กายวิภาคและมิญชวิทยาของเหงือกหอยตะโกรมกรามดำ *Crassostrea iredalie*

Anatomical and histological structure of gill of the Black-scar oyster *Crassostrea iredalie*

รัตนา สมัญญา[1]และ สุทิน กิ่งทอง[2*]

Rattana Samanya[1] and Sutin Kingtong[2*]

[1]สาขาวิชาการสอนชีววิทยา คณะศึกษาศาสตร์, [2]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างและเนื้อเยื่อพื้นฐานที่พบในเหงือกของหอยตะโกรมกรามดำ *Crassostrea iredalie* โดยเก็บตัวอย่างหอยตัวเต็มวัยจากบริเวณชายฝั่งของจังหวัดชลบุรี ทำการศึกษากายวิภาคและเนื้อเยื่อของเหงือกโดยใช้เทคนิคมิญชยวิทยา พบว่าเหงือกของหอยตะโกรมกรามดำมีสี่แผ่นเป็นแบบซูโดลาเมลลิแบรงค์ (Pseudolamellibranch) คือมีจุดกำเนิดจากแกนเหงือกบริเวณด้านท้องลำตัวสองจุด แต่ละจุดจะมีแผ่นเหงือกสองแผ่น โดยแผ่นเหงือกด้านในจะม้วนตัวขึ้นมาติดกับแกนลำตัวมีตำแหน่งติดกับเส้นเลือด Common afferent vein ส่วนแผ่นเหงือกด้านนอก (Outer lamella) จะม้วนขึ้นมาติดอยู่กับแมนเทิลมีตำแหน่งติดกับเส้นเลือด Branchial efferent vein โครงสร้างเนื้อเยื่อของเหงือกหอยตะโกรมกรามดำประกอบด้วยท่อลำเลียงน้ำและท่อลำเลียงเลือด จำนวนของซี่เหงือกย่อย (Gill filament) ที่พบในพลิกาพบได้ 12-14 หน่วย จากโครงสร้างของเหงือกและลักษณะของซิเลียที่พบในซี่เหงือกย่อยชี้ให้เห็นว่า นอกจากเหงือกของหอยตะโกรมจะทำหน้าที่หลักในการแลกเปลี่ยนก๊าซแล้ว ยังอาจทำหน้าที่อื่น ๆ ได้แก่ โบกพัดและคัดกรองอาหารในน้ำ และน่าจะเกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของเซลล์สืบพันธุ์อีกด้วย

คำสำคัญ: การแลกเปลี่ยนก๊าซ / เลือด / หอยตะโกรม / หอยนางรม / เหงือก

*Corresponding author: sutin@buu.ac.th

Abstract

The objective of this study was to reveal anatomical and histological structure of the Black-scar oyster, *Crassostrea iredalie* gills. Adult oysters were randomly collected from the coasts of Chonburi Province. Results showed that the gills were classified as Pseudolamellibranch type. Four gill lamella, which originated form two gill axis comprising two pair. Each pair consists of inner and outer lamellae. The inner lamella are reflected on themselves and continue upward along the plane of the ascending lamella to fuse with visceral mass inferior to the common afferent vein. The outer lamella are also reflected but the edge of the plate fused with mantle next to branchial efferent vein. Water tubes are surrounded gill lamella to pass water by gill filament where gas exchange takes place. There are 12-14 gill filaments in the Black-scar oyster. According to gill architecture of the Black-scar oyster, it is indicated the function of gills are not only perform gas exchange but also function as food filter and gamete dispersal during spawning.

Keywords: Oyster / Gill / Plica / Blood / Gas exchange

1. บทนำ

เหงือกของหอยสองฝาเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่หลักในการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างตัวหอยและน้ำที่อยู่รอบตัว นอกจากนี้แล้วเหงือกยังทำหน้าที่อื่น ๆ ได้แก่ ช่วยกรองอาหารที่ติดมากับน้ำเพื่อส่งต่อไปยังปาก ควบคุมการไหลของน้ำภายในตัวขณะที่หอยปิดเปลือก ช่วยในการแพร่กระจายของเซลล์สืบพันธุ์ในขณะที่มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกจากร่างกายสู่ภายนอก (Galtsoff, 1964) และช่วยในการขับถ่ายของเสียจากไต (สุชาติ อุปถัมป์ และคณะ, 2538) สำหรับหอยนางรม เหงือกประกอบด้วยแผ่นเหงือกจำนวน 4 แผ่น ด้านซ้าย 2 แผ่น และด้านขวา 2 แผ่น มีตำแหน่งอยู่ภายในช่องแมนเทิลโดยห้อยอยู่ทางด้านท้องของลำตัวตามแนวความยาวของลำตัว โดยด้านหน้าของเหงือกมีตำแหน่งติดกับแผ่นปาก (labial palps) ด้านท้ายจะพบแผ่นเหงือกทั้ง 4 แผ่นเชื่อมติดกับแมนเทิล เหงือกของหอยนางรมมีหน้าที่หลักคือแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างระบบหมุนเวียนเลือดภายในร่างกายกับน้ำทะเลที่มาไหลเวียนเข้าสู่เหงือกขณะหอยเปิดฝา นอกจากนี้เหงือกอาจมีทำหน้าที่อื่นอีกหลายประการ ได้แก่ ควบคุมการไหลของน้ำภายในตัวหอยนางรม ช่วยกรองอาหารที่ติดมากับน้ำเพื่อส่งต่อไปยังแผ่นปากเพื่อนำอาหารเข้าสู่ปาก ช่วยในการแพร่กระจายของเซลล์สืบพันธุ์ในขณะที่มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกจากร่างกาย (Galtsoff, 1964) และขับถ่ายของเสียจากไต (สุชาติ อุปถัมป์ และคณะ, 2538)

