ผลของความเค็มและความเข้มข้นออกซิเจนต่อระบบภูมิคุ้มกันและการติดเชื้อในปูแสม *Neoepisesarma mederi* (H.Milne Edwards,1853) โตเต็มวัย

นางสาว ปิยพรรณ เหมนุกูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF SALINITY AND OXYGEN CONCENTRATION ON THE IMMUNE SYSTEM AND INFECTION IN MATURED GRAPSID CRAB *Neoepisesarma mederi* (H.Milne Edwards,1853)

Miss Piyaphan Hemnukul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Marine Science
Department of Marine Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2010

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของความเค็มและความเข้มข้นออกซิเจนต่อระบบภูมิคุ้มกันและการติดเชื้อในปูแสม *Neopisesarma mederi* (H.Milne Edwards,1853) โตเต็มวัย
โดย	นางสาวปิยพรรณ เหมนุกูล
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีณา เคยพุดซา

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นิติธรรมยง)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์)

…… อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีณา เคยพุดซา)

…… กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ สัตยาลัย)

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์)

ปิยพรรณ เหมนุกูล : ผลของความเค็มและความเข้มข้นออกซิเจนต่อระบบภูมิคุ้มกันและการติดเชื้อในปูแสม *Neoepisesarma mederi* (H. Milne Edwards,1853) โตเต็มวัย. (EFFECTS OF SALINITY AND OXYGEN CONCENTRATION ON THE IMMUNE SYSTEM AND INFECTION IN MATURED GRAPSID CRAB *Neoepisesarma mederi* (H. Milne Edwards,1853) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ผศ.ดร.วีณา เคยพุดซา, 156 หน้า.

การศึกษาผลของความเค็มและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่อระบบภูมิคุ้มกันของปูแสมและการติดเชื้อในปูแสม *Neoepisesarma mederi* ที่โตเต็มวัยในบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม และบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชซึ่งบริเวณที่ศึกษาทั้งสองบริเวณมีการผันแปรของความเค็มและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่างกัน ทำการศึกษาระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ.2551 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2552 ดัชนีที่ใช้บ่งชี้การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันและการติดเชื้อในปูแสมได้แก่ค่าทางโลหิตวิทยาของปู คือ ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมและสัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือด ภาวะการติดเชื้อแบคทีเรียในเหงือก ตับ และเลือดปูแสมเป็นดัชนีอีกประการหนึ่งที่บอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน

ผลการศึกษาพบว่าปูแสมบริเวณอ่าวปากพนังสามารถทนต่อระดับความเค็มสูงได้ดีกว่าปูแสมบริเวณบ้านคลองโคน โดยมีระดับความเค็มที่เหมาะสมคือ 25-30 psu ในขณะที่ความเค็มที่เหมาะสมของปูแสมบริเวณบ้านคลองโคนเท่ากับ 20-25 psu การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาในปูแสมธรรมชาติบ้านคลองโคน พบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยที่เลือดใช้ในการแข็งตัวของปูแสมเพศเมีย เท่ากับ 8.64±1.59 วินาที และเพศผู้เท่ากับ 7.64±1.10 วินาที เซลล์เม็ดเลือดที่เป็นกลุ่มเด่น คือ hyaline cell เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 75 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ส่วนเพศผู้พบในสัดส่วนร้อยละ 84 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด โดยปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมในเพศเมีย $5.79\times10^{5} \pm 3.01\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เพศผู้ $8.58\times10^{5} \pm 5.57\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ส่วนปูแสมในธรรมชาติอ่าวปากพนังใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ยในเพศเมียเท่ากับ 9.36±1.69 วินาที เพศผู้เท่ากับ 10.10±1.55 วินาที ซึ่งช้ากว่าปูแสมในธรรมชาติบ้านคลองโคน โดยมีเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น คือ hyaline cell ในเพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 63 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ซึ่งแตกต่างจากปูแสมเพศผู้ที่พบมีเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น คือ small granular cell พบในสัดส่วนร้อยละ 58 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด โดยปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมในเพศเมีย $6.88\times10^{5} \pm 6.04\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เพศผู้ $1.43\times10^{6} \pm 9.02\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

การตอบสนองของปูแสมทั้งสองบริเวณต่อระดับความเค็มที่ไม่เหมาะสมคือ ที่ระดับความเค็มต่ำ 0 psu และระดับความเค็มสูง 40 psu นั้นมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน คือ ระยะเวลาเฉลี่ยที่เลือดใช้ในการแข็งตัวนานกว่าและปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงเมื่อเทียบกับค่าที่พบในปูแสมในธรรมชาติ ปูแสมยังแสดงการตอบสนองด้วยการผันแปรสัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือด ซึ่งในการศึกษาผลของความเค็มและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่อระบบภูมิคุ้มกันและการติดเชื้อในระยะยาวแสดงให้เห็นว่าปูแสมมีระบบภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพ สามารถปรับให้มีค่าทางโลหิตวิทยาใกล้เคียงกับค่าที่พบในปูแสมในธรรมชาติได้ ตลอดการทดลองไม่พบการตายของปูแสมเนื่องจากการติดเชื้อแบคทีเรียเลย อย่างไรก็ตามผลการศึกษาลักษณะเนื้อเยื่อของเหงือกและตับในปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ไม่เหมาะสมในระยะยาวพบ เหงือกและตับมีการเสียสภาพการทำงาน เหงือกมีการพับซ้อนกัน (lamellae distortion) ส่วนในเนื้อเยื่อตับที่ระดับความเค็มสูงมีการสูญเสียสภาพการทำงานอย่างรุนแรงกว่าที่ระดับความเค็มต่ำ พบ basement membrane หลุดออกจากเยื่อบุผิว hepatopancreatic tubules นอกจากนี้การเรียงตัวของ columnar cell ไม่มีขอบเขตที่ชัดเจนและมีการสลายตัวของเซลล์บางส่วน

ปูแสมทั้งสองบริเวณสามารถอาศัยอยู่ได้ในบริเวณที่มีระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำหรือไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำได้ โดยที่มีการตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติ แต่ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับปูแสมในธรรมชาติ เซลล์เม็ดเลือดในปูแสมบ้านคลองโคนที่ทำหน้าที่เด่นในการตอบสนองต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ไม่เหมาะสมได้แก่เซลล์เม็ดเลือด large granular cell ในขณะที่ในปูแสมอ่าวปากพนังเป็นเซลล์เม็ดเลือด small granular เหมือนในการตอบสนองต่อความเค็มที่ไม่เหมาะสม ระบบภูมิคุ้มกันของปูแสมทั้งสองบริเวณยังทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่พบว่าปูแสมติดเชื้อแบคทีเรียในเลือด

