# วงจรสืบพันธุ์ของหอยตลับ (Meretrix casta, Chemnitz, 1782) บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

# REPRODUCTIVE CYCLE OF HARD CLAM (Meretrix casta, Chemnitz, 1782) IN THE COASTAL AREA OF LAEM PHAK BIA, THE KING 'S ROYALLY INITIATED LAEM PHAK BIA ENVIRONMENTAL RESEARCH AND DEVELOPMENT PROJECT, PHETCHABURI PROVINCE

*เสถียรพงษ์ ขาวหิต*[1*] *เกษม จันทร์แก้ว*[2]

***Sateinpong Khowhit***[1*]***,*** *Kasem Chunkao*[2]

[1]*ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*

[1]*Department of Environment Science, Faculty of Environment, Kasetsart University.*

[2]*ผู้อำนวยการโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ*

[2]*Director of the King's Royally Initiated Environmental Research and Development Project.*

***Corresponding author, E-mail:** puiku_1213@hotmail.com*

**บทคัดย่อ**

การศึกษาวงจรสืบพันธุ์ของหอยตลับ (**Meretrix casta**, Chemnitz, 1782) บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่างหอยตลับเดือนละ 25 ตัว ในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคม 2555 ถึงเดือนเมษายน 2556 และทำการศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคโดยกระบวนการทางพาราฟินเทคนิคย้อมสี hematoxylin และ eosin และวิเคราะห์ผลภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ผลการศึกษาพบว่า หอยตลับมีค่าเฉลี่ยความยาวเท่ากับ 5.06$\pm$0.16 เซนติเมตร อัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเท่ากับ 1 : 1.21 (เพศผู้ 136 ตัว และเพศเมีย 164 ตัว) การพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยตลับเพศผู้และเพศเมียสามารถแบ่งออกเป็น 6 ระยะ คือระยะก่อนการพัฒนา ระยะเริ่มพัฒนา ระยะกำลังพัฒนา ระยะเซลล์สืบพันธุ์สุก ระยะวางเซลล์สืบพันธุ์และระยะหลังวางเซลล์สืบพันธุ์พบการวางเซลล์สืบพันธุ์ของหอยตลับตลอดการศึกษาหรือทุกเดือนตลอด 12 เดือน

**คำสำคัญ:** วงจรการสืบพันธุ์ หอยตลับ (*Meretrix casta*, Chemnitz, 1782) ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย

**Abstract**

The study of reproductive cycle of Hard Clam (**Meretrix casta**, Chemnitz, 1782) collected from the coastal area of laem phak bia receiving effluent from phetchaburi municipal wastewater treatment system, The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province. Twenty five clams were collected per month during May 2012 to April 2013 and examined using histological analysis through a paraffintechnique in conjunction with hematoxylin and eosin staining for the study of gametogenesis, gonadal development and the spawning cycle. An average maximum shell length of 5.06 $\pm$ 0.16 centimeters (n=300) was observed in this study. Sex ratio between males and females was 1 : 1.21 (136 males and 164 females). The reproductive cycle of males and females was classified into six stages: prefollicular development, initial development, developing, mature, partially spawned and spent. The spawning was observed every month.

**Keywords**: Reproductive Cycle, Hard Clam (*Meretrix casta*, Chemnitz, 1782), Coastal Area of Laem Phak Bia

## บทนำ

หอยตลับ (Hard Clam) เป็นหอยสองฝา น้ำกร่อยที่รูปร่างเป็นรูปสามเหลี่ยมตรงกลางนูนออก เปลือกผิวมีลักษณะมันวาว มีรูปร่างคล้ายรูปไข่ ขนาดเท่ากัน เปลือกหนามีหลายสี และลวดลายต่างๆ กัน ซึ่งลักษณะดังกล่าวไม่สามารถที่จะใช้ในการจำแนกชนิดของหอยตลับได้แต่จะจำแนกชนิดโดยใช้ลักษณะเส้นเว้าลึกเกือบเป็นครึ่งวงกลม และมีส่วนที่ยื่นแหลม (Pallial Horn) ภายในของขอบกล้ามเนื้อแมนเทิล (Pallial Sinus) จึงทำให้หอยตลับเรียกตามทางกายภาพภายนอกได้หลายชื่อ เช่น หอยตลับลาย หอยขาว หอยปะ หรือหอยเปลือกหนา เป็นต้น เป็นหอยที่มีการปรับตัวกับสภาพน้ำขึ้นน้ำลงได้ดีน้ำทะเลได้ดี เมื่อน้ำลงต่ำสุดจะอาศัยฝังตัวในดินตะกอนชนิดดินร่วนทราย (Sandy Loam) ที่มีระดับเสมอกับผิวดินตะกอนจนกระทั่งความลึกไม่เกิน 15 เซนติเมตร อนุภาคของดินตะกอนประกอบด้วยดินทรายร้อยละ 42 ดินทรายแป้งร้อยละ 46 ดินเหนียวร้อยละ 12 คลื่นและลมสงบ น้ำทะเลขึ้นลงแบบน้ำคู่ (Semidiurnal Tide) ใช้เวลามากกว่า 12 ชั่วโมง หาดเลนมีระดับที่เสมอกับผิวดินตะกอนจนกระทั่งทำมุมลาดเอียงไม่เกิน 20 องศา ความเค็มอยู่ในช่วงระหว่าง 24 - 28 psu หอยตลับชนิดนี้พบในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน ได้แก่ แหลมกลัด จังหวัดตราด อ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี บ้านเพ จังหวัดระยอง อ่างศิลา หาดบางละมุง จังหวัดชลบุรี ดอนหอยหลอด จังหวัดสมุทรสาคร อ่าวมะนาว จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ อ่าวพนังตึก จังหวัดชุมพร อ่าวท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี อ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี ตากใบ จังหวัดนราธิวาส ปะเหลียน จังหวัดตรัง อ่าวลึก จังหวัดกระบี่ และดอนหอยตลับ จังหวัดพังงา [1-2]

ก่อนก่อตั้งโครงการฯ ในปี 2533 เป็นพื้นที่ชายฝั่งทะเลเสื่อมโทรมและไม่มีหอยตลับ แต่เมื่อผ่านไป 23 ปี แต่เมื่อหลังจากการดำเนินงานของโครงการฯ ได้นำน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีมาบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางธรรมชาติช่วยธรรมชาติและใช้เทคโนโลยีอย่างง่ายๆหลังจากที่น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะปล่อยลงสู่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยแล้วพบว่าหอยตลับเป็นสัตว์น้ำพบมากเป็นจำนวนมากที่สุดและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากหอยตลับราคาไม่แพง คุณค่าทางอาหาร มีรสชาติอร่อยและนำไปทำอาหารได้หลากหลายทำให้ชาวประมงบริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยและจังหวัดข้างเคียงเข้าทำมาใช้ประโยชน์จำนวนมาก โดยสามารถทำประมงหอยตลับได้เฉลี่ย 921 ตัน/ปี สร้างรายได้ให้กับชาวประมง 15.66 ล้านบาท/ปี [1, 3] การศึกษาวงจรสืบพันธุ์ของหอยตลับบริเวณชายฝั่ง

ทะเลแหลมผักเบี้ยจึงนับว่ามีความสำคัญถ้าหากปล่อยให้ชาวประมงทำประมงหอยตลับในปริมาณที่มากเกินไปและไม่มีมาตรการอนุรักษ์ อาจจะทำให้หอยตลับสูญพันธุ์ได้ในอนาคต ประกอบกับหอยตลับเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเท่านั้น ยังไม่สามารถเพาะเลี้ยงได้ ดังนั้นการศึกษาวงจรสืบพันธุ์ของหอยตลับจะให้ทราบถึงช่วงระยะเวลาการวางไข่ของหอยตลับจะใช้ข้อมูลดังกล่าวมาเป็นแนวทางเป็นตัวกำหนดมาตรการห้ามทำประมงหอยตลับหรือนำพ่อแม่พันธุ์หอยตลับไปเพาะขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการเพื่อที่จะเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคให้อย่างเพียงพอรวมถึงมีมาตรการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากรหอยตลับเพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างยั่งยืนต่อไป