เหงือกของหอยนางรมเป็นจัดเป็นชนิดซูโดลาเมลลิแบรงค์ (pseudolamellibranch) กล่าวคือแผ่นเหงือกด้ายซ้าย 2 แผ่น และด้านขวา 2 แผ่นต่างก็มีจุดกำเนิดจากแกนเหงือกด้านซ้ายและแกนเหงือกด้านขวาตามลำดับซึ่งแกนเหงือกมีตำแหน่งอยู่ทางด้านท้องและขนานกับความยาวของลำตัว แผ่นเหงือกประกอบด้วยซี่เหงือกขนาดเล็กสามารถสังเกตุได้จากภายนอก ซี่เหงือกแต่ละซี่จะมีการพับเป็นจีบตามแนวดิ่งเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนก๊าซ ปลายของแผ่นเหงือกที่อยู่ด้านนอกหรือด้านที่ติดกับแมนเทิลจะมีการม้วนขึ้นมาเชื่อมติดไปกับแมนเทิล ส่วนปลายของแผ่นเหงือกที่อยู่ด้านในจะม้วนเข้ามายึดติดกับลำตัว (Galtsoff, 1964) ลักษณะดังกล่าวทำให้สามารถสังเกตุเห็นเหงือกทั้ง 4 แผ่น ห้อยอยู่ด้านล่างตลอดความยาวของลำตัว การศึกษาโครงสร้างและหน้าที่ของเหงือกในหอยนางรมนั้นส่วนใหญ่จะพบข้อมูลการศึกษาด้านกายวิภาคของเหงือก แต่ข้อมูลด้านลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของเหงือกยังมีน้อยมาก ผู้วิจัยจึงมีความต้องการศึกษาโครงสร้างของเหงือกของหอยนางรมในระดับเนื้อเยื่อโดยใช้หอยตะโกรมกรามดำซึ่งเป็นชนิดท่พบได้ทั่วไปในน่านน้ำไทย

หอยตะโกรมกรามดำจัดอยู่ในไฟลัม Mollusca คลาส Bivalvia อันดับ Ostreoida วงศ์ Ostreidae สกุล *Crassostrea* ชื่อสปีชีย์คือ *C. iredalie* หอยตะโกรมกรามดำพบได้ทั่วไปตามชายฝั่งทะเลของประเทศไทย และมีความสำคัญเชิงพาณิชย์เพราะเป็นที่นิยมเพาะเลี้ยง บริเวณชายฝั่งประเทศไทยโดยเฉพาะชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ (คเชนทร เฉลิมวัฒน์, 2554) เนื่องจากหอยนางรมเป็นสัตว์กรองกิน (Filter feeder) ซึ่งใช้เหงือกในการกรองอาหารและตะกอนที่เข้าสู่ช่องแมนเทิล ดังนั้นจึงมีโอกาสสัมผัสกับน้ำและสารเคมีต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำโดยตรง ด้วยเหตุนี้เหงือกหอยนางรมจึงเป็นอวัยวะที่มีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการศึกษาพิษวิทยาของสารพิษในสิ่งแวดล้อมทางทะเล (Kingtong *et al.*, 2007) นอกจากนี้ยังพบว่าหอยนางรมมีความสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจนต่ำได้เป็นระยะเวลานานโดยที่หอยยังมีชีวิตอยู่ แสดงให้เห็นประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนก๊าซของเหงือกหอยนางรม อย่างไรก็ตามยังไม่ทราบกลไกทางชีวเคมีและทางสรีรวิทยาที่ชัดเจน (Willson and Burnett, 2000) เนื่องจากข้อมูลด้านเนื้อเยื่อวิทยาของเหงือกในหอยนางรมมีน้อยมาก โดยเฉพาะหอยตะโกรมกรามดำยังไม่พบการศึกษาในระดับเนื้อเยื่อและสรีรวิทยาของเหงือก ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างเหงือกและเนื้อเยื่อพื้นฐานของเหงือกหอยโกรมกรามดำ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้นอกจากมีประโยชน์ต่อการศึกษาชีววิทยาของหอยนางรมโดยเฉพาะกลไกลการแลกเปลี่ยนก๊าซ การกรองอาหาร และหน้าที่อื่นๆ แล้ว ยังเป็นประโยชน์สำหรับใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาด้านสรีรวิทยาและพิษวิทยาของสารพิษในระบบนิเวศทางทะเลต่อประชากรสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศทางทะเลอีกด้วย

2. วิธีการศึกษา

2.1 สัตว์ทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ใช้หอยตะโกรมกรามดำ (*C. iredalie*) ขนาด 6-8 เซ็นติเมตร ซึ่งเก็บจากแหล่งเพาะเลี้ยงหอยนางรมบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี จากนั้นนำกลับมายังห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยบูรพา ทำความสะอาดเปลือกของหอยนางรมให้สะอาด และนำมาเลี้ยงในตู้ปลาเพื่อปรับสภาพเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ใส่หัวทรายให้ออกซิเจนตลอดเวลา และให้อาหาร (*Chaetoceros* sp.) ตลอดระยะเวลาทำการศึกษา