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพในปูแสม พบว่าเหงือกเป็นอวัยวะแรกที่ทำหน้าที่กำจัดแบคทีเรียที่เข้าสู่ตัวปูแสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ รองลงมาคือตับ จากการศึกษาครั้งนี้ไม่พบว่าปูแสมมีการตายเนื่องจากการติดเชื้อในเลือด เซลล์เม็ดเลือดทำหน้าที่สำคัญในระบบภูมิคุ้มกัน โดยเซลล์เม็ดเลือดชนิด hyaline cell ทำงานร่วมกับเซลล์เม็ดเลือดชนิด small granuler cell และ large granular cellในการแข็งตัวของเลือดเพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย และไม่ให้สูญเสียเลือดออกจากตัวปู โดยเซลล์เม็ดเลือดที่มีแกรนูลทำหน้าที่สำคัญในการกำจัดแบคทีเรียออกจากร่างกายปูแสม

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5072360123 : MAJOR MARINE SCIENCE

KEYWORD : GRAPSID CRAB / IMMUNE SYSTEM / HEMOLYMPH / BACTERIAL INFECTION

PIYAPHAN HEMNUKUL : EFFECTS OF SALINITY AND OXYGEN CONCENTRATION ON THE IMMUNE SYSTEM AND INFECTION IN MATURED GRAPSID CRAB *Neoepisesarma mederi* (H. Milne Edwards,1853). THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. NITTHARATANA PAPHAVASIT, THESIS CO-ADVISOR : ASST.PROF. WEENA KOEYPUDSA, Ph.D., 156 pp.

Effects of salinity and oxygen concentration on the immune system and infection in matured grapsid crab *Neoepisesarma mederi* was investigated in two crab populations of different environmental variability in Ban Klong Kone mangrove forest, Samut Songkhram Province and Pak Phanang mangrove forest, Nakhon Si Thammarat Province. The study was carried out for one year from October, 2008 to October, 2009. Changes in hemolymph in particular hemolymph, clotting time, total hemocytes counts and differential hemocytes counts were used as the indicators of effective immune system in grapsid crabs. Bacterial infections in gill, hepatopancreas and blood of these crabs were also used as the indicators.

The study revealed that adult grapsid crabs from Pak Phanang mangrove forest were more tolerant to high salinity with the optimal salinity range of 25-30 psu as compared to those from Ban Klong Kone mangrove forest of 20-25 psu. Changes in hemolymph in grapsid crabs in optimal salinity conditions were comparable to those in natural condition. Average hemolymph clotting time in the natural conditions for female crabs in Ban Klong Kone mangrove forest was 8.64±1.59 sec. and 7.64±1.10 sec for males. The differential hemocyte counts in grapsid crabs from Ban Klong Kone showed that hyaline hemocytes were dominant contributing of 75% of the total hemocytes in females and of 84% in males. Total hemocyte counts were also comparable to these in natural condition with $5.79\times10^5 \pm 3.01\times10^5$ cell/ml. for females and $8.58\times10^5 \pm 5.57\times10^5$ cell/ml. for males. The grapsid crabs from Pak Phanang showed the slow clotting time as compared to the Ban Klong Kone crabs with 9.36±1.69 sec. and 10.10±1.55 sec. for females and males respectively. Hyaline hemocytes more dominant in female crabs of 63% of the total hemocytes. In contrast, small granular hemocytes were dominant in males accounted for 58% of the total hemocytes.The total hemocyte counts for females was $6.88\times10^5 \pm 6.04\times10^5$ cell/ml. and $1.43\times10^6 \pm 9.02\times10^5$ cell/ml. for males in the natural condition.

The responses to stress salinities of low salinity (0 psu) and high salinity (40 psu) in grapsid crabs from both sites showed the similar patterns with longer hemolymph clotting times and lower total hemocyte counts when compared to these in the natural conditions. Fluctuations in differential counts were observed. The chronic of long term experiments exposing grapsid crabs to stress levels of salinity and oxygen concentration indicated the effective immune system in these crabs. Changes in hemolymph in these crabs were regulated to values found for crabs in natural condition. These crabs were in healthy conditions with no sign of bacterial infections. However the histological changes in the gill and hepatopancreas tissue were observed in the chronic experiments. Gill tissues showed the lamellae distortion which affected the functioning of gills. Basement membrane detachment from the muscular layer in the hepatopancreatic tubules as well as the distortion in the alignment of columnar cells were detected in the hepatopancreatic tissues in the high salinity. These conditions were more severe in the high salinity.

These adult grapsid crabs from both sites showed high tolerance to the hypoxia and anoxic conditions with the hamolymph clotting times comparable to those in natural conditions. Low total hemocyte counts were observed. Large granular hemocytes in Ban Klong Kone grapsid crabs, played the dominant roles in responding in the hypoxic and anoxic condition. While the small granular hemocytes in the Pak Phanang grapsid crabs played the dominant role in responding to stress levels of salinity and oxygen contration. These crabs showed no sign of bacterial infection indicating the effective immune systems.

The effective immune system with the gills, playing the active role, allowed these grapsid crabs to adapt and survive in the stress levels of salinity and oxygen concentration. The grapsid crabs in the experiments were healthy with no sign of bacterial infection. Hyaline hemocytes as well as small and large granular hemocytes played the active roles in coagulation of the hemolymph preventing the leakage of hemolymph at the site of injury and the dissimination of foreign particles and bacteria throughout the body. Granulocytes were active in the phagocytosis and encapsulation of bacteria.

Department : Marine Science Student's Signature .....

Field of Study : Marine Science Advisor's Signature .....

