุดออกไปโดยการขัดสีตามธรรมชาติหรือโดยกระบวนการล้างทำความสะอาดด้วย (Mao-Che, 1996)

Taylor,*et.al.* (1998) ได้ทดลองเลี้ยงลูกหอยมุกจาน โดยลอยบนแผ่นพีวีซี ความหนาแน่น 340 ตัว/100 ซม^2. วัดความยาวเฉลี่ยของลูกหอยจากด้านบนถึงด้านล่างและจากด้านหน้าถึงด้านหลังได้ประมาณ 12 มม. และ 18 มม. ตามลำดับ จากนั้นปิดด้วยตาข่ายขนาด 0.75, 1.5 และ 3 มม. และให้อีกกลุ่มหนึ่งไม่ต้องคลุมตาข่ายเป็นกลุ่มควบคุม แล้วนำไปเลี้ยงในทะเล 2 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มควบคุมมีจำนวนลูกหอยน้อยกว่ากลุ่มทดลอง ทั้งนี้เพราะลูกหอยในกลุ่มควบคุมไม่ได้คลุมตาข่ายจึงถูกกินโดยพวกปลา และพบว่าขนาดของตาข่ายที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงลูกหอย คือ 3 มม. เพราะถ้าขนาดเล็กกว่านี้จะทำให้พวกสิ่งมีชีวิตอื่นเกาะมากขึ้นและมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง

จากการทดลองเลี้ยงหอยมุกกัลปังหา ราชันย์, (2535) ณ เกาะนาคา ที่ความลึกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1 เมตร 4 เมตรและ 8 เมตร โดยแบ่งหอยออกเป็น 2 ชุด ชุดแรกได้รับการทำความสะอาดเปลือกทุกเดือน ส่วนชุดที่ 2 ไม่ได้รับการทำความสะอาดเปลือกเลยตลอดการทดลอง เพื่อศึกษาปริมาณของสิ่งมีชีวิตอื่นที่เกาะบนเปลือกหอย พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของหอยทั้ง 3 ระดับความลึก ไม่มีความแตกต่างอย่างเด่นชัด แต่หลังจากเลี้ยงไปได้ 4 เดือน ที่ระดับความลึก 1 เมตรและ 4 เมตร จะพบสิ่งมีชีวิตอื่นมากกว่าที่ระดับ 8 เมตรถึง 14 เท่า และมีอัตราการตายของหอย 40%, 33.33% และ 6.67% ตามลำดับ จากการทดลองเลี้ยงหอยมุกจานอายุ 1 ปี Taylor,*et.al.* (1997b) โดยทำความสะอาดเปลือกหอยทุก ๆ 2 สัปดาห์และหลังจาก 16 สัปดาห์ พบว่าอัตรารอดของทุกชุดการทดลองเป็น 100% และจากการเก็บข้อมูลของสิ่งมีชีวิตอื่นที่มาเกาะในรูปของน้ำหนักแห้ง ซึ่งจะพบมากในสัปดาห์ที่ 10 สิ่งมีชีวิตที่มาเกาะโดยทั่วไปเป็นพวกเพรียง ลูกหอยทั่วไป และไส้เดือนทะเล การเกาะของสิ่งมีชีวิตอื่นบนเปลือกหอยจะไม่มีผลต่ออัตรารอด แต่ก็มีผลทำให้อัตราการเติบโตลดลง จึงเป็นการเพิ่มต้นทุนการจัดการ วิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาการเกาะของสิ่งมีชีวิตอื่นบนเปลือกหอย ทำได้โดยการทาสีที่เป็นสารป้องกันการเกาะของสิ่งมีชีวิตลงบนตะแกรงเลี้ยงจึงจะช่วยให้ลดต้นทุนการผลิตและการจัดการได้ (Lee, 1992)

2.3.3 ปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพ

2.3.3.1 ความเค็ม (salinity) ของน้ำทะเล

ความเค็มที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งอยู่ในช่วง 29-35 ส่วนในพันส่วน (ppt) แต่ความเค็มของน้ำทะเลสำหรับการเจริญเติบโตของหอยมุกต่ำสุดอยู่ที่ 25 ppt (Jin, 1988ซึ่งความเค็มมีผลต่อการผสมพันธุ์ การเจริญเติบโต และการพัฒนาของตัวอ่อน เนื่องจากความเค็มจะส่งผลต่อการควบคุมปริมาณน้ำภายในร่างกาย การเปลี่ยนแปลงความเค็มขึ้นอยู่กับฤดูกาล เช่น ความเค็มจะลดลงในช่วงฤดูฝนและจะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูร้อน (ชาญยุทธ์, 2533)