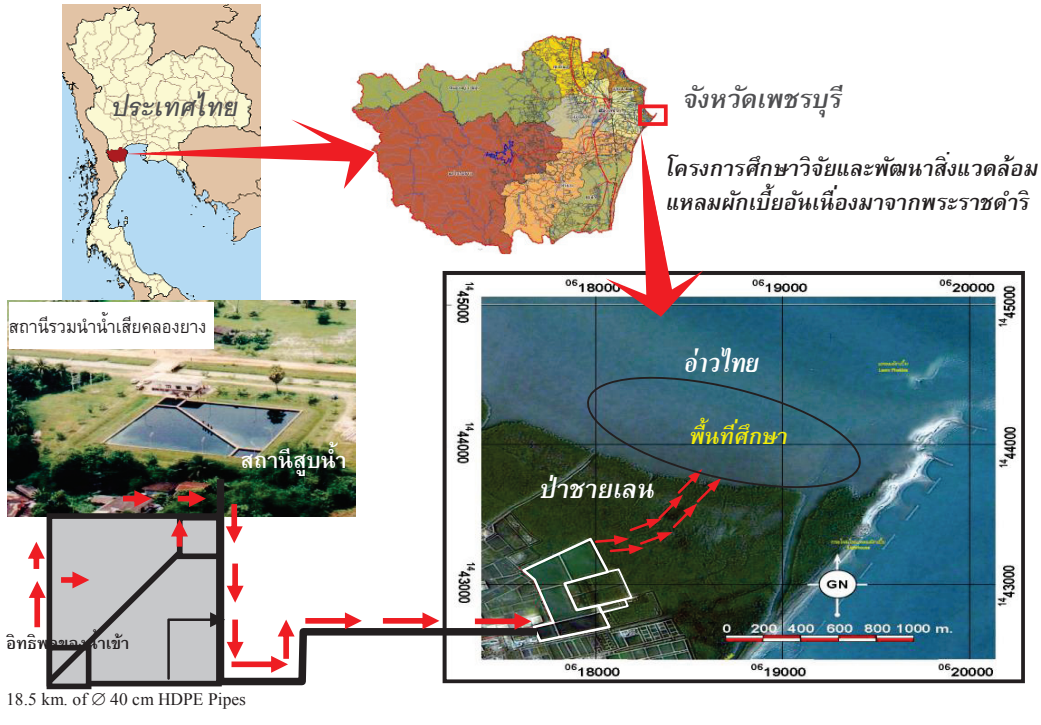
## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาวงจรสืบพันธุ์ของหอยตลับ (**Meretrix casta**, Chemnitz, 1782) บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1.1 พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำทิ้งชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีที่ผ่านการบำบัดแล้ว โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ตั้งอยู่บนพิกัด ละติจูด 14°42.240′ เหนือถึง 14°43.480′ เหนือและลองจิจูด 06°17.780′ ตะวันออก ถึง 06°19.271′ ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ 1,250 ไร่ ดังภาพที่ 1




**ภาพที่ 1** พื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

**1.2 การเก็บรวบรวมตัวอย่างหอยตลับ**

ทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างหอยตลับ บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย ที่รองรับน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีที่ผ่านการบำบัดแล้ว โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งพื้นที่โครงการฯ มีชายฝั่งทะเลกว้าง 1,000 เมตร ระยะห่างจากชายฝั่งทะเลตั้งแต่ 300 เมตร ขึ้นไป จำนวน 25 ตัวต่อเดือน โดยทำการเก็บรวบรวมหอยตลับที่มีขนาดตัวเต็มวัยขนาดตั้งแต่ 4 เซนติเมตรขึ้นไป ในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคม 2555 ถึงเดือนเมษายน 2556 วัดขนาดและชั่งน้ำหนักหอยตลับ รวมถึงแกะเนื้อหอยตลับแล้วทำการแช่ด้วยฟอร์มาลีน 3 เปอร์เซ็นต์

**1.3 การเตรียมเนื้อเยื่อและการย้อมสี**

นำตัวอย่างหอยตลับที่ทำการแกะเนื้อเยื่อแช่ฟอร์มาลีน 3 เปอร์เซ็นต์ มาผ่านขั้นตอนทางพาราฟินเทคนิคด้วย Automatic Tissue Processor และเครื่องมือ Microtome นำสไลด์มาทำการย้อมด้วยสี Hematoxylin และ Eosin [4] แล้วนำไปวิเคราะห์ผลด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและถ่ายภาพ

**2. คุณภาพน้ำ**

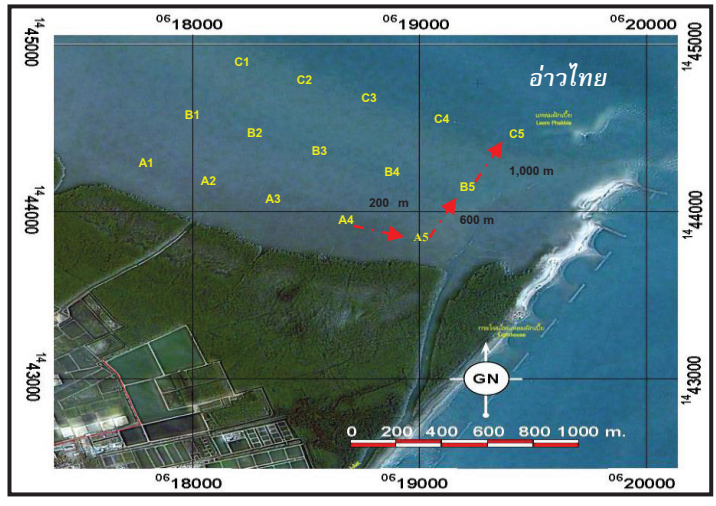
การเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำห่างจากชายฝั่งทะเล 3 ระยะคือ A: ระยะห่างจากชายฝั่ง 200 เมตร; B: ระยะ ห่างจากชายฝั่ง 600 เมตร; C: ระยะห่างจากชายฝั่ง 1,000 เมตร แต่ละระยะทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างคุณภาพน้ำ 3 ซ้ำ ในช่วงเวลาที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุด ดังภาพที่ 2 (A) ในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคม 2555 ถึงเดือนเมษายน 2556 การวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำประกอบด้วย

1) อุณหภูมิ (Temperature) ใช้เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) หน่วยองศาเซลเซียส ($^{o}$C)

2) ความเค็ม (Salinity) ใช้เครื่องวัดความเค็ม (Salinity meter) หน่วยเป็นส่วนในพัน (psu)

3) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter)

4) ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) **วัดด้วย** DO meter (มิลลิกรัมต่อลิตร)