Academic Year : 2010 Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีโดยความเมตตากรุณาของ รองศาสตราจารย์ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีณา เคยพุดซา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำด้านวิชาการ แนวทางการวิจัย เอกสารและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งการจัดหาแหล่งเงินทุนสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้ อีกทั้งให้กำลังใจและเป็นแบบอย่างในการทำงานเสมอมา ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จเป็นอย่างดี จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ สัตยาลัย ที่กรุณาให้วิชาความรู้ในเรื่องการศึกษาโลหิตวิทยาและเนื้อเยื่อวิทยาของปูแสม ตลอดจนที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบและให้แนวคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์นายสัตวแพทย์ ดร.จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์ ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบและให้คำปรึกษาแนวทางและเอกสารที่เป็นประโยชน์เรื่องระบบภูมิคุ้มกันโรคในสัตว์กลุ่มครัสเตเชียน ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นิติธรรมยงประธานกรรมการสอบที่ช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อิชฌิกา ศิวายพราหมณ์ คุณเอกพล อ่วมนุช และอาจารย์วิชญา กันบัว ตลอดจนคุณดวงแก้ว นุตเจริญ คุณจิราวรรณ ใจเพิ่ม คุณพัฒนวรรณ หมู่คุ่ย คุณนภัส มหาสวัสดิ์และพี่ๆ น้องๆทุกคนในหน่วยปฏิบัติการนิเวศวิทยาทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างระหว่างทำการวิจัย ข้อแนะนำและเอกสารต่างๆ ที่มีประโยชน์ในการวิจัย ตลอดจนการจัดทำวิทยานิพนธ์และกำลังใจที่ให้เสมอมา สิ่งสำคัญคือความห่วงใยและกำลังใจที่มีให้ข้าพเจ้าตลอดเวลาที่ใช้ชีวิตอยู่ในรั้วจามจุรี

ขอขอบพระคุณคุณอัจฉริยา ไชยรัตน์ ผู้ล่วงลับไปแล้ว ที่คอยช่วยเหลือและสอนในการจัดทำตัวอย่างในการศึกษาเนื้อเยื่อปูแสม ขอขอบพระคุณคุณมาลินี จงเจริญใจและพี่ในศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยให้ความรู้และช่วยเหลือในการศึกษาภาวะการติดเชื้อในปูแสมขอขอบพระคุณ คุณกฤษฎา คทาวุธพูนพันธ์ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างและศึกษาเนื้อเยื่อปูแสม ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดเวลา 1 ปีที่ทำการทดลองเลี้ยงปูแสม

การศึกษาครั้งนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจากสำนักงานวิจัยคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ภายใต้โครงการ “ผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการทดแทนประชากรปูแสม *Neoepisesarma mederi* ที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลน” และเงินทุนสนับสนุนบางส่วนจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในโครงการทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ (5053010003) ตามหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลของความเค็มและความเข้มข้นออกซิเจนต่อระบบภูมิคุ้มกันและการติดเชื้อในปูแสม *Neoepisesarma mederi* (H.Milne Edwards,1853)

สุดท้ายข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่และครอบครัวที่คอยให้ความรัก ความห่วงใยและกำลังใจให้ต่อสู้ฟันฝ่าอุปสรรคต่างๆ รวมถึงการส่งเสียให้ได้รับการศึกษาที่เป็นประโยชน์แก่ชีวิต ตลอดจนครูบาอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนให้ลูกศิษย์มีความรู้ทางด้านวิชาการ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญรูป..... ฏ

บทที่

1.บทนำ..... 1

แนวเหตุผลและทฤษฎีสำคัญ..... 1

วัตถุประสงค์..... 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

ขอบเขตการศึกษา..... 3

การสำรวจเอกสาร..... 3

ชีววิทยาของปูแสม..... 3

ขอบเขตการกระจายของปูแสม *N. mederi* ในป่าชายเลน..... 4

การปรับตัวของปูแสมให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในป่าชายเลน..... 5

การปรับตัวด้านการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่มีผลต่อระบบควบคุมเกลือแร่และน้ำภายในร่างกายปูแสม..... 8

การปรับตัวด้านการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีผลต่อระบบการหายใจของปูแสม..... 9

ระบบภูมิคุ้มกันในปูแสม..... 11

ภาวะการติดเชื้อในปูแสม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ.. 17

2.อุปกรณ์และวิธีดำเนินการศึกษา..... 20

บริเวณที่ทำการศึกษา..... 20

วิธีการศึกษา..... 22

3.ผลการศึกษา..... 29

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณที่ทำการศึกษา..... 29

การเจริญพันธุ์ในประชากรปูแสม *Neoepisesarma mederi*..... 30

ระดับความเค็มและระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสม..... 38

ลักษณะเซลล์เม็ดเลือดในปูแสม..... 40

ค่าปกติทางโลหิตวิทยาของปูแสมในธรรมชาติ..... 41

บทที่ หน้า
การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม..... 47
การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ..... 55
การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง..... 63
การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม..... 71
การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ..... 79
การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ..... 87
ปริมาณแบคทีเรียที่พบในบริเวณที่ทำการศึกษา..... 95
ภาวะการติดเชื้อในปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม..... 97
ภาวะการติดเชื้อในปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช..... 98
ภาวะติดเชื้อของปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม..... 99
ภาวะติดเชื้อของปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ..... 102
ภาวะติดเชื้อของปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง..... 104
ภาวะติดเชื้อของปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม..... 107
ภาวะติดเชื้อของปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ..... 109
ภาวะติดเชื้อของปูแสมที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ..... 112
การศึกษาทางลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาในปูแสม ที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มในระยะยาว..... 114
ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาเหงือกของปูแสม..... 114
ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของเหงือกปูแสม ในระดับความเค็มที่เหมาะสม..... 116
ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของเหงือกปูแสม ในระดับความเค็มต่ำ..... 118
ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของเหงือกปูแสม ในระดับความเค็มสูง..... 120
ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาตับของปูแสม..... 121
ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของตับปูแสม ในระดับความเค็มที่เหมาะสม..... 123
ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของตับปูแสม ในระดับความเค็มต่ำ..... 124
ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของตับปูแสม ในระดับความเค็มสูง..... 125
4.วิจารณ์ผลการศึกษา..... 127
การเจริญพันธุ์ในประชากรปูแสม *Neoepisesarma mederi*..... 127
ระดับความเค็มที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสม..... 128
ผลของความเค็มต่อระบบภูมิคุ้มกันและภาวะติดเชื้อในปูแสม..... 129
ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสม..... 132
ผลของระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่อระบบภูมิคุ้มกันและภาวะติดเชื้อในปูแสม..... 133

บทที่ หน้า
การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในปูแสม..... 135
ประสิทธิภาพของเลือดต่อการทำงานในระบบภูมิคุ้มกันของปูแสม..... 137
ประสิทธิภาพของเหงือกต่อการทำงานในระบบภูมิคุ้มกันของปูแสม…..... 138
ประสิทธิภาพของตับ-ตับอ่อนต่อการทำงานในระบบภูมิคุ้มกันของปูแสม..... 139
5.สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ..... 140
การเจริญพันธุ์ในประชากรปูแสม *Neoepisesarma mederi*……..... 140
ระดับความเค็มที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม..... 140
ระดับความเค็มที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช..... 141
ระดับความเค็มที่ทำให้ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามเกิดภาวะเครียด..... 141
ระดับความเค็มที่ทำให้ปูแสมบริเวณป่าชายเลนป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชเกิดภาวะเครียด……..... 142
ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม..... 143
ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช..... 143
ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ไม่เหมาะสมในปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม..... 144
ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ไม่เหมาะสมในปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช..... 145
การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของปูแสม..... 145
แนวทางการจัดการทรัพยากรปูแสม..... 146
ข้อเสนอแนะ 146
รายการอ้างอิง..... 147
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 156