2.3.3.2 อุณหภูมิ (temperature) ของน้ำทะเล

อุณหภูมิโดยทั่วไปที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ระหว่าง 25-33 °C สำหรับหอยมุกจะเจริญได้ดีในน้ำที่มีอุณหภูมิ 25-29 °C (Jin, 1988) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกระทันหันของกระแสน้ำอาจทำให้หอยตายได้เมื่ออุณหภูมิลดต่ำถึง 7 °C หรือเพิ่มขึ้นเป็น 30–32 °C หอยมุกในเขตหนาวช่วงฤดูหนาวการเจริญเติบโต การผสมพันธุ์ และการสร้างมุกจะชะงักเป็นเวลาหลายเดือน การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำทะเลเป็น 30-34 °C นาน 1-4 ชั่วโมงสลับกับการลดอุณหภูมิเป็น 18-20 °C นาน 3-4 ชั่วโมง พบว่าสามารถกระตุ้นให้หอยมุกปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้ (จินตนาและคณะ, 2536 และ Southgate & Beer, 1997) ส่วนการวางไข่และการปฏิสนธิของเซลล์ไข่ของหอยมุก*Pinctada fucata martensii*ที่อุณหภูมิต่าง ๆ (18 °C, 23 °C และ 28 °C) พบว่าเซลล์ไข่จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 23 °C และมีความผิดปกติของโครโมโซมน้อยที่สุด หลังจากนั้นหอยจะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิของน้ำทะเลธรรมชาติ ในช่วงระหว่างฤดูร้อนถึงฤดูใบไม้ร่วง (Kumaru,et.al.1990)

2.3.3.3 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen)

การดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต ปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญที่สุด คือ ออกซิเจน ซึ่งใช้ในกระบวนการต่างๆเพื่อการเจริญเติบโตและเมแทบอลิซึม(metabolism)ของร่างกายและปริมาณออกซิเจนยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายของสิ่งมีชีวิตมากมาย (กรรนิการ์, 2541) การละลายของออกซิเจนในน้ำสัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิลดลงจะทำให้ออกซิเจนละลายได้มากขึ้น เนื่องจากมีการใช้ออกซิเจนตลอดเวลาจากการหายใจของสัตว์น้ำ และการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ จึงเป็นปัจจัยที่ทำให้ออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่ควรต่ำกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีระดับวิกฤตสำหรับการดำรงชีวิตเท่ากับ 3.7 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนปริมาณที่เหมาะสมที่สุด คือ 5 มิลลิกรัม/ลิตรจนถึงจุดอิ่มตัว หากออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงเป็นเวลานาน สัตว์น้ำอาจเกิดอาการเครียด ส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำได้ (ยนต์, 2530)

2.3.3.4 แอมโมเนีย (ammonia)

แอมโมเนีย (NH_3) ที่พบในแหล่งน้ำส่วนหนึ่งมาจากการขับถ่ายของเสียของสัตว์น้ำอีกส่วนหนึ่งมาจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์พวกไนโตรเจนโดยแบคทีเรียพวก ammonifying bacteria (Boy, 1982) ถ้าการย่อยสลายในสภาวะที่มีอากาศเพียงพอจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แอมโมเนีย และน้ำ แต่ถ้าย่อยในสภาพที่ปราศจากอากาศจะได้คาร์บอนไดออกไซด์และ

กรดอินทรีย์ (สมศักดิ์, 2528) แอมโมเนียที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำจะอยู่ในรูป un-ionized form คือ NH_3 การแตกตัวของแอมโมเนียขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-เบสและอุณหภูมิของน้ำ นั่นคือ ถ้าน้ำมีความเป็นกรด-เบสและอุณหภูมิสูง แอมโมเนียจะอยู่ในรูป NH_3 ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ แต่ถ้าความเป็นกรด-เบสและอุณหภูมิของน้ำต่ำ แอมโมเนียจะอยู่ในรูป NH_4^+ ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ เนื่องจากประจุบวกที่มีอยู่จะทำให้แอมโมเนียไม่สามารถผ่านเข้าสู่เหงือกของสัตว์น้ำได้ เมื่อร่างกายได้รับแอมโมเนียจะมีผลทำให้เนื้อเยื่อของสัตว์น้ำเปลี่ยนแปลง (ประจวบ, 2535) ปริมาณแอมโมเนียในน้ำไม่ควรเกิน 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งไม่ควรเกิน 0.4 มิลลิกรัม/ลิตร (คณิตและคณะ, 2537)

2.3.3.5 ไนไตรท์ (nitrite)

ไนไตรท์เป็นสารที่มีพิษต่อสัตว์น้ำสูง และมักเกิดพิษในขณะที่มีแอมโมเนียในน้ำสูงด้วย โดยกลไกความเป็นพิษ พบว่าขณะที่ไนไตรท์ผ่านเข้าสู่ระบบเลือดของสัตว์น้ำ จะไปออกซิไดส์ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ในเม็ดเลือดให้เป็นเมทฮีโมโกบิน (methemoglobin) ซึ่งเม็ดเลือดจะมีสีชาหรือสีเข้ม (chocolate color) ที่ไม่สามารถจับกับออกซิเจนในระบบหายใจได้ ทำให้สัตว์น้ำขาดออกซิเจนและตายในที่สุด ความเป็นพิษเฉียบพลันของไนไตรท์จะแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์น้ำ (ช่วยชูศรี, 2524)