**ภาพที่ 2 (A)** การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

## ผลการวิจัย

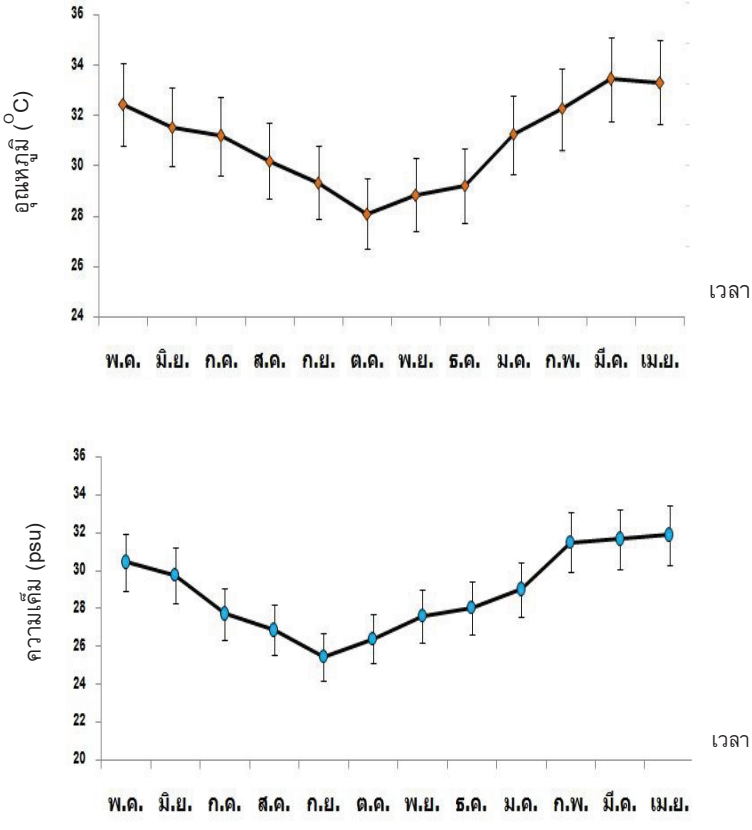
### 1. คุณภาพน้ำ

อุณหภูมิของน้ำมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 28.12 ถึง 33.48$^{O}$C ค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม 2555 มีค่าเท่ากับ 28.12 $\pm$ 1.00$^{O}$C ค่าสูงที่สุดในเดือนมีนาคม 2556 มีค่าเท่ากับ 33.48 $\pm$ 1.52$^{O}$C และค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 30.96 $\pm$ 1.78 $^{O}$C ความเค็มมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 25.50 - 31.91 psu ค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน 2555 มีค่าเท่ากับ 25.50 $\pm$ 1.50 psu ค่าสูงที่สุดในเดือนเมษายน 2556 มีค่าเท่ากับ 31.91 $\pm$ 0.31 psu และค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 28.90 $\pm$ 2.18 psu ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 7.12 - 8.48 ค่าต่ำสุดที่สุดในเดือนตุลาคม 2555 มีค่าเท่ากับ 7.12 $\pm$ 0.05 ค่าสูงที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ 2556 มีค่าเท่ากับ 8.487.12 $\pm$ 0.37 และค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 8.06 $\pm$ 0.39 ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 4.25 - 6.78 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม 2556 มีค่าเท่ากับ 4.25 $\pm$ 0.07 ค่าสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม 2555 มีค่าเท่ากับ 6.78 $\pm$ 0.06 และค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 5.22 $\pm$ 0.86 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพที่ 2 (B)

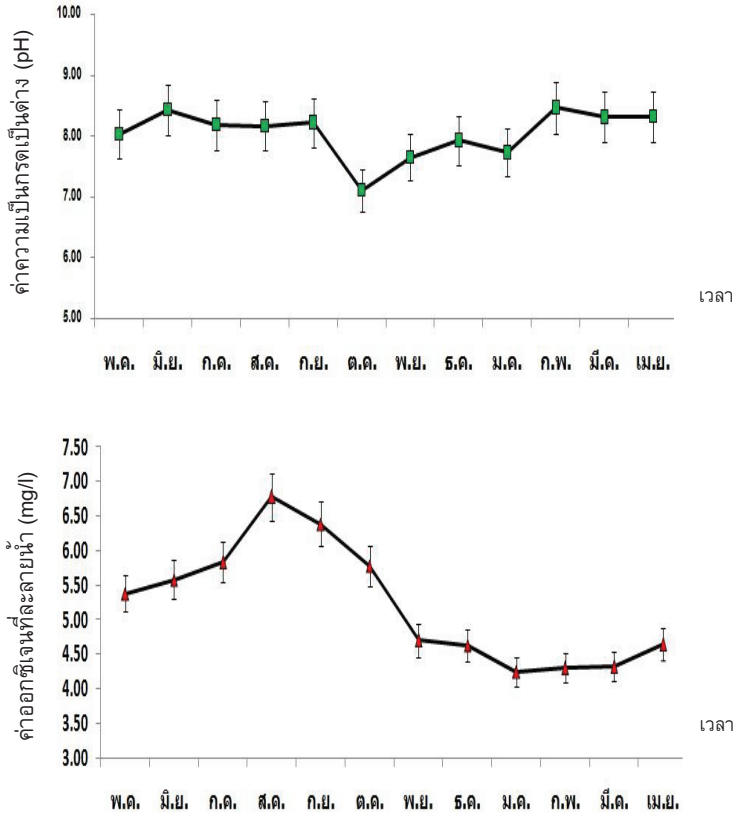
### 2. วงจรสืบพันธุ์ของหอยตลับ

### 2.1 อัตราส่วนเพศหอยตลับ

หอยตลับที่ทำการศึกษามีทั้งหมด 300 ตัว มีความยาวเฉลี่ย 5.06 $\pm$ 0.16 เซนติเมตร แยกเป็นเพศผู้ 136 ตัว (ร้อยละ 45) และเพศเมีย 164 ตัว (ร้อยละ 55) อัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเท่ากับ 1 : 1.21 ดังตารางที่ 1




**ภาพที่ 2 (B)** ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี




**ภาพที่ 2 (B)** ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

### 2.2 ฤดูการสืบพันธุ์ของหอยตลับ

จากการศึกษาวงจรชีวิตการสืบพันธุ์หอยตลับพบว่าหอยตลับมีการวางเซลล์สืบพันธุ์บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยตลอดการศึกษาหรือ 12 เดือน สามารถแบ่งการพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ได้ 6 ระยะ คือระยะที่ 1 ระยะก่อนการพัฒนา (Prefollicular Development) พบตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2555 ถึงเดือนตุลาคม 2555 พบมากที่สุดในทุกๆ เดือนคิดเป็นร้อยละ 8 ระยะที่ 2 ระยะเริ่มพัฒนา (Initial Development) พบตั้งแต่เดือนตุลาคม 2555 ถึง เดือนมกราคม 2556

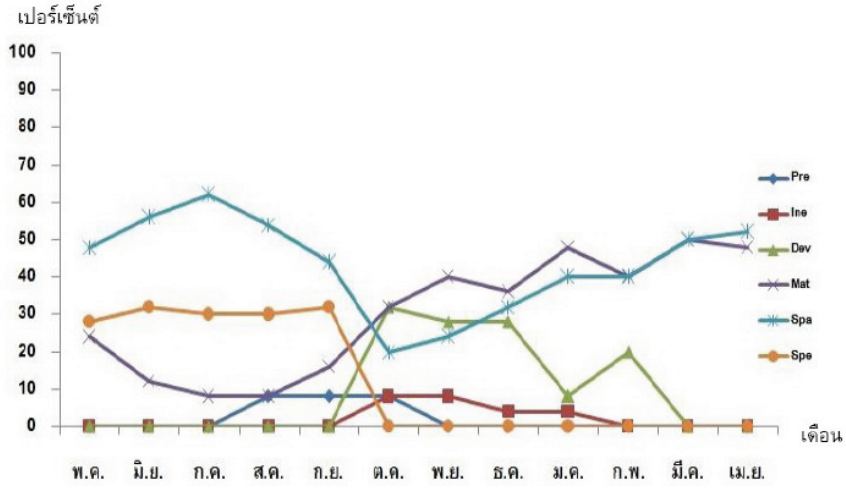
**ตารางที่ 1** แสดงอัตราส่วนเพศหอยตลับ (**M. casta**)

| เดือน | เพศผู้ | | เพศเมีย | | จำนวนทั้งหมด (ตัว) | อัตราส่วนเพศผู้:เมีย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | จำนวน | เปอร์เซ็นต์ | จำนวน | เปอร์เซ็นต์ | | |
| พ.ค. 55 | 11 | 44 | 14 | 56 | 25 | 1 : 1.27 |
| มิ.ย. 55 | 14 | 56 | 11 | 14 | 25 | 1.27 : 1 |
| ก.ค. 55 | 13 | 52 | 12 | 48 | 25 | 1.08 : 1 |
| ส.ค. 55 | 11 | 44 | 14 | 56 | 25 | 1 : 1.27 |
| ก.ย. 55 | 13 | 52 | 12 | 48 | 25 | 1.08 : 1 |
| ต.ค. 55 | 12 | 48 | 13 | 52 | 25 | 1 : 1.08 |
| พ.ย. 55 | 12 | 48 | 13 | 52 | 25 | 1 : 1.08 |
| ธ.ค. 55 | 14 | 56 | 11 | 44 | 25 | 1.27 : 1 |
| ม.ค. 56 | 9 | 36 | 16 | 64 | 25 | 1 : 1.78 |
| ก.พ. 56 | 6 | 24 | 19 | 76 | 25 | 1 : 3.16 |
| มี.ค. 56 | 9 | 36 | 16 | 64 | 25 | 1 : 1.78 |
| เม.ย. 56 | 12 | 44 | 13 | 56 | 25 | 1 : 1.08 |
| **รวม** | **136** | **45** | **164** | **55** | **300** | **1 : 1.21** |