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การจัดสรรพลังงาน (แคลอรี/ตัว/วัน) ในปู *Chionoecetes bairdi* เพศเมีย.....	7
2	หน้าที่ของเซลล์เม็ดเลือดแต่ละชนิดในปูและกุ้ง.....	15
3	ปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม.....	29
4	ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช.....	30
5	เปรียบเทียบขนาดไข่และความดกไข่ของประชากรปูแสม *N. mederi* เพศเมียบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามและป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช.....	37
6	ค่าปกติทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม.....	42
7	สัดส่วนของปูแสม *N. mederi* เพศเมียในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ที่มีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวคิดเป็นร้อยละโดยมีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ระดับต่างกัน.....	42
8	สัดส่วนของปูแสม *N. mederi* เพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ที่มีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวคิดเป็นร้อยละโดยมีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ระดับต่างกัน.....	43
9	ค่าปกติทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช.....	44
10	สัดส่วนของปูแสม *N. mederi* เพศเมียในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ที่มีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวคิดเป็นร้อยละโดยมีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ระดับต่างกัน.....	45
11	สัดส่วนของปูแสม *N. mederi* เพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ที่มีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวคิดเป็นร้อยละโดยมีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ระดับต่างกัน.....	46
12	เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน.....	48
13	เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง.....	51
14	เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่ำบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน.....	56
15	เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่ำบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง.....	59
16	เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N.mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่สูงบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน.....	64
17	เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่สูงบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง.....	67

ตารางที่ หน้า

18 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน..... 72
19 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง..... 75
20 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน..... 80
21 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง..... 83
22 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน..... 88
23 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง..... 91

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ปูแสมสกุล *Neoepisesarma mederi* ……..	4
2	ขอบเขตความทนทานและการตอบสนองของสัตว์ทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม ….....	6
3	การแบ่งสรรพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีพของปูแสม.....	7
4	ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกของปูแสม *N. mederi* ในภาวะปกติเมื่อตัด section ตามยาวของเหงือกทางส่วนปลาย …….……..……..	9
5	Scaphognathite และส่วนของช่องเปิด Milne-Edward opening บริเวณโคนขาเดินของปู.....	10
6	ชั้นของ gill lamella ที่มีความหนาในชั้นเหงือกคู่ที่ 5 ของปูบก *Ucides cordatus* …….	11
7	การจำแนกเซลล์เม็ดเลือดของกุ้งก้ามกราม โดยอาศัยรูปร่างของเซลล์เม็ดเลือด ……....	12
8	การติดเชื้อโรคจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกายของปูแสม *N. mederi* ……..…….	13
9	การทำงานของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ในระบบภูมิคุ้มกันของปูแสม *N. mederi* ……..……	16
10	เนื้อเยื่อในส่วนของ gill lamella บวมเกิดเป็นก้อนโนดูลในบริเวณเหงือกของปู *Callinectes sapidus* ……..……..……..	19
11	ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม.....	21
12	ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช…….....	22
13	การวัดขนาดความกว้างกระดองและการชั่งน้ำหนักปูแสม……..….	23
14	กล่องโฟมที่ใช้ในการขนส่งปูแสมและบ่อซีเมนต์ที่พักปูแสมเพื่อปรับสภาพก่อนนำมาทำการทดลองที่สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี……..……..……..	24
15	ลักษณะระบบเลี้ยงปูแสมในการทดลองที่สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี…….	24
16	วิธีการเก็บตัวอย่างเลือดปูแสมและตัวอย่างเลือด……..……..…….	26
17	อาหารเพาะเชื้อทั้งสามชนิด คือ Trytic Soy Agar (TSA), Thiosulfate Citrate Bile salt Sucrose (TCBS) และ McConky Agar……..……..	27
18	ขนาดความกว้างกระดองของปูแสม *N. mederi* เพศเมียบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ในเดือนตุลาคม พ.ศ.2552……..….	31
19	ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (GSI) ของปูแสม *N. mederi* เพศเมียบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามในเดือนตุลาคม พ.ศ.2552……..……..……	31
20	ค่าดัชนีสมบูรณ์เพศ (GSI) ของปูแสม *N. mederi* เพศเมียในแต่ละระยะของการพัฒนารังไข่ของปู แต่ละขนาดความกว้างกระดองในช่วงฤดูการวางไข่ (ตุลาคม พ.ศ.2552) บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม……..……....	32
21	ระยะที่มีการเจริญของเอ็มบริโอของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม.....	32

รูปที่		หน้า
22	ขนาดความกว้างกระดองของปูแสม *N. mederi* เพศผู้บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552…….…...	33
23	อัณฑะของปูแสม *N. mederi* เพศผู้ บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม……	33
24	ขนาดความกว้างกระดองของปูแสม *N. mederi* เพศเมียบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในเดือนกันยายน พ.ศ.2552…….….	34
25	ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (GSI) ของปูแสม *N. mederi* เพศเมียบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2552 ……..	35
26	ค่าดัชนีสมบูรณ์เพศ (GSI) ของปูแสม *N. mederi* เพศเมียในแต่ละระยะของการพัฒนารังไข่ของปู แต่ละขนาดความกว้างกระดองในช่วงฤดูการวางไข่ (กันยายน พ.ศ.2552) บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช…….….	35
27	ระยะที่มีการเจริญของเอ็มบริโอของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช.....	36
28	ขนาดความกว้างกระดองของปูแสมเพศผู้ *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2552…….……..……..……..	36
29	อัณฑะของปูแสม *N. mederi* เพศผู้ บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช…...	37
30	อัตราการตายของปูแสม *N. mederi* จากป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ …….……..……..	38
31	อัตราการตายของปูแสม *N. mederi* จากป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ …….……..……..	39
32	อัตราการตายของปูแสม *N. mederi* จากป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่างๆ ……..……..…….....	40
33	เซลล์เม็ดเลือดในปูแสม *N. mederi* ……..…….	41
34	ค่าปกติทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* เพศเมียในป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม...	42
35	ค่าปกติทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* เพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม.....	43
36	ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม……	44
37	ค่าปกติทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* เพศเมียในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช..	45
38	ค่าปกติทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* เพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช...	46