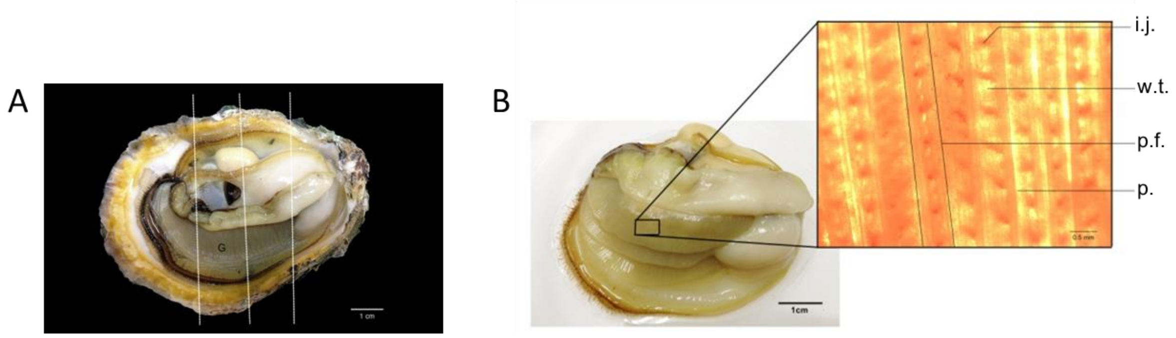
2.2 ศึกษากายวิภาคของเหงือก

การศึกษากายวิภาคของเหงือกทำได้โดยการเปิดเปลือกด้านบนหรือเปลือกขวาออกโดยใช้มีดงัดเปิดเปลือกเพื่อตัดกล้ามเนื้อยึดเปลือก (Adductor muscle) จะทำให้เห็นอวัยวะหอยนางรมที่อยู่ภายในรวมทั้งเหงือก จากนั้นศึกษาลักษณะโครงสร้างภายนอกของเหงือกหอยตะโกรมกรามดำโดยตัดแผ่นเหงือกออกมาแล้วศึกษาโดยใช้กล้องสเตอริโอ แล้วทำการบันทึกภาพ

2.3 ศึกษาเนื้อเยื่อ

2.3.1 การเตรียมชิ้นส่วนเนื้อเยื่อหอยนางรม ทำได้โดยการเปิดเปลือกหอยนางรมเพื่อเอาเนื้อเยื่อถายในมาตัดตามขวางของลำตัวให้ได้ชิ้นเนื้อเยื่อขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร ดังภาพที่ 1A จากนั้นนำชิ้นเนื้อเยื่อแช่ในน้ำยาคงสภาพบูแองส์ (Bouin's fixative) 24 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 เป็นเวลา 30 นาที 5 ครั้งหรือจนกว่าสีเหลืองของสารละลายบูแองส์จางไป จากนั้นนำเนื้อเยื่อไปผ่านกระบวนการดึงน้ำออก (Dehydration) ในเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 80 90 และ 95 ขั้นตอนละ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ นำเนื้อเยื่อแล้วแช่ในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 99.9 (absolute ethanol) 2 ครั้ง ๆ ละ 1 ชั่วโมง 30 นาที หลังจากนั้นนำเนื้อเยื่อไปแช่ในไดออกเซน (Dioxane) 3 ครั้ง ๆ ละ 1 ชั่วโมง แล้วจึงย้ายเนื้อเยื่อลงในพาราฟินเหลว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนพาราฟินเหลวอีกสองครั้ง ๆ ละ 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการแทรกซึมของพาราฟินเข้าไปในเนื้อเยื่อ (Infiltration) จากนั้นทำการฝังเนื้อเยื่อแล้วนำไปตัดด้วยเครื่องตัดเนื้อเยื่อ (Microtome) ให้มีความหนา 6 μm นำเนื้อเยื่อที่ตัดแล้วติดลงบนแผ่นสไลด์โดยใช้ สารละลายเจลาตินเข้มข้นร้อยละ 1 นำสไลด์ที่ติดชิ้นเนื้อเยื่อแล้วมาวางให้แห้งบนเครื่องอุ่นแผ่นสไลด์นาน 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปย้อมสีต่อไป

2.3.2 การย้อมสี ย้อมด้วยสีฮีมาท็อกไซลินและสีอีโอซิน (Hematoxylin and Eosin) โดยการขจัดพาราฟิน (Deparaffinization) ในไซลีน 2 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที จากนั้นย้ายสไลด์ไปไว้ในแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 99.9 95 80 และ 70 ตามลำดับ โดยใช้เวลาขั้นละ 5 นาที แล้วแช่สไลด์ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นย้อมด้วยสีฮีมาท็อกไซลิน 1 นาที ล้างสีส่วนเกินด้วยน้ำประปาที่ไหลผ่านตลอด ปรับเนื้อเยื่อให้มีสภาพเป็นกลาง (Neutralization) โดยแช่ในเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 70 เป็นเวลา 5 นาที และย้อมสีซ้ำด้วยสีอิโอซิน (Counter stain) เป็นเวลา 30 วินาที แล้วทำการการขจัดน้ำออกจากเซลล์ (Dehydration) โดยจุ่มสไลด์ในเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 อย่างรวดเร็ว และจุ่มสไลด์ในเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 99.9 เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นทำการขจัดแอลกอฮอล์และทำให้เนื้อเยื่อใส (Clearing) โดยจุ่มสไลด์ในบิวทานอล 2 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที และจุ่มสไลด์ในไซลีนอีก 2 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที ปิดกระจกปิดสไลด์ โดยใช้เปอร์เมาต์ (Permount) และศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง



ภาพที่ 1 สัณฐานวิทยาของหอยตะโกรมกรามดำ (*Crassostrea iredalie*)

A. ตำแหน่งที่ตัดชิ้นเนื้อเยื่อเพื่อศึกษาด้วยวิธีมิญชวิทยา B. โครงสร้างขยายของเหงือกภายใต้กล้องสเตอริโอ กำลังขยาย 4 เท่า (G คือ gill, i.j. คือ interlamellar junction, p คือ pleate, p.f. คือ principle filament, w.t. คือ water tube)

3. ผลและอภิปราย

3.1 โครงสร้างเหงือกของหอยตะโกรมกรามดำ

จากการศึกษาพบว่าตำแหน่งของเหงือกจะอยู่ทางด้านท้อง (Ventral side) มีจุดเริ่มต้นตั้งแต่ส่วนของ Labial palps ซึ่งอยู่ใกล้ปากไปจนถึงด้านท้าย (Posterior side) ของลำตัว ซึ่งจะมีสีเหลืองอ่อนตลอดทั้งแผ่นเหงือก แผ่นเหงือกแต่ละแผ่น ประกอบด้วยซี่เหงือกหลายซี่ เกิดเป็นสันกว้าง ระหว่างจีบเหงือกที่เป็นร่องลงไปกลายเป็นซี่เหงือกหลัก (Principle filament) เรียงซ้อนกันตามแนวดิ่งเริ่มจากด้านหน้าไปยังด้านท้ายลำตัวตามความยาวของเหงือก ซี่เหงือกหลักจะม้วนพับกลายเป็นจีบ เรียกลักษณะเหงือกแบบนี้

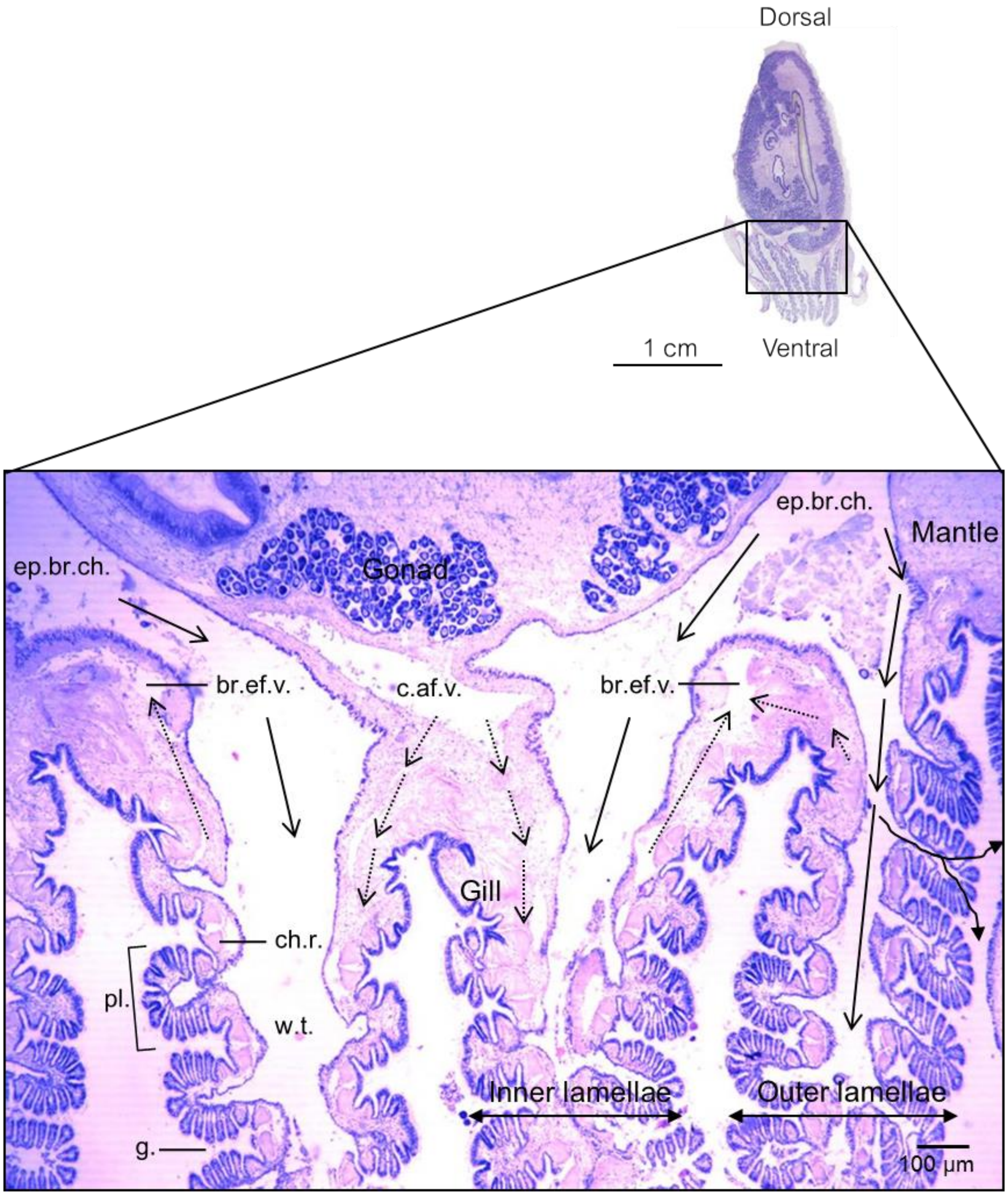
ว่าเหงือกแบบจีบ (Plaited ctenidia) และมีเนื้อเยื่อเชื่อมซี่เหงือก (Interlamellar junction) อยู่หลายตอนระหว่างซี่เหงือกและพบท่อน้ำ (Water tube) กระจายอยู่ทั่วไปตามแผ่นเหงือก ดังแสดงในภาพที่ 1B เหงือกของหอยตะโกรมกรามดำมีโครงสร้างแบบซูโดลาเมลลิแบรงค์ (Pseudolamellibranch) คือประกอบด้วยแผ่นเหงือก 4 แผ่น (4 Lamellas) หรือ 2 คู่ ด้านซ้ายและด้านขวาอย่างละคู่ โดยเหงือกแต่ละคู่มีจุดกำเนิดจากแกนเหงือกบริเวณด้านท้องตรงตำแหน่งเส้นเลือด Branchail efferent vein ทั้งทางด้านซ้ายและขวาของลำตัว 2 ตำแหน่ง (ภาพที่ 2) แต่ละตำแหน่งจะมีแผ่นเหงือกเจริญออกมาสองแผ่นคือแผ่นเหงือกด้านนอก (Outer lamella) และแผ่นเหงือกด้านใน (Inner lamella) แผ่นเหงือกด้านนอกเกิดการวกกลับและย้อนขึ้นไปเชื่อมกับแมนเทิลติดกับเส้นเลือด Branchial efferent vein แผ่นเหงือกด้านในจะม้วนตัวขึ้นไปเชื่อติดกับแกนลำตัวบริเวณตำแหน่งเส้นเลือด Common afferent vein (ภาพที่ 2)