ทั้งนี้ พบมากที่สุดในเดือนตุลาคมและเดือนพฤศจิกายน 2555 คิดเป็นร้อยละ 8 ระยะที่ 3 ระยะกำลังพัฒนา (Developing) พบตั้งแต่เดือนตุลาคม 2555 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2556 พบมากที่สุดในเดือนตุลาคม 2555 คิดเป็นร้อยละ 32 ระยะที่ 4 ระยะเซลล์สืบพันธุ์สุก (Mature) พบตลอดการศึกษา และพบมากที่สุดในเดือนมีนาคม 2556 คิดเป็นร้อยละ 50 ระยะที่ 5 ระยะวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spawning) พบตลอดการศึกษาและพบมากที่สุดในเดือนกรกฎาคม 2555 คิดเป็นร้อยละ 62 ระยะที่ 6 ระยะหลังวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spent) พบตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2555 พบมากที่สุดในเดือนมิถุนายนและเดือนกันยายน 2555 คิดเป็นร้อยละ 32 ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 5

**ตารางที่ 2** แสดงระยะการพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์หอยตลับ (**M. casta**)

| เดือน | ความยาวเฉลี่ย (cm) | การพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ (เปอร์เซ็นต์) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะที่ 1 | ระยะที่ 2 | ระยะที่ 3 | ระยะที่ 4 | ระยะที่ 5 | ระยะที่ 6 |
| พ.ค. 55 | 5.04 ± 0.31 | | | | 24 | 48 | 28 |
| มิ.ย. 55 | 4.97 ± 0.27 | | | | 12 | 56 | 32 |
| ก.ค. 55 | 4.95 ± 0.27 | | | | 8 | 62 | 30 |
| ส.ค. 55 | 4.93 ± 0.32 | 8 | | | 8 | 54 | 30 |
| ก.ย. 55 | 5.21 ± 0.25 | 8 | | | 16 | 44 | 32 |
| ต.ค. 55 | 4.94 ± 0.27 | 8 | 8 | 32 | 32 | 20 | |
| พ.ย. 55 | 4.94 ± 0.36 | | 8 | 28 | 40 | 24 | |
| ธ.ค. 55 | 5.03 ± 0.32 | | 4 | 28 | 36 | 32 | |
| ม.ค. 56 | 5.00 ± 0.31 | | 4 | 8 | 48 | 40 | |
| ก.พ. 56 | 5.13 ± 0.18 | | | 20 | 40 | 40 | |
| มี.ค. 56 | 5.09 ± 0.18 | | | | 50 | 50 | |
| เม.ย. 56 | 5.49 ± 0.37 | | | | 48 | 52 | |



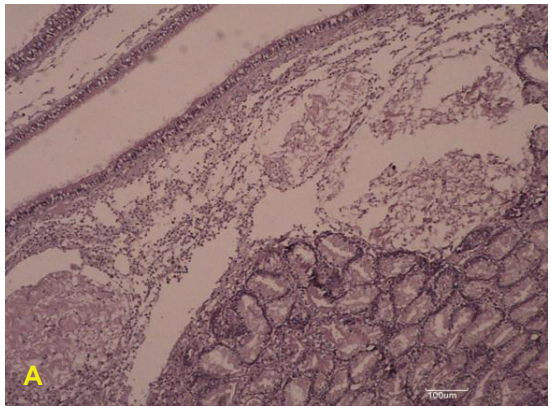

**ภาพที่ 3** แสดงระยะการพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์หอยตลับ (*Meretrix casta*) (เปอร์เซ็นต์) ระยะก่อนการพัฒนา (Prefollicular development; Pre), ระยะเริ่มพัฒนา (Initial development; Ine), ระยะกำลังพัฒนา (Developing; Dev), ระยะเซลล์สืบพันธุ์สุก (Mature; Mat), ระยะวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spawning; Spa) และระยะหลังวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spent; Spe)

## สรุปและอภิปรายผล

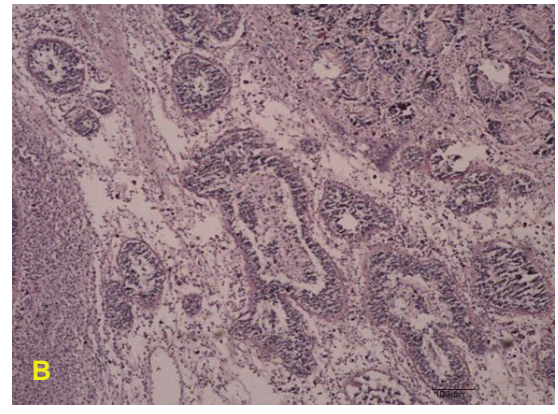
จากการศึกษาวงจรชีวิตการสืบพันธุ์หอยตลับ (*Meretrix casta*) บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีสามารถแสดงระยะการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์หอยตลับสามารถแบ่งได้ 6 ระยะ คือ 1) ระยะก่อนการพัฒนา (Prefollicular Development) 2) ระยะเริ่มพัฒนา (Initial Development) 3) ระยะกำลังพัฒนา (Developing) 4) ระยะเซลล์สืบพันธุ์สุก (Mature) 5) ระยะวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spawning) และ 6) ระยะหลังวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spent) สอดคล้องกับการศึกษาการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยตลับ (*Meretrix casta*) บริเวณหาดแหลมกลัด จังหวัดตราด สามารถแบ่งได้ 6 ระยะ เช่นกัน [5] แตกต่างจากศึกษาการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยตลับ

(*Meretrix casta*) บริเวณพื้นที่ปากแม่น้ำปะเหลียน ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง สามารถแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ได้ 5 ระยะ คือ 1) ระยะก่อนการพัฒนาการ (Rest) 2) ระยะพัฒนาการ (Developing) 3) ระยะเซลล์สืบพันธุ์สุก (Mature) 4) ระยะวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spawning) และ 5) ระยะหลังวางเซลล์สืบพันธุ์ (Post spawn) [6] จากการศึกษาพบว่าพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลมีความแตกต่างของดินตะกอน เช่น มีชนิดของดินตะกอน อนุภาคของดินตะกอน มีขนาดเม็ดดิน ความพรุนและความหนาแน่นของดินตะกอน และคุณภาพน้ำจะส่งผลต่อการการพัฒนาเนื้อเยื่อของอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยตลับทำให้การพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยตลับมีความแตกต่างกันไปตามชายฝั่งทะเลนั้นๆ เพราะว่าหอยตลับเป็นสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ ทุกส่วนของร่างกายสัมผัสดินตะกอนอนุภาคของตะกอนและมีความเข้มข้นของร่างกายค่อนข้างต่ำทำให้จะต้องมีการเข้าออกตลอดเวลาและช่วงเวลาที่น้ำทะลง หอยตลับจะฝังตัวในดินตะกอนจะต้องมีน้ำในตัวค่อนมากเพื่อรักษาสมดุลและควบคุมอุณหภูมิภายในร่างกายอยู่ตลอดเวลาในช่วงเวลาที่ซึ่งบริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยดินตะกอนชนิดดินร่วนทราย (Sandy Loam) ร้อยละอนุภาคเนื้อดินตะกอนประกอบด้วยดินทราย (Sandy) 41 เปอร์เซ็นต์ ดินทรายแป้ง (Silt) 49 เปอร์เซ็นต์ ดินเหนียว (Clay) 10 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดเม็ดดิน 0.002-0.500 มิลลิเมตร ปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าเท่ากับ 0.60 เปอร์เซ็นต์ มีช่องว่างของขนาดเม็ดดินความหนาแน่นและมีความพรุนของดินตะกอนในระดับปลานกลาง [1] คุณภาพดินตะกอนมีการสะสมโลหะหนักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไม่เป็นอันตรายต่อหอยตลับ [7] และคุณภาพน้ำทะเลไม่มีการปนเปื้อนแบคทีเรียที่เป็นอุปสรรคต่อการกรองหรือหายใจเข้าออก [8]