รูปที่

39 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช……. 47
40 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 20-25 psu (ระยะสั้น)…….. 49
41 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 20-25 psu (ระยะยาว)……..…….. 50
42 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 20-25 psu ……..….. 51
43 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 25-30 psu (ระยะสั้น)……..…… 53
44 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 25-30 psu (ระยะยาว)…….. 54
45 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 25-30 psu …….. 55
46 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0 psu (ระยะสั้น)……..…… 57
47 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0 psu (ระยะยาว)……..…….. 58
48 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0 psu ……..…….. 59
49 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0 psu (ระยะสั้น)……..…….. 61
50 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0 psu (ระยะยาว)……..…….. 62

รูปที่		หน้า
51	ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0 psu …….……..	63
52	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 30-40 psu (ระยะสั้น)……..…	65
53	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 30-40 psu (ระยะยาว)……..……..	66
54	ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 30-40 psu …….....	67
55	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 40 psu (ระยะสั้น)……	69
56	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 40 psu (ระยะยาว)……..……...	70
57	ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 40 psu ……..……..	71
58	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม (ระยะสั้น)……..……	73
59	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม (ระยะยาว)……..……..	74
60	ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม ……..……....	75
61	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม (ระยะสั้น)……..……	77
62	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม (ระยะยาว)……..……..	78

รูปที่		หน้า
63	ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม	79
64	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (ระยะสั้น).....	81
65	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ(ระยะยาว).....	82
66	ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ	83
67	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (ระยะสั้น).....	85
68	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (ระยะยาว).....	86
69	ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ	87
70	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (ระยะสั้น).....	89
71	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ(ระยะยาว).....	90
72	ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ	91
73	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (ระยะสั้น)	93
74	ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (ระยะยาว).....	94

รูปที่		หน้า
75	ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ	95
76	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในบริเวณที่ทำการศึกษา บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม และบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช	97
77	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม	97
78	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม	98
79	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช	98
80	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช	99
81	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม	100
82	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม	100
83	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม	101
84	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม	101
85	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่ำ	102
86	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่ำ	103
87	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่ำ	104
88	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่ำ	104
89	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่สูง	105
90	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่สูง	105

รูปที่		หน้า
91	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่สูง……	106
92	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่สูง……	106
93	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม……	107
94	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม……	108
95	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม……..	108
96	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม…...	109
97	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำ……	110
98	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำ……	110
99	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำ……	111
100	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำ……..	111
101	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ……	112
102	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ……	113
103	ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ……	113
104	สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ……..	114
105	เหงือกแบบ phyllobranchiate ของปูแสม *N. mederi*……	115
106	ลักษณะแผ่นเหงือก gill lamella ของปูแสม *N. mederi*……...	115
107	ลักษณะของ pillar cell ที่ค้ำจุนให้ช่องเลือดของเหงือกปูแสม *N. mederi* สามารถคงสภาพอยู่ได้……..	116

รูปที่		หน้า
108	ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ในสภาพปกติ เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือกที่กำลังขยาย 200X.....	116
109	ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ในสภาพปกติ เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือก ที่กำลังขยาย 400X	117
110	ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือก ที่กำลังขยาย 400X.....	117
111	ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือก ที่กำลังขยาย 400X.....	118
112	ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือก ที่กำลังขยาย 200X.....	119
113	ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือก ที่กำลังขยาย 1000X แสดงเซลล์เม็ดเลือดที่มีลักษณะบวมโตกว่าปกติ.....	119
114	ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็มสูง เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือกที่กำลังขยาย 100X แสดงลักษณะผิดปกติของ gill lamella ที่มีลักษณะไม่เรียบ (zigzag)	120
115	ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็มสูงเมื่อตัด section ตามยาวของเหงือก ที่กำลังขยาย 100X แสดง pillar cell ถูกทำลายทำให้ไม่สามารถค้ำจุนโครงสร้างของ gill lamellar ได้.....	121
116	ลักษณะของตับ-ตับอ่อนปูแสม *N. mederi* เมื่อผ่าตัดยกมาจากช่องลำตัว	122
117	การจัดเรียงตัวของ hepatopancreatic cells ชนิดต่างๆใน hepatopancreatic tubule.....	123
118	ลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยาของตับ-ตับอ่อนปูแสม *N. mederi* ตัดตามขวางของ hepatopancreatic tubules ที่กำลังขยาย 400X.....	124
119	ลักษณะเนื้อเยื่อของตับ-ตับอ่อนปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็มต่ำ ที่กำลังขยาย 200X.....	125
120	ลักษณะทางเนื้อเยื่อของตับ-ตับอ่อนปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็มสูง ที่กำลังขยาย 200X.....	126