3.2 เนื้อเยื่อวิทยาของเหงือกหอยตะโกรมกรามดำ

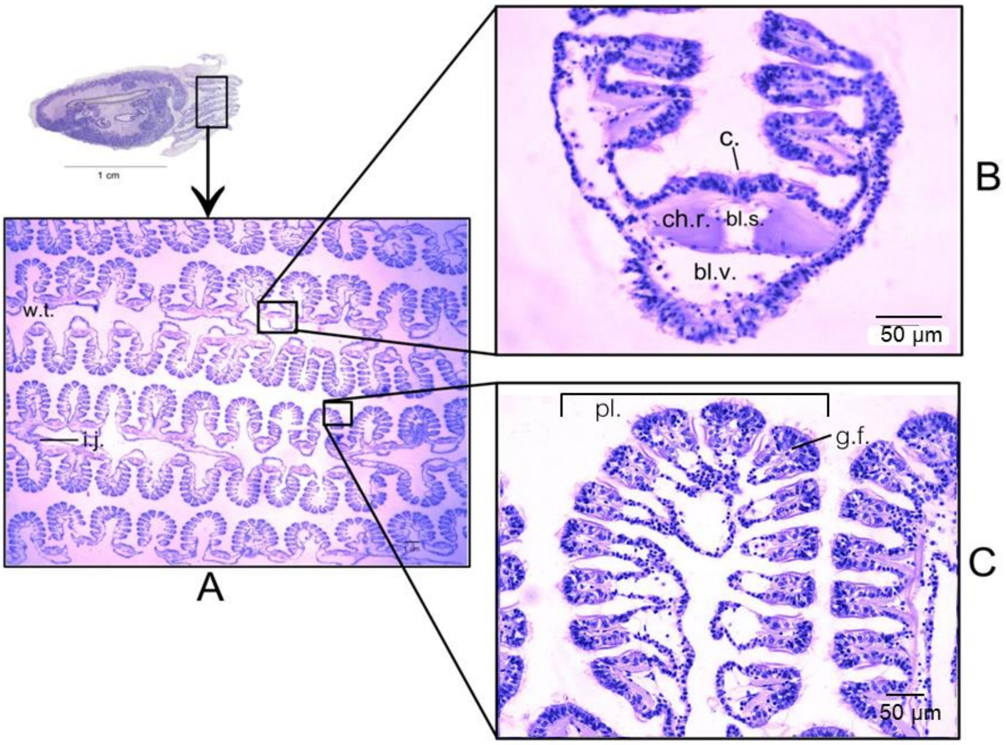
จากการศึกษาโครงสร้างเหงือกหอยตะโกรมกรามดำโดยใช้เทคนิคมิญชวิทยาพบว่า ระบบน้ำที่ไหลผ่านตัวหอยตะโกรมประกอบด้วยท่อน้ำขนาดใหญ่มีตำแหน่งทางด้านหน้าเยื้องไปทางด้านหลังของลำตัว (Anterodorsal side) เรียกท่อน้ำใหญ่นี้ว่าพรอมเมียล (Promyal chamber) จากนั้นน้ำจะไหลผ่านไปยังช่องแขนงด้านข้างลำตัวทั้งซ้ายและขวา (Right epibranchial chamber และ Left epibranchial chamber) แล้วจะไหลมาเชื่อมรวมกันเป็นท่อเดียว แล้วไหลออกทางท่อโคลเอกา (Cloaca) ซึ่งอยู่ทางด้านท้ายของลำตัว การไหลของน้ำในลำตัวหอยจะถูกควบคุมโดยการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อยึดเปลือก ในขณะที่มัดกล้ามเนื้อหดตัวจะเกิดแรงดันภายในทั่วน้ำดันให้ไหลไปตามท่อน้ำจากด้านหน้าไปยังด้านหลังของลำตัว น้ำบางส่วนจะไหลผ่านเหงือก ซึ่งกลไกการไหลของน้ำเช่นนี้จะทำให้น้ำได้สัมผัสกับเนื้อเยื่อบริเวณเหงือกได้มาก ทำให้เกิดการกรองอาหารที่ติดมากับน้ำและเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างระบบเลือดและน้ำที่ผ่านซี่เหงือก จากภาพที่ 2 เป็นภาพตัดตามขวางลำตัวหอยนางรมแสดงช่องน้ำที่ไหลผ่านเหงือกและเส้นเลือดที่นำเลือดเข้าสู่เหงือกและออกจากเหงือกเพื่อแลกเปลี่ยนก๊าซ หอยนางรมมีระบบเลือดแบบเปิดเลือดที่ออกจากหัวใจจะไหลเข้าสู่แอ่งเลือดเพื่อนำอาหารและก๊าซออกซิเจนไปเลี้ยงอวัยวะ เลือดที่ใช้แล้วจะไหลจากแอ่งเลือดรวมกันเข้าสู่เส้นเลือดขนาดใหญ่ Common afferrent vein ซึ่งมีตำแหน่งอยู่เหนือแผ่นเหงือก จากนั้นจึงไหล เข้าสู่ซี่เหงือกแล้ววนกลับมาเข้าสู่หลอดเลือด Branchail efferent vein ทั้งด้านซ้ายและขวา และไหลไปรวมกันในเส้นเลือด Common branchail efferent vein เพื่อไหลเข้าสู่หัวใจต่อไป ในขณะที่เลือดไหลผ่านซี่เหงือก น้ำจากช่อง Epibranchial chamber ที่ไหลผ่านซี่เหงือกก็จะเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซขึ้น ภาพที่ 3 แสดงภาพขยายโครงสร้างของแผ่นเหงือกตัดตามขวาง พบว่าซี่เหงือกหลัก (Principle filament) ของหอยตะโรมกรามดำประกอบด้วย มาการม้วนพับเป็นจีบมีลักษณะคล้ายใบไม้ซึ่งเรียกว่าพลิกา (Plica) ดังแสดงในภาพที่ 3C แต่ละพลิกาประกอบด้วยซี่เหงือกย่อย (Gill filament) ซึ่งเป็นกลุ่มของท่อขนาดเล็กที่เกิดจากการม้วนตัวของซี่เหงือกหลักจำนวน 12-14 ท่อ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการ

แลกเปลี่ยนก๊าซ ซึ่งจะมีจำนวนใกล้เคียงกับที่พบในหอยนางรม *Crassostrea virginica* (Galtsoff, 1964) ที่มีจำนวนซี่เหงือกย่อยอยู่ระหว่าง 10-16 หน่วยต่อพลิกา

จากภาพที่ 4 เนื้อเยื่อที่พบในซี่เหงือกย่อย ประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อบุผิวชนิด Ciliated cuboidal epithelium ซึ่งมีลักษณะคล้ายเป็นเยื่อบุผิวชั้นเดียวพบเซลล์รูปทรงคล้ายลูกเต๋าตั้งอยู่บนเยื่อฐาน (Basement membrane) บริเวณซี่เหงือกย่อยนี้สามารถพบซิเลียที่ผิวด้านนอกด้านที่สัมผัสกับน้ำทะเลสองแบบได้แก่ Laterofrontal cilia คือ ซิเลียที่อยู่ด้านข้างซี่เหงือกย่อย มีลักษณะค่อนข้างยาวและอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม และ Frontal cilia เป็นซิเลียที่มีตำแหน่งอยู่ทางด้านหน้าของซี่เหงือกย่อย เป็นซิเลียที่กระจัดกระจายไม่รวมเป็นกลุ่ม จากโครงสร้างและตำแหน่งที่พบของซิเลียเป็นการสนับสนุนว่านอกจากเหงือกจะทำหน้าที่หลักในการแลกเปลี่ยนก๊าซแล้ว ยังทำหน้าที่สำคัญอื่น ๆ ได้แก่โบกพัดและคัดกรองอาหารที่มากับน้ำ และน่าจะเกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของเซลล์สืบพันธุ์ตามข้อมูลของ Galtsoff (1964) อีกด้วย นอกจากนี้ภายในซี่เหงือกย่อยแต่ละอันยังมีลักษณะเป็นแอ่งเลือดสำหรับให้เลือดไหลเวียนผ่านเหงือกเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซ เซลล์เม็ดเลือดที่พบมีลักษระเป็นเซลล์ที่มีนิวเคลียสกลมและมีไซโทพลาซึมล้อมรอบและพบในพื้นที่ว่างของแอ่งเลือด ดังแสดงโดยลูกศรในภาพที่ 4 บริเวณฐานของพลิกา พบโครงสร้างแอ่งเลือดขนาดใหญ่ (Blood space) และพบ Chitinous rod ที่มีลักษณะคล้ายกระดูกอ่อนรองรับบริเวณฐานของพลิกาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เหงือก ภายในเยื่อเชื่อมระหว่างซี่เหงือกหลัก (Interlamellar junction) จะพบกล้ามเนื้อแทรกอยู่ (ภาพที่ 5) ซึ่งคาดว่าจำทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการหดและคลายตัวของแผ่นเหงือก จากลักษณะโครงสร้างและลักษณะเนื้อเยื่อบุผิวของเหงือกแสดงให้เห็นว่า ภายในเหงือกประกอบด้วยแอ่งเลือดจำนวนมากและเนื้อเยื่อบุผิวบาง ทำให้เลือดที่ไหลผ่านเหงือกเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ง่าย และนอกจากนี้เหงือกยังมีการเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนก๊าซโดยม้วนพับลักษระคล้ายใบไม้เพื่อให้เกิดพื้นที่ผิวที่สามารถสัมผัสกับน้ำมากขึ้น