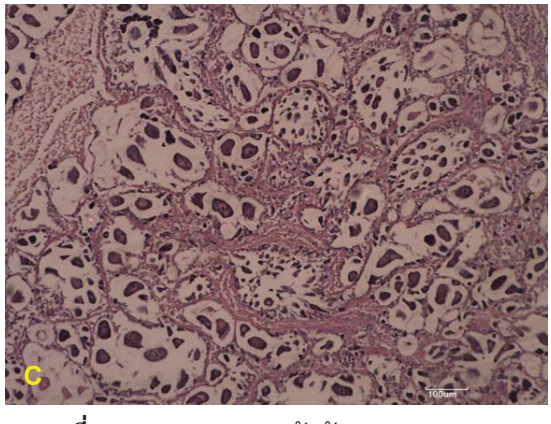
จากผลการศึกษาการวางไข่ของหอยตลับ (*Meretrix casta*) ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีพบว่ามีพบระยะวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spawning) ตลอดทั้งปี หรือ 12 เดือน และมีการวางไข่สูงที่สุดในช่วงฤดูฝน แตกต่างจากศึกษาการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยตลับ (*Meretrix casta*) บริเวณหาดแหลมกลัด ตำบลแหลมกลัด จังหวัดตราด พบว่าระยะวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spawning) 8 เดือนอยู่ในช่วงระหว่างเดือนเมษายน ถึงเดือนพฤศจิกายน และมีการวางไข่สูงที่สุดในช่วงฤดูฝน [5] ศึกษาการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยตลับ (*Meretrix casta*) บริเวณพื้นที่ปากแม่น้ำปะเหลียน ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง พบระยะวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spawning) 9 เดือนอยู่ในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกรกฎาคม และมีการวางไข่สูงที่สุดในช่วงฤดูฝน [6] เช่นเดียวกัน ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่าพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย มีความเหมาะสมต่อการวางไข่หอยตลับและดีกว่าพื้นที่ชายฝั่งทะเลตามธรรมชาติทั่วๆ ไป เพราะว่าชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยเป็นพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีมีธาตุอาหาร เช่นไนโตรเจน (N)



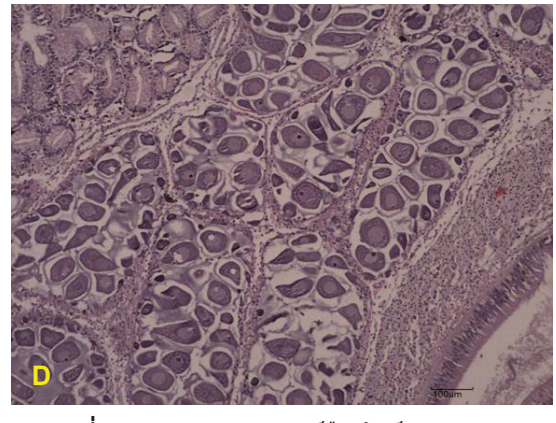

**ภาพที่ 4 (A)** แสดงระยะก่อนการพัฒนา (Prefollicular development)



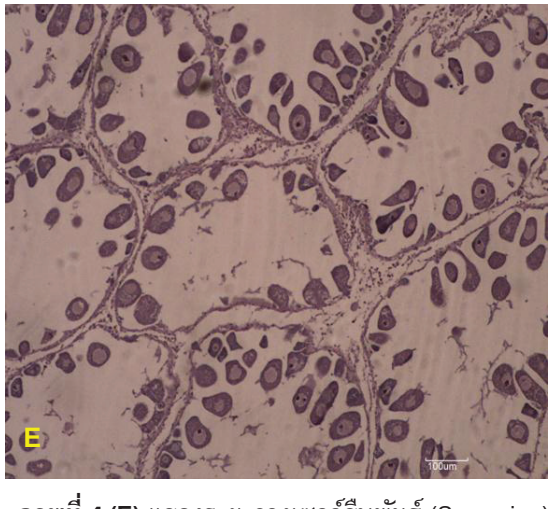

**ภาพที่ 4 (B)** แสดงระยะเริ่มพัฒนา (Initial development)



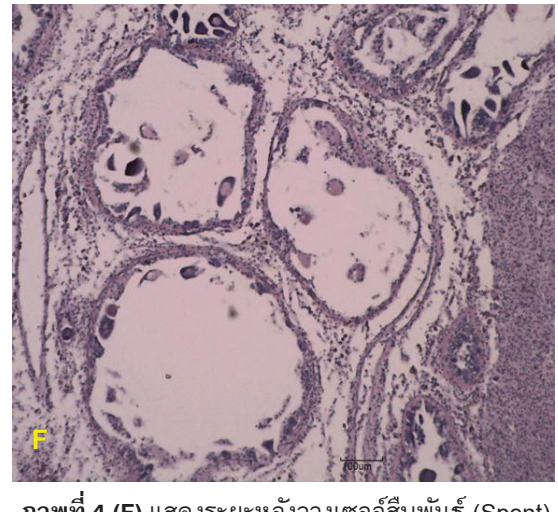

**ภาพที่ 4 (C)** แสดงระยะกำลังพัฒนา (Developing)




**ภาพที่ 4 (D)** แสดงระยะเซลล์สืบพันธุ์สุก (Mature)

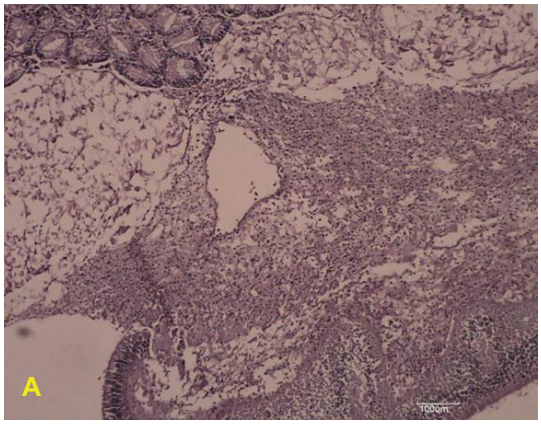



**ภาพที่ 4 (E)** แสดงระยะวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spawning)

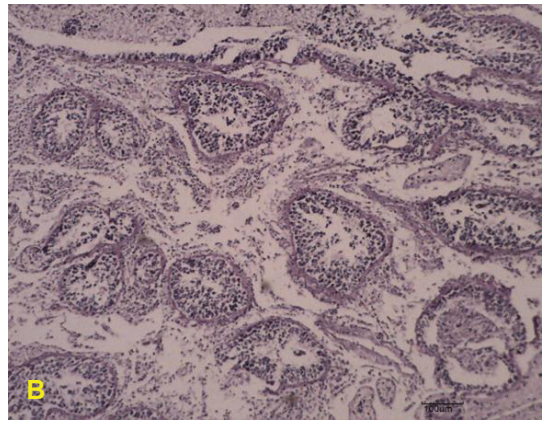



**ภาพที่ 4 (F)** แสดงระยะหลังวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spent)

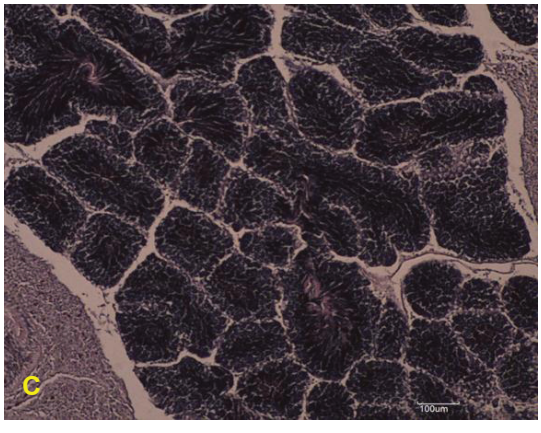
**ภาพที่ 4** ระยะพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยตลับ (*Meretrix casta*) เพศเมีย A: ระยะก่อนการพัฒนา (Prefollicular Development) B: ระยะเริ่มพัฒนา (Initial Development) C: ระยะกำลังพัฒนา (Developing) D: ระยะเซลล์สืบพันธุ์สุก (Mature) E: ระยะวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spawning) F: ระยะหลังวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spent)