2.3.3.6 ความโปร่งใส (transparency) และความขุ่น (turbidity) ของน้ำ

ความโปร่งใสของน้ำหรืออีกนัยหนึ่ง คือ ความขุ่นของน้ำ อาจมีสาเหตุมาจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สารละลายอินทรีย์ สารละลายอนินทรีย์หรือสารแขวนลอยของอนุภาคดิน (ยนต์, 2530) ที่รวมกันเป็นสารแขวนลอย (colloidal matter) ในน้ำ ความขุ่นของน้ำจะขัดขวางไม่ให้แสงสว่างส่องไปได้ลึก โดยสารเหล่านี้จะสะท้อนหรือดูดซับแสงไว้ ดังนั้นการวัดค่าความขุ่นของน้ำจึงเป็นการวัดการลดลงของความเข้มแสง น้ำที่ขุ่นมากจะทำให้แสงส่องไปไม่ได้ลึก จึงมีผลลดปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของพืชในน้ำ ทำให้ผลผลิตปฐมภูมิ (primary productivity) ของแหล่งน้ำนั้นลดลง ซึ่งมีผลให้อาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำลดลงด้วย ค่าความโปร่งใสของน้ำควรอยู่ระหว่าง 30-60 เซนติเมตร ถ้าต่ำกว่า 30 เซนติเมตรแสดงว่าน้ำขุ่นหรือมีแพลงก์ตอนมาก แต่ถ้าค่าความโปร่งใสสูงกว่า 60 เซนติเมตรขึ้นไป แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นไม่สมบูรณ์ และปริมาณแพลงก์ตอนลดลง (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528) สำหรับการเลี้ยงหอยมุกน้ำจืด (*Chamberlainia hainesiana*) พบว่าความโปร่งใสของน้ำจะอยู่ในช่วง 37-120 เซนติเมตร (อรภาและคณะ, 2529)

2.3.3.7 ความเป็นกรด-เบส (pH)

น้ำธรรมชาติโดยทั่วไปมีค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ระหว่าง 6.5-9 ซึ่งความแตกต่างของความเป็นกรด-เบสขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น แหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ในพื้นที่ดินเปรี้ยวอาจได้รับอิทธิพลความเป็นกรดของดิน หรือปริมาณน้ำฝนที่ตกในแหล่งน้ำทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสผันแปรได้ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์ และแพลงก์ตอนพืช เป็นต้น (Boyd, 1982) ช่วงความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ (กรรนิการ์, 2541) มีดังนี้

pH 4.0 หรือต่ำกว่า	- เป็นจุดอันตรายทำให้ปลาหรือกุ้งตายได้ถึงแม้ว่าสัตว์น้ำบางชนิดสามารถปรับตัวได้ดีที่ pH ระดับนี้ แต่ความอุดมสมบูรณ์ของอาหารธรรมชาติจะมีน้อย
pH 4.0 –6.0	- สัตว์น้ำบางชนิดอาจจะไม่ตาย แต่ผลผลิตต่ำเนื่องจากการเจริญเติบโตช้าลง และการสืบพันธุ์จะหยุดชะงัก
pH 6.0-9.0	- เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งมีการเจริญเติบโตดีที่สุด
pH 9.0-11.0	- การเจริญเติบโตจะช้าลงไม่เหมาะแก่การดำรงชีวิตและหากเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ จะไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำส่วนใหญ่ ในแหล่งน้ำทั่วไปจะไม่พบปัญหา pH สูงเกินไป ยกเว้นแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมาก และมีการสังเคราะห์แสงมากด้วย
pH 11.0 หรือมากกว่า	- มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำสูง

2.3.4 ไกลโคเจน (glycogen)

ไกลโคเจนเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 1-5 ล้านดัลตัน เป็นโพลีแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยกลูโคสเพียงอย่างเดียว และมีสูตรโครงสร้างคล้ายกับ amylopectin ของแป้งที่พบในพืช บางครั้งจึงอาจเรียกไกลโคเจนว่าเป็น animal starch กลูโคสในแป้งและไกลโคเจนต่อกันด้วยพันธะ α (1-4)-glycosidic linkage เป็นสายตรงและมีแขนงแยกออกไปด้วยพันธะ α (1-6) linkage โดยมีจุดแยกแขนง (branch point ของไกลโคเจนถี่กว่า amylopectin ในแป้ง กล่าวคือ จะมีกลูโคสประมาณ 8-10 โมเลกุลต่อกันด้วยพันธะ (1-4) แล้วจึงมีจุดแยกแขนงซึ่งต่อกันด้วยพันธะ (1-6) หนึ่งครั้ง สัตว์ทั่วไปมักจะเก็บอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตในรูปของไกลโคเจน ซึ่งพบมากในเซลล์ตับ และเซลล์กล้ามเนื้อ เป็นต้น และเมื่อสัตว์ต้องการพลังงานก็จะสลายไกลโคเจนออกมาเป็นกลูโคสเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานต่อไป