บทที่ 1

บทนำ

แนวเหตุผลและทฤษฎีสำคัญ

ปูแสมเป็นปูในวงศ์ Grapsidae จัดเป็นปูกลุ่มเด่นในป่าชายเลน เนื่องจากสามารถปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและปัจจัยทางชีวภาพในบริเวณที่อาศัยได้เป็นอย่างดีจึงพบว่าปูกลุ่มนี้มีการกระจายครอบคลุมพื้นที่ป่าชายเลนได้เป็นบริเวณกว้างตั้งแต่บริเวณหาดเลนที่ติดทะเลไปจนถึงบริเวณตอนบนของหาดที่ติดต่อกับแผ่นดิน ในปัจจุบันทรัพยากรปูแสมในประเทศไทยมีแนวโน้มลดลงเป็นอย่างมากจากสาเหตุหลักคือพื้นที่ป่าชายเลนที่เป็นแหล่งอาศัยของปูแสมถูกบุกรุกทำลาย ประกอบกับการทำประมงปูแสมที่เกินกำลังการผลิตรวมไปถึงการจับแม่ปูแสมในฤดูวางไข่ การลดลงของทรัพยากรปูแสมเนื่องจากกิจกรรมมนุษย์แล้วยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในแหล่งที่อยู่อาศัยของปูแสมโดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงความเค็มตามฤดูกาลและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของดินตะกอนที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ หรือไม่มีออกซิเจนอยู่เลยส่งผลกระทบทำให้ประชากรปูแสมลดลงด้วย การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกพื้นที่ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และพื้นที่ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งทั้งสองพื้นที่เป็นบริเวณที่มีการทำประมงปูแสมแหล่งใหญ่ของประเทศไทย ชาวประมงในบริเวณทั้งสองยังประกอบอาชีพการประมงปูแสมจนถึงปัจจุบัน ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นพื้นที่ที่มีการผันแปรของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในช่วงกว้างโดยได้รับผลกระทบจากการผันแปรของความเค็มของน้ำตามฤดูกาลพบความเค็มของน้ำมีค่าตั้งแต่ 0-41 psu เนื่องจากในฤดูฝนจะได้รับอิทธิพลของน้ำท่าจากแม่น้ำปากนครและแม่น้ำปากพญา แต่ในฤดูแล้งความเค็มของน้ำจะสูงขึ้นมากเนื่องจากมีน้ำทะเลไหลเข้ามาในอ่าวและมีการปล่อยน้ำท่าออกมาน้อยมาก รวมถึงไม่มีปริมาณน้ำท่าติดค้างอยู่ในอ่าวปากพนังได้นานเพราะถูกน้ำทะเลเข้ามาแทนที่ ในช่วงดังกล่าวกรมชลประทานจะปิดประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิทำให้ไม่มีน้ำท่ามาเจือจางน้ำทะเล ความเค็มของน้ำในอ่าวปากพนังจึงมีค่าใกล้ความเค็มของน้ำทะเล ปัญหาอีกประการหนึ่งที่พบในแม่น้ำปากพนังคือภาวะปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำที่ลดลง เนื่องจากภาวะน้ำเสียที่ปากแม่น้ำปากพนังซึ่งเป็นที่ตั้งของชุมชนขนาดใหญ่จึงมีน้ำทิ้งจากชุมชนระบายลงสู่แม่น้ำ แต่เดิมมีการไหลเวียนของน้ำช่วยเจือจางน้ำทิ้งทำให้ไม่เกิดภาวะน้ำเสีย แต่หลังจากมีการก่อสร้างประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิทำให้เกิดภาวะน้ำนิ่งบริเวณท้ายประตูระบายน้ำจนถึงปากแม่น้ำทำให้เกิดการสะสมของน้ำเสียในบริเวณนี้มีการเน่าเสียของดินตะกอนพื้นท้องน้ำ ดินมีสีดำและมีกลิ่นเหม็นโดยเฉพาะบริเวณหน้าประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิและด้านหน้าศาลจังหวัดปากพนังเป็นบริเวณที่มีปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ยเพียง 0.62 ถึง 1.88 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ (4.00 มิลลิกรัมต่อลิตร) (ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์และคณะ, 2551) ส่วนพื้นที่ที่มีการผันแปรของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในช่วงแคบในการศึกษาครั้งนี้คือ พื้นที่ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม เป็นพื้นที่ป่าปลูกในโครงการฟื้นฟูและปลูกป่าชายเลนของจังหวัดสมุทรสงคราม นับตั้งแต่ปีพ.ศ. 2533 เป็นต้นมา เป็นป่าชายเลนที่มีน้ำทะเลท่วมถึงสม่ำเสมอ ความเค็มน้ำของทะเลบริเวณนี้แปรผันอยู่ในช่วงตั้งแต่ 2-34 psu โดยมีค่าสูงในฤดูแล้งและลดต่ำลงในช่วงฤดูฝนเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดที่ไหลผ่านมาทางแม่น้ำสายต่างๆ ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำทะเลในบริเวณนี้มีค่าผันแปรอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.25-6.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ดินตะกอนส่วนใหญ่มีสีดำและมีกลิ่นเหม็นบริเวณ

ปูแสมสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะความเค็มของน้ำและปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำที่เปลี่ยนแปลง โดยปกติปูแสมมีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ดีเพื่อหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมซึ่งแตกต่างจากสัตว์น้ำที่อยู่กับที่หรือมีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้น้อยต้องปรับตัวให้เผชิญกับสภาพดังกล่าวให้ได้มิฉะนั้นก็ตายไปในที่สุด ปูแสมในสกุล *Sesarma* สามารถปรับตัวอยู่ได้ในสภาพที่ความเค็มต่ำและสูงมากได้เป็นอย่างดีโดยจัดเป็นพวก hyper-hypoosmoregulator คือเมื่ออยู่ในสภาพที่น้ำทะเลภายนอกมีความเค็มต่ำปูแสมจะมีการปรับความเข้มข้นของเกลือแร่ภายในเลือดให้สูงกว่าความเข้มข้นของสารละลายภายนอก แต่เมื่อน้ำภายนอกมีความเค็มสูงปูจะมีการปรับความเข้มข้นของเกลือแร่ภายในเลือดให้ต่ำกว่าสารละลายภายนอก (Warner, 1977; Paphavasit *et al*., 1986; สนิท อักษรแก้ว, 2542) นอกจากนี้ปูแสมที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนสามารถทนได้ต่อสภาพปริมาณออกซิเจนต่ำ เนื่องจากปูแสมสามารถหายใจโดยใช้ปริมาณออกซิเจนต่ำและสามารถหายใจโดยดึงออกซิเจนจากอากาศได้โดยตรง (Greenway,1988) นอกจากนี้ปูแสมทนต่อสารประกอบซัลไฟด์ได้มากเนื่องจากมีเปลือกหุ้มเป็นสารประกอบ chitin (Paphavasit, 1981, Paphavasit *et al*., 1986)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นอาจส่งผลโดยตรงต่อการดำรงชีวิตของปูแสมในระยะยาว การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระยะยาวอาจทำให้สุขภาพของปูแสมอ่อนแอลง เนื่องจากต้องแบ่งสรรพลังงานส่วนหนึ่งในการปรับตัวทางสรีรวิทยา เกิดภาวะเครียดที่ส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันภายในร่างกายของปูแสม การศึกษาความทนทานของกลุ่มปูต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปยังมีไม่มากนัก จากการศึกษาของ Le Moullac and Haffner (2000) พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและภาวะมลพิษในระยะยาวเป็นเวลา 35 วัน ส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของกุ้ง *Penaeus stylirostris* ที่อุณหภูมิปกติ 27 องศาเซลเซียส มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม 23,800 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร เมื่อทำการลดอุณหภูมิลงเหลือ 18 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงเหลือ 15,283 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายกุ้งอ่อนแอลงเสี่ยงต่อการติดโรค