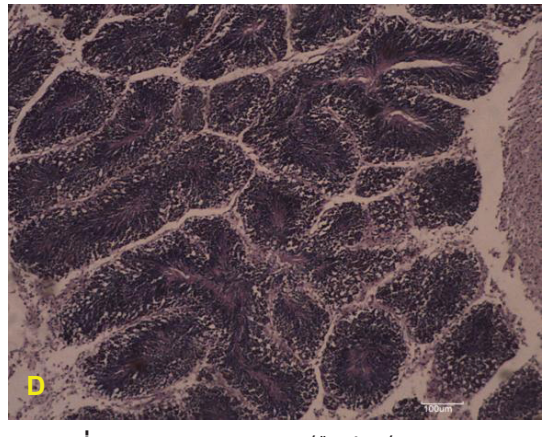

**ภาพที่ 5 (A)** แสดงระยะก่อนการพัฒนา (Prefollicular development)



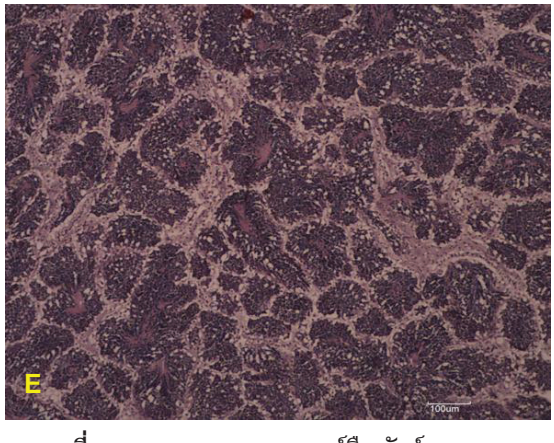

**ภาพที่ 5 (B)** แสดงระยะเริ่มพัฒนา (Initial development)



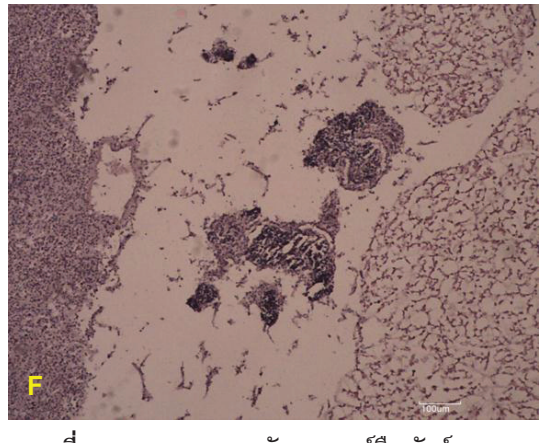

**ภาพที่ 5 (C)** แสดงระยะกำลังพัฒนา (Developing)




**ภาพที่ 5 (D)** แสดงระยะเซลล์สืบพันธุ์สุก (Mature)




**ภาพที่ 5 (E)** แสดงระยะวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spawning)




**ภาพที่ 5 (F)** แสดงระยะหลังวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spent)

**ภาพที่ 5** ระยะพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธ์ของหอยตลับ (*Meretrix casta*) เพศผู้ ประกอบด้วย A: ระยะก่อนการพัฒนา (Prefollicular Development) B: ระยะเริ่มพัฒนา (Initial Development) C: ระยะกำลังพัฒนา (Developing) D: ระยะเซลล์สืบพันธุ์สุก (Mature) E: ระยะวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spawning) F: ระยะหลังวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spent)

และฟอสฟอรัส (P) และหาดเลนงอกใหม่ (New Mudflat) ที่กระแสน้ำทะเลไม่ว่าจะไหลแบบทวนเข็มนาฬิกาหรือไหลแบบตามเข็มนาฬิกา ธาตุอาหารเช่นค่าซิลิเกต (Si) แคลเซียม (Ca) โพแทสเซียม (K) โซเดียม (Na) รวมถึงแมกนีเซียม (Mg) และเหล็ก (Fe) จากแม่น้ำทุกสายในจังหวัดเพชรบุรี แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง รวมถึงแม่น้ำเจ้าพระยาจะไหลมารวมกันบริเวณหน้าหาดเลนแหลมผักเบี้ยมีการสะสมเกิดการเพิ่มขึ้นของชั้นดินและเพิ่มขึ้นของหาดเลนจนกระทั่งเกิดแหลมผักเบี้ยตามธรรมชาติส่งผลทำให้มีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าหาดเลนตามธรรมชาติทั่วไปๆ (Mudflat) ส่งผลทำให้มีความเหมาะสมสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารของหอยตลับ [3]

จากการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยตลับชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยจะพบว่าระยะวางเซลล์สืบพันธุ์ (Spawning) ตลอดทั้งปี หรือ 12 เดือน และมีการวางไข่สูงสุดในช่วงฤดูฝน เพราะว่าอุณหภูมิกับความเค็มมีความสัมพันธ์กันรวมถึงฤดูกาลจะมีผลต่อการวางไข่และปล่อยสเปิร์มของหอยตลับ [9-11] ซึ่งชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยมีอุณหภูมิของน้ำมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 28.12 ถึง 33.48$^{o}$C และค่าเฉลี่ย 30.96 $\pm$ 1.78$^{o}$C ความเค็มมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 25.50 - 31.91 psu และค่าเฉลี่ย 28.90 $\pm$ 2.18 psu ซึ่งค่าอุณหภูมิมีส่วนสำคัญในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และจะเป็นตัวกำหนดลักษณะเพศของหอยตลับ โดยจะมีต่อมไร้ท่อจะประกอบด้วยกลุ่มเซลล์และสร้างหรือหลั่งสารเคมีที่เรียกว่าฮอร์โมน แล้วส่งต่อออกไปนอกตัวเซลล์ไปยังเป้าหมายคือต่อมเพศเพื่อที่จะกำหนดเพศผู้หรือเพศเมียของหอยตลับ [12-14] ซึ่งฮอร์โมนเพศของหอยตลับมี 3 ประเภทคือ Progesterone (P) [15-17] Testosterone (T) [18-20] และ 17$\beta$-Estradiol (e2) [21-22] ทั้งนี้การหลั่งฮอร์โมนเพศของหอยตลับจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิจะเป็นส่วนสำคัญในการเหนี่ยวนำให้เกิดเพศผู้หรือเพศเมีย [23-24] ส่งผลทำให้หอยตลับชนิดเป็นหอยสองฝาพื้นบ้านส่วนมากพบในประเทศไทยและในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เท่านั้น ส่วนความเค็มจะมีผลต่อกลไกลเมตาบอลิซึมของหอยตลับ เช่นการกรองแพลงก์ตอนพืช การย่อยอาหาร ปรับสมดุลภายใน การหายใจเข้าออก การขับถ่ายของเสียและความเครียด [25-26] นอกจากอุณหภูมิกับความเค็มจะต้องมีอาหารคือแพลงก์ตอนพืชสนับสนุนการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ที่สมบูรณ์ขึ้นซึ่งชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยพบว่ามีกลุ่มไดอะตอม (Class Bacillariophyceae) มากที่สุด 89.46% มีไดอะตอมสกุล *Coscinodiscus* sp. มีปริมาณอยู่ในช่วงระหว่าง 13.50-639 เซลล์ต่อลิตรและมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 235 เซลล์ต่อลิตรมากที่สุดและเป็นอาหารของหอยตลับพบในท่อทางเดินอาหารหอยตลับมีปริมาณมากที่สุด 70.46% ส่งผลทำให้การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และวงจรการสืบพันธุ์ทำให้หอยตลับบริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยเป็นไปอย่างสมบูรณ์ [27-29] สามารถทำประมงหอยตลับได้เฉลี่ย 921 ตัน/ปี [1]