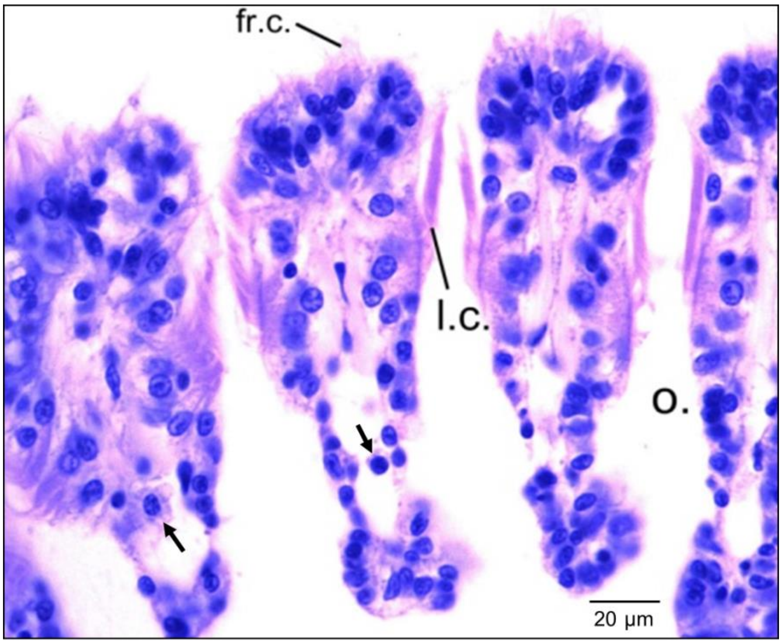


ภาพที่ 2 ตำแหน่งของเหงือกและช่องน้ำภายในตัวหอยหอยตะโกรมกรามดำ *Crassostrea iredalie* ลูกศรทึบแสดงทิศทางการไหลของน้ำ ลูกศรเส้นประแสดงทิศทางการไหลของเลือด (br.ef.v. คือ branchail efferent vein, ch.r. คือ chitinous rods, c.af.v. คือ common afferrent vein, ep.br.ch. คือ epibranchial chamber, g. คือ groove, pl. คือ plica, w.t. คือ water tube)