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเซลล์เม็ดเลือดภายในร่างกายสามารถบ่งชี้ได้ถึงสุขภาพของสัตว์น้ำหรือบอกถึงผลกระทบต่อภาวะเครียดได้ การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันเป็นระบบที่มีบทบาทสำคัญในการกำจัดแบคทีเรียหรือสิ่งแปลกปลอมออกจากระบบเลือดได้อย่างรวดเร็ว เหงือกเป็นอวัยวะภายในที่สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกอยู่ตลอดเวลาโดยมีบทบาทสำคัญในการกำจัดแบคทีเรีย มีกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องได้แก่ กระบวนการแข็งตัวของเลือด (clotting) ซึ่งเซลล์เม็ดเลือดกลุ่ม hyaline cell ทำหน้าที่ช่วยในการแข็งตัวของเลือดเป็นการป้องกันเบื้องต้นไม่ให้มีการสูญเสียเลือดผ่านเปลือกหุ้มตัวออกไปภายนอกและเป็นด่านแรกไม่ให้เชื้อโรคหรือแบคทีเรียกระจายไปยังส่วนอื่นของร่างกายปูแสมผ่านทางระบบเลือดซึ่งกระจายอยู่ทั่วทั้งร่างกายของของปูแสม การรวมตัวของเซลล์เม็ดเลือดและเชื้อโรค การกลืนกินสิ่งแปลกปลอม (phagocytosis) และการล้อมรอบสิ่งแปลกปลอมทำให้มีลักษณะเป็นก้อน (nodule formation) ทำงานโดยเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มที่มีแกรนูล 2 กลุ่ม ได้แก่ small granular cell และ large granular cell (Hose *et al*.,1990; Martin *et al*.,1996) นอกจากนี้บริเวณตับ-ตับอ่อน (hepatopancreas) จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียสูงเช่นกัน เนื่องจากบริเวณนี้มีเนื้อเยื่อที่สร้างเซลล์เม็ดเลือด (haematopoietic tissues) บุอยู่ ซึ่งแตกต่างจากบริเวณกล้ามเนื้อและระบบประสาทที่สามารถกำจัดแบคทีเรียได้น้อย เนื่องจากไม่พบเนื้อเยื่อที่สร้างเซลล์เม็ดเลือดในกล้ามเนื้อและระบบประสาทของปูแสม (Martin *et al*.,1996)

ดังนั้นการศึกษาในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงความเค็มและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ไม่เหมาะสมอย่างฉับพลันและในระยะยาวที่ส่งผลต่อการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันพื้นฐานด้านโลหิตวิทยาและภาวะการติดเชื้อของปูแสมที่โตเต็มวัยจัดเป็นความรู้พื้นฐานในการจัดการทรัพยากรปูแสม โดยเฉพาะความอุดมสมบูรณ์ของพ่อแม่พันธุ์ปูแสม ศักยภาพในการสืบพันธุ์ จำนวนไข่และพัฒนาการของลูกปูแสมซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการทดแทนประชากรปูแสมในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันพื้นฐานของปูแสมด้านโลหิตวิทยาและการติดเชื้อต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มและความเข้มข้นออกซิเจน
2. เพื่อศึกษาระดับความเค็มและความเข้มข้นออกซิเจนที่ก่อให้เกิดภาวะเครียดในปูแสม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นองค์ความรู้ด้านระบบภูมิคุ้มกันโรคในสัตว์กลุ่มครัสเตเชียนโดยเฉพาะปูแสมซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเฝ้าระวังและติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในแหล่งที่อยู่อาศัยของปูแสมได้

ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน การติดเชื้อและค่าโลหิตวิทยาเบื้องต้น ได้แก่ ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว (Hemolymph clotting time) ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (Total hemocytes count) จำแนกชนิดและลักษณะของเซลล์เม็ดเลือด ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแต่ละชนิด (Total differential hemocytes count) และหาปริมาณแบคทีเรียในเหงือก ตับ-ตับอ่อน (hepatopancreas) และในเลือดของปูแสมโตเต็มวัยที่ทำให้เกิดภาวะเครียดเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำและความเข้มข้นออกซิเจนที่ละลายน้ำ บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

การสำรวจเอกสาร

1. ชีววิทยาของปูแสม

ปูแสม *Neoepisesarma mederi* ในบางท้องถิ่นแถบภาคใต้ของประเทศไทยเรียกว่า เปี้ยว มีลักษณะสำคัญคือกระดองมีลักษณะเป็นรูปโค้งกลมหรือรูปสี่เหลี่ยมคางหมู มีความกว้างมากกว่าความยาว ขอบหน้ากระดองกว้างและโค้งเป็นคลื่นโดยเว้าเข้าเป็นร่องตื้นและกว้างบริเวณตรงกลาง ส่วนหน้าของกระดองระหว่างขอบตาด้านในมีความกว้างมากกว่าครึ่งหนึ่งของความกว้างระหว่างมุมขอบตาด้านนอกทั้งสองข้างและแบ่งออกเป็น 4 ลอนอย่างชัดเจน 2 ลอนที่อยู่ด้านในจะมีขนาดใหญ่กว่า 2 ลอนที่อยู่ด้านนอกเล็กน้อย ก้านตาสั้น ช่องว่างระหว่าง maxilliped คู่ที่ 3 มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน มักมีกลุ่มขนปกคลุมกระจัดกระจายทั่วไป ก้ามมีลักษณะแข็งแรง ขอบด้านในของ merus มีรอยหยักเป็นแง่ยื่นแบบฟันเลื่อยจำนวนหลายอันซึ่งตรงส่วนปลายจะแบนขยายออกและมีหนามแหลมรูปสามเหลี่ยม 1 อัน พื้นผิวด้านบนของ carpus เป็นเม็ดเล็กๆกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป บริเวณพื้นผิวด้านบน

รูปที่ 1 ปูแสมสกุล *Neoepisesarma mederi*

2. ขอบเขตการกระจายของปูแสม *N. mederi* ในป่าชายเลน

ปูแสม *N. mederi* ที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนจะมีการแบ่งขอบเขตการกระจายอย่างชัดเจนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการได้แก่ ความเค็ม ขนาดอนุภาคตะกอนดิน ปริมาณอินทรีย์สารในดิน ปริมาณร่มเงาจากต้นไม้และการท่วมถึงของน้ำทะเล (Frith *et al.*,1976; Frith, 1977; Warner, 1977; Wolcott,1988; ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, 2522; Paphavasit *et al.*,1986; วันวิวาห์ วิชิตวรคุณ, 2544; จำลอง โตอ่อนและคณะ, 2545) ทำให้สามารถแบ่งขอบเขตการกระจายของปูแสม *N. mederi* ในป่าชายเลนได้เป็น 4 บริเวณใหญ่ๆ คือ บริเวณแนวป่าชายเลนที่อยู่ติดกับแผ่นดิน (landward fringe) บริเวณตอนกลางป่าชายเลน (mangal propers) บริเวณแนวป่าชายเลนที่อยู่ติดทะเลและบริเวณหาดเลน (mud flat)