จากสกุลของไดอะตอมทั้งหมดพบว่าไดอะตอมสกุล *Coscinodiscus* มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุดคือ 29.0% และมีกลูโคสมีปริมาณมากที่สุดจากไดอะตอมทั้งหมดซึ่งกลูโคสจะสะสมเป็นไกลโคเจน [30-31] หอยตลับสามารถนำพลังงานไปใช้ในรูปของไกลโคเจนในปริมาณค่อนข้างสูงในช่วงที่มีการพัฒนาเนื้อเยื่อให้เป็นเพศผู้หรือเพศเมีย [32-33] ในช่วงฤดูร้อนเป็นช่วงเวลาที่หอยตลับเตรียมเข้าสู่ระยะวางไข่เพราะว่าอากาศร้อนจะช่วยกระตุ้นการสร้างสเปิร์มและผนังรังไข่ ส่วนช่วงฤดูฝนหอยตลับมีปริมาณไกลโคเจนสูงจึงส่งผลทำให้หอยตลับในช่วงฤดูฝนมีการนำไกลโครเจนไปใช้ในการพัฒนาเนื้อเยื่อส่งผลทำให้การวางของไข่หอยตลับในช่วงฤดูฝนตามไปด้วย [34-35] สอดคล้องกับการศึกษาวงจรสืบพันธุ์ของหอยตลับ (*Meretrix casla*) ชายฝั่งทะเลแหลมกลัด จังหวัดตราด [5] ปาก

แม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง [6] หอยตลับ บริเวณชายฝั่งทะเลบางเสน [36] และชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย [37] เช่นเดียวกันพบว่าหอยตลับวางไข่สูงที่สุดในช่วงฤดูฝน ซึ่งบ่งบอกได้ว่าหอยตลับสกุล *Meretrix* ในประเทศไทยเพศผู้และเพศเมียจะมีการผสมพันธุ์กันในช่วงฤดูฝน ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 7.12 - 8.48 และค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 8.06 $\pm$ 0.39 และค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 4.25 - 6.78 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 5.22 $\pm$ 0.86 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่มีผลต่อการพัฒนาต่อมเพศหอยตลับแต่จะมีผลต่อการหายใจเข้าออก การทำงานของเอนไซม์ เช่น superoxidase dismutase (SOD), catalase, glutathione peroxidase GPX [38-39] การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของหอยตลับ [40-41]

**กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบคุณมูลนิธิชัยพัฒนาที่สนับสนุนเงินทุนวิจัยและเจ้าหน้าที่ภาคสนามโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

[1] เสถียรพงษ์ ขาวหิต. (2559). *อิทธิพลของน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดต่อลักษณะนิเวศวิทยาสิ่งแวดล้อมเฉพาะทางการเติบโตและวงจรชีวิตของหอยตลับ (Meretrix spp.)*. ปริญญานิพนธ์ ปร.ด. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[2] เสถียรพงษ์ ขาวหิต; และ เกษม จันทร์แก้ว. (2559, มกราคม - มิถุนายน). ลักษณะนิเวศวิทยาสิ่งแวดล้อมเฉพาะของหอยตลับ (*Meretrix casta*, Chemnitz, 1782) บริเวณหาดเลนแหลมผักเบี้ย: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*. 7(1): 124-140.

[3] Sateinpong Khowhit; Wasin Inkapatanakul; Onanong Phewnil; Anukorn Boutson; & Kasem Chunkao. (2014, December). The Coastal Water Quality Change by Effluent Discharging from Phetchaburi Municipal Wastewater Treatment System: The King's Royally Initiated Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province, Thailand. *Environment and Natural Resources Journals.* 12(2): 58-65.

[4] ภัทรา มูลจิตร. (2552). *เทคนิคการย้อมสไลด์เนื้อเยื่อแบบถาวร.* พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม: โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมกำแพงแสน.

[5] สุขใจ รัตนยุวกร; ศิริวรรณ แววสวัสดิ์; บัญชา นิลเกิด; และ คเชนทร เฉลิมวัฒน์. (2552 มกราคม-มิถุนายน). พัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์และวงจรสืบพันธุ์ของหอยตลับขาว *Meretrix casta* Gmelin, 1791 บริเวณหาดแหลมกลัด จังหวัดตราด. *วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติวิทยาศาสตร์.* 41(1): 75-90.

[6] ประเสริฐ ทองหนูนุ้ย; สุวัจน์ ธัญรส; ชาญยุทธ สุดทองคง; อภิรักษ์ สงรักษ์; อำนาจ สร้อยทอง; สิทธิโชค จันทร์ย่อง; รัตนาพร อนันตสุข; ประสาร อินทเจริญ; และ อำนวย คงพรหม. (2553). *สภาวะทรัพยากรหอยตลับและหอยชักตีน และแนวทางการจัดการเพื่อความยั่งยืนในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตรัง.* ตรัง: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

[7] เสถียรพงษ์ ขาวหิต; เกษม จันทร์แก้ว; วศิน อิงคพัฒนากุล; อรอนงค์ ผิวนิล; และ อนุกรณ์ บุตรสันติ์. (2556, มกราคม - มิถุนายน). การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni และ Pb) ในดินตะกอนบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี : โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี. *วารสารพิษวิทยาไทย.* 28(2): 27-36.

[8] เสถียรพงษ์ ขาวหิต; และ เกษม จันทร์แก้ว. (2559, มกราคม - มิถุนายน). การประเมินการปนเปื้อนแบคทีเรียบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี).* 8(15): 78-87.

[9] Yasuo Nakamura; Tadashi Nakano; Tatsuya Yurimoto; Yukio Maeno; Takayoshi Koizumi; & Akio Tamaki. (2010, November). Reproductive Cycle of the Venerid Clam *Meretrix lusoriain* Ariake Sound and Tokyo Bay, Japan. *Fish Science.* 76(6): 931-941.

[10] Maria Lista; Cesar Lodeiros; Antulio Prieto; John Himmelman H., Julian Castaneda; Natividad Gacia; & Caros Velazquez. (2006, December). Relation of Seasonal Changes in the Mass of the Gonad and Somatic Tissues of the Zebra Ark Shell *Arca zebra* to Environmental Factors. *Journal Shellfish Research*. 25(3): 969-973.

[11] Luis Freites; Lerimar Montero; Dwight Arrieche; John MF. Barbaro; Pedro E. Saucedo; Cirlen Cordova; & Natividad Garcia. (2010, March). Influence of Environmental Factors on the Reproductive Cycle of the Eared Ark *Anadara notabilis* (Röding, 1798) in Northeastern Venezuela. *Journal Shellfish Research*. 29(1): 69-75.

[12] Yu S. Khotimchenko. (1991, February). Biogenic Monoamines in Oocytes of Echinoderms and Bivalves Mollusks. A Formation of Intracellular Regulatory Systems in Oogenesis. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 100(3): 671-675.

[13] Yves-Marie Paulet; Annel Donval; *&* Farida Bekhadra. (1993, November). Monoamines and Reproduction in *Pecten maximus*, a Preliminary Approach. *Invertebrate Reproduction and Development.* 23(2-3): 89-94.

[14] Gloria Martinez; & Alberto Rivera. (1994, December). Role of Monoamines in the Reproductive Process of *Argiopesten purpuratus*. *Invertebrate Reproduction and Development.* 25(2): 167-174.

[15] Reis-Henriques M.A.; *&* Joao Coimbra. (1990, January). Variation in the Level of Progesterone in *Mytilus edulis* During the Annual Reproduction Cycle. *Comparative Biochemistry and Physiology.* 95(3): 343-348.

[16] Ahmed Siah; Jocelyne Pellerin; Ben Osman A.; Jean-Pierre Gagne *&* Jean-Claude Amiard. (2002, Jun). Seasonal Gonad Progesterone Pattern in the Softshell Clam *Mya arenaria*. *Comparative Biochemistry and Physiology.* 132(2): 499-511.