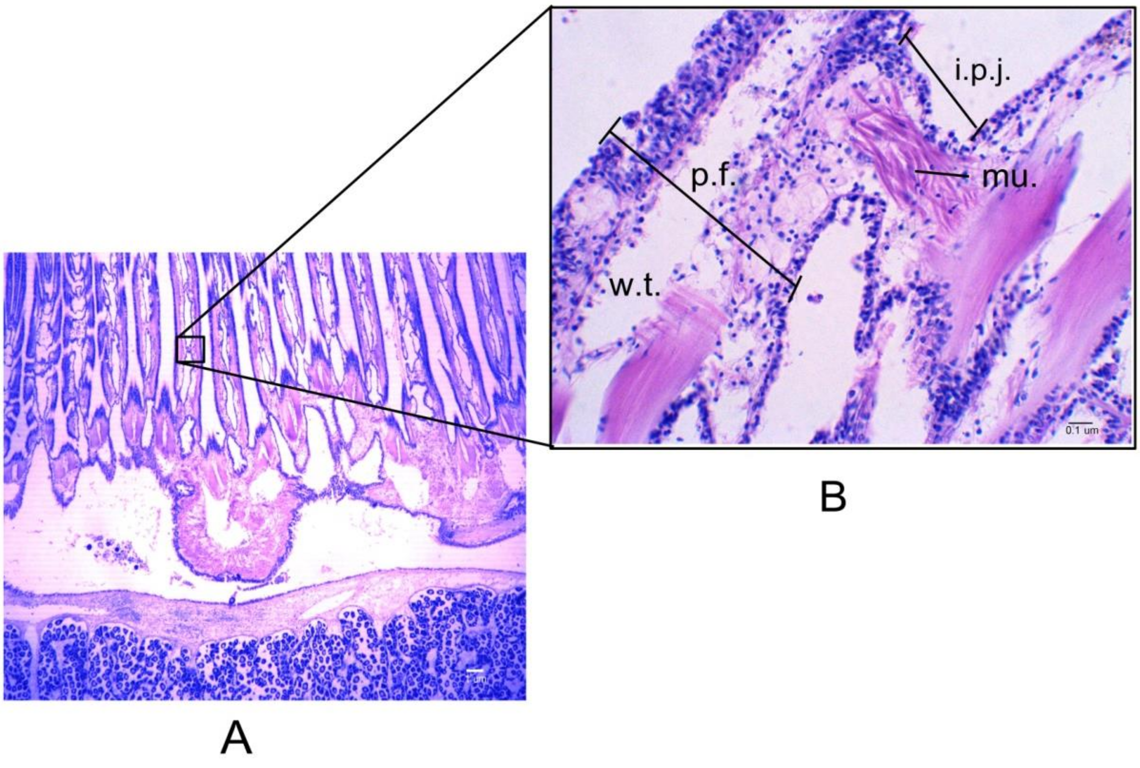


ภาพที่ 3 เนื้อเยื่อเหงือกของหอยตะโกรมกรามดำ *C. iredalie*

A เนื้อเยื่อบริเวณเหงือกหอยนางรม B โครงสร้างบริเวณฐานของ Plica C โครงสร้างของ Plica ที่เกิดจากการพับของซี่เหงือกหลัก (Principle filament) กลายเป็นซี่เหงือกย่อย (Gill filament) รวมกันเป็นจีบคล้ายใบไม้ (bl.s. คือ blood space, bl.v. คือ blood vessel, c. คือ cilia, ch.r. คือ chitinous rods, fr.c. คือ frontal cilia, i.j. คือ interlamellar junction, l.c. คือ laterofrontal cilia, o. คือ ostium, w.t. คือ water tube)



ภาพที่ 4 โครงสร้างของซี่เหงือกย่อย Gill filament ของเหงือกหอยตะโกรมกรามดำลูกศรแสดงเม็ดเลือดที่พบในซี่เหงือกย่อย (fr.c.คือ frontal cilia, l.c. คือ laterofrontal cilia)



ภาพที่ 5 โครงสร้าง interprinciple junction ที่เชื่อมระหว่างแผ่นเหงือกของหอยตะโกรมกรามดำ
A คือ ภาพตัดจากส่วนด้านหัว – ท้าย (anterior – posterior section) กำลังขยาย 40 เท่า
B คือ ภาพขยาย interprinciple junction ที่เชื่อมแผ่นเหงือก กำลังขยาย 1000 เท่า
(i.p.j. คือ interprinciple junction, mu. คือ muscle, p.f. คือ principle filament)

4. สรุปผลการศึกษา

เหงือกของหอยตะโกรมกรามดำ *C. iredalie* มีลักษณะเป็นแบบซูโดลาเมลลิแบรงค์ (Pseudolamellibranch) คือมีจุดกำเนิดจากแกนเหงือกบริเวณด้านท้องลำตัวสองจุด แต่ละจุดจะมีแผ่นเหงือกสองแผ่น โดยแผ่นเหงือกด้านในจะม้วนตัวขึ้นมาติดกับแกนลำตัวมีตำแหน่งติดกับเส้นเลือด Common afferent vein ส่วนแผ่นเหงือกด้านนอก (Outer lamella) จะม้วนขึ้นมาติดอยู่กับแมนเทิลมีตำแหน่งติดกับเส้นเลือด Branchial efferent vein โครงสร้างเนื้อเยื่อของเหงือกหอยตะโกรมกรามดำประกอบด้วยท่อลำเลียงน้ำและท่อลำเลียงเลือดภายในเหงือก คล้ายกับหอยนางรมสายพันธุ์ *C. virginica* (Galtsoff, 1964) แตกต่างกันที่จำนวนของซี่เหงือกย่อย (Gill filament) ที่พบในพลิกา ซึ่งใน สายพันธุ์ *C. virginica* สามารถพบได้ 10-16 หน่วย ในขณะที่หอยตะโกรมกรามดำพบได้ 12-14 หน่วย จากโครงสร้างของเหงือกและลักษณะของซิเลียที่พบในซี่เหงือกย่อยชี้ให้เห็นว่านอกจากเหงือกจะทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซแล้ว ยังทำหน้าที่สำคัญอื่น ๆ ได้แก่โบกพัดและคัดกรองอาหารที่มากับน้ำ และน่าจะเกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของเซลล์สืบพันธุ์อีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

6. เอกสารอ้างอิง

คเชนทร เฉลิมวัฒน์. (2544). *การเพาะเลี้ยงหอย.* กรุงเทพฯ: รั้วเขียว.

สุชาติ อุปถัมป์, มาลียา เครือตราชู, เยาวลักษณ์ จิตงามวงศ์ และศิริวรรณ จันทเตมีย์. (2538). *สังขวิทยา.* กรุงเทพฯ : ศักดิโสภาการพิมพ์.

Galtsoff, P.S. (1964). *The American Oyster Crassostrea virginica Gmelin*. Washington, D.C.: United States Government Printing Office.

Kingtong, S., Chitramvong, Y. and Janvilisri, T. (2007). ATP-binding cassette multidrug transporters in Indian-rock oyster *Saccostrea forskali* and their role in the export of an environmental organic pollutant tributyltin. *Aquatic Toxicology, 85*, 124-132.

Willson, L.L., Burnett, L.E. (2000). Whole animal and gill tissue oxygen uptake in the Eastern oyster, *Crassostrea virginica*: Effects of hypoxia, hypercapnia, air exposure, and infection with the protozoan parasite *Perkinsus marinus. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 246*, 223-240.