[17] Maria Armanda; Reis Henriques; & Ana Maria Coimbra. (1990, March). Variations in the Levels of Progesterone in *Mytilus edulis* During the Annual Reproductive Cycle. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A.* 95(3): 343-348.

[18] Gauthier-Clerc S; Jocelyne Pellerin; & Jean-Claude Amiard. (2006, January). Estradiol-17β and Testosterone Concentrations in Male and Female *Mya arenaria* (Mollusca bivalvia) During the Reproductive Cycle. *General and Comparative Endocrinology.* 145(2): 133-139.

[19] Makoto Fukushima; Ikumi Funabiki; Tsutomu Hashizume; Kyoichi Osada; Wataru Yoshida; & Sachiko Ishida. (2008, July). Detection and Changes in Levels of Testosterone During Spermatogenesis in the Freshwater Planarian *Bdellocephala brunnea*. *Zoological Science.* 25(7): 760-765.

[20] Wenguang Liu; Qi Li; & Lingfeng Kong. (2008, November). Estradiol-17β and Testosterone Levels in the Cockle *Fulvia mutica* During the Annual Reproductive Cycle. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 42(4): 417-424.

[21] Wei Zhu; Kirk Mantione; Dolisha Jones; Elliott Salamon; John J. Cho; Patrick Cadet; & George B. Stefano. (2003, July). The Presence of 17β- estradiol in *Mytilus edulis* Gonadal Tissues: Evidence for 17β - estradiol is Forms. *Neuro Endocrinol Lett*. 24(3/4): 137-140.

[22] Hongwei Yan; Qi Li; Wenguang Liu; Qiaozhen Ke; Ruihai Yu; & Lingfeng Kong. (2011, February). Seasonal Changes of Oestradiol-17β and Testosterone Concentrations in the Gonad of the Razor Clam *Sinonovacula constricta* (Lamarck, 1818). *Journal of Molluscan Studies*. 77(2): 116-122.

[23] Qi Li; Lin Yang; Qiaozhen Ke; & Lingfeng Kong. (2011, April). Gametogenic Cycle and Biochemical Composition of the Clam *Mactra chinensis* (Mollusca: Bivalvia): Implications for Aquaculture and Wild Stock Management. *Marine Biology Research.* 7(4): 407-415.

[24] Silvia Santos; Joana F.M.F. Cardoso; Celia Carvalho; Pieternella C. Luttikhuizen; & Henk W. van der Veer. (2011, March). Seasonal Variability in Somatic and Reproductive Investment of the Bivalve *Scrobicularia plana* (da Costa, 1778) Along a Latitudinal Gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 92(1): 19-26.

[25] Bentina J. Lomovasky; Gabriea Malanga; & Jorge Calvo. (2004, January). Seasonal Changes in Biochemical Composition of the Clam *Eurhomalea exalbida* (Bivalvia, Veneridae) from Ushuaia Bay (54°50′S), Beagle Channel (Argentina). *Journal Shellfish Research*. 23: 81-87.

[26] Gianluca Sara; Chiara Romano; & John Widdows. (2008, August). Effect of Salinity andTemperature on Feeding Physiology and Scope for Growth of an Invasive Spices (*Brachidontes pharaonis*-MULLUSCA: BIVALVIA) with the Mediterranean Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 363(1-2): 130-136.

[27] เสถียรพงษ์ ขาวหิต; เกษม จันทร์แก้ว; วศิน อิงคพัฒนากุล; อรอนงค์ ผิวนิล; และ อนุกรณ์ บุตรสันต์. (2558, มกราคม - มีนาคม). องค์ประกอบชนิดแพลงก์ตอนพืชในท่อทางเดินอาหารหอยตลับ (*Meretrix casta*) บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.* 23(1): 73-85.

[28] เสถียรพงษ์ ขาวหิต; เกษม จันทร์แก้ว; วศิน อิงคพัฒนากุล; อรอนงค์ ผิวนิล; และ อนุกรณ์ บุตรสันต์. (2558, เมษายน - มิถุนายน). ความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.* 38(2): 167-179.

[29] Simon Brockington; & Andrew Clarke. (2001, March). The Relative Influence of Temperature and Food on the Metabolism of a Marine Invertebrate. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 258(1): 87-99.

[30] เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. (2558). *สรีรวิทยาและนิเวศวิทยาของแพลงก์ตอนพืชทะเล.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[31] Sahar Karray ; Wafa Smaoui-Damak; Tarek Rebai; & Amel Hamza-Chaffai. (2015, March). The Reproductive Cycle, Condition Index, and Glycogen Reserves of the Cockles *Cerastoderma glaucum* from the Gulf of Gabes (Tunisia). *Environmental Science and Pollution Research*. 22(22): 17317-17329.

[32] Alejandro Perez-Camacho; Marina Delgado; Maria Jose Fernandez-Reiriz; & Uxio Labarta. (2003, August) Energy Balance, Gonad Development and Biochemical Composition in the Clam *Ruditapes decussates*. *Marine Ecology Progress Series*. 258: 133-145.

[33] Rybalkina S.M.; Mariya Andreevna Maiorova; Alim P. Anisimov; & Dmitriy Nikolaevich Kravchenko. (2013, August). The Gametogenesis and Sexual Cycle of the Bivalve *Corbicula japonica* Prime (1864) in the Mouth of the Kievka. *Russian Journal of Marine Biology.* 39(4): 253-264.

[34] Michel Mathieu; & Pierre Lubet. (1993, December). Storage Tissue Metabolism and Reproduction in Marine Bovales-A Brief Review. *Invertebrate Reproduction & Development*. 23(2-3): 123-129.

[35] Christopher D Moyes; Thomas W. Moon; & James S. Ballantyne. (1985, December). Glutamate Catabolism in Mitochondria from *Mya arenaria* Mantle: Effects of pH on the Role of Glutamate Dehydrogenase. *Journal of Experimental Zoology*. 236(3): 293-301.

[36] วรรณภา กสิฟกษ์ (2543). *พัฒนาการเซลล์เพศและวงศ์สืบพันธุ์ของหอยตลับ Meretrix meretrix (Linnaeus, 1758) จากบริเวณหาดบางเสน จังหวัดชลบุรี*. ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (วาริชศาสตร์). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.

[37] เสถียรพงษ์ ขาวหิต; เกษม จันทร์แก้ว; วศิน อิงคพัฒนากุล; อรอนงค์ ผิวนิล; และ อนุกรณ์ บุตรสันต์. (2558, มกราคม-มีนาคม). วงจรสืบพันธุ์ของหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย : โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดาริ จังหวัดเพชรบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีธรรมศาสตร์.* 23(1): 59-72.

[38] Benjamin Marie; Bertrand Genard; Jean-FraÇois Rees; & Franck Za. (2006, May). Effect of Ambient Oxygen Concentration on Activities of Enzymatic Antioxidant Defences and Aerobic Metabolism in the Hydrothermal Vent Worm, *Paralvinella grasslei*. *Marine Biology*. 150(2): 273-284.

[39] Gianfranco Santovito; Ester Piccinni; Arnaldo Cassini; Paola Irato; & Vincenzo Albergoni. (2005, March-April). Antioxidant Responses of the Mediterranean Mussel, *Mytilus galloprovincialis*, to Environmental Variability of Dissolved Oxygen. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*. 140(3-4): 321-329.

[40] Basile Michaelidis; Daniel Haas; & Manfred K Grieshaber. (2005, May-Jun). Extracellular and Intracellular Acid-basestatus with Regard to the Energy Metabolism in the Oyster *Crassostrea gigas* During Exposure to Air. *Physiological and Biochemical Zoology.* 78(3): 373-383.

[41] Maryes Delaporte; Philippe Soudant; Jeanne Moal; Emilie Giudicelli; Christophe Lambert; & Catherine Seguineau. (2006, June). Impact of 20:4n-6 Supplementation on the Fatty Acid Composition and Hemocyte Parameters of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas*. *Lipids.* 41: 567-576.