ก. ปูแสมที่พบบริเวณแนวป่าชายเลนที่ติดกับแผ่นดิน (landward fringe) ได้แก่ *Neoepisesarma* spp., *Chiromantes* spp., *Sarmatium* spp. และ *Metaplax* spp. ปูแสมกลุ่มนี้จะเป็นกลุ่มที่มีความทนทานต่อสภาวะการสูญเสียน้ำและอุณหภูมิค่อนข้างสูง โดยมีการปรับตัวในเรื่องของการหายใจให้สามารถอยู่ในสภาพขาดแคลนน้ำได้ดี

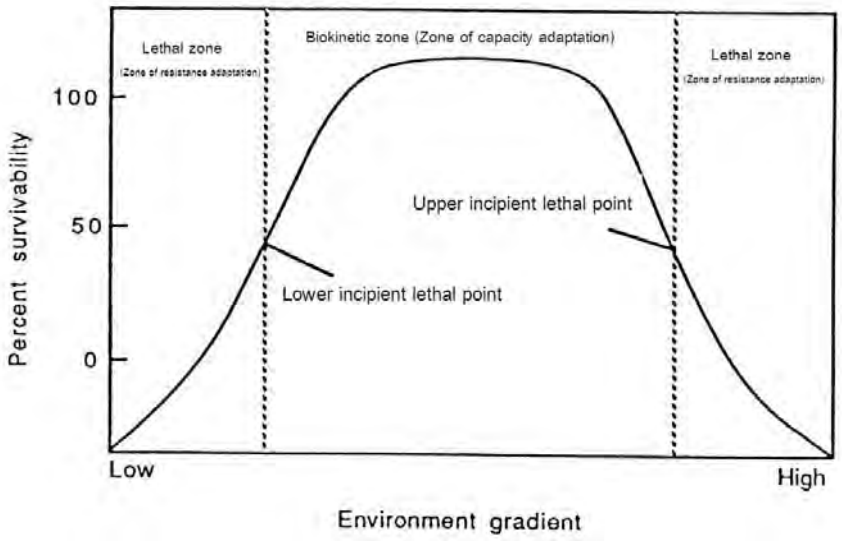
ข. ปูแสมที่พบบริเวณตอนกลางของป่าชายเลน (mangal propers) บริเวณนี้มีความหลากหลายของปูแสมสูงมาก เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีพรรณไม้ที่หลากหลายและค่อนข้างหนาแน่น ทำให้เกิดความหลากหลายของแหล่งที่อยู่อาศัยมากทั้งบริเวณรากไม้ ลำต้นและบริเวณพื้นดินที่พบปูเหล่านี้ขุดรูอยู่ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ได้แก่ พวกเศษใบไม้ที่ร่วงหล่น และซากอินทรีย์ต่างๆ ปูแสมที่พบได้แก่ *Chiromantes* spp., *Neoepisesarma.* spp., *Perisesarma plicatum*, *Sesarma germane*, *Nanosesarma batavicum*, *C. merquiensis*, *Helice leachi* และ *M. elegans*

ค. ปูแสมที่พบบริเวณแนวป่าชายเลนที่อยู่ติดทะเลได้แก่ *M. elegans* เป็นกลุ่มเด่นและพวกปูแสมที่เกาะตามรากไม้และลำต้นเพื่อหลีกหนีผู้ล่าได้แก่ *Metograpsus* spp. และ *P. plicatum* บริเวณนี้ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงมีน้ำทะเลท่วมถึงสม่ำเสมอ

ง. ปูแสมที่พบบริเวณหาดเลน (mud flat) บริเวณนี้จะพบปูแสมน้อย เนื่องจากเป็นบริเวณหาดเลนโล่งมีพรรณไม้น้อยหรือขนาดเล็ก ทำให้แหล่งอาศัยมีร่มเงาน้อยมีความผันแปรของอุณหภูมิสูงและยังเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงตลอดเวลา ดินที่พบเป็นดินโคลนเหลวและมีปริมาณอินทรีย์สารต่ำจึงไม่เหมาะสำหรับการอยู่อาศัยของปูแสม ปูแสมที่พบได้แก่ *Metaplax* spp.และ *S. germini*

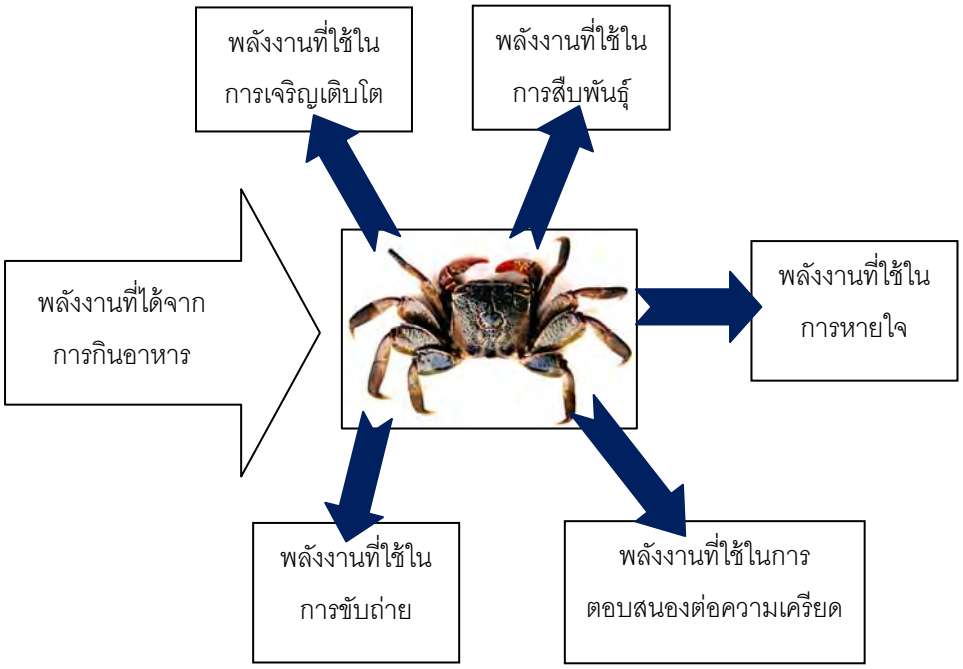
3. การปรับตัวของปูแสมให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในป่าชายเลน

ปูแสมเป็นปูที่มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมได้ดี โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ภาวะการสูญเสียน้ำออกจากตัว (dessication) และปริมาณออกซิเจนต่ำในน้ำและในดินตะกอน การปรับตัวของปูแสมเพื่อให้อยู่สภาพสมดุลกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นทำให้ปูแสมเกิดภาวะเครียดซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ปูแสมมีการตอบสนองทางร่างกายเพื่อรักษาสมดุลเมตาบอลิซึมในร่างกายให้กลับเข้าสู่ภาวะปกติ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมอย่างฉับพลันเช่น ความเค็มที่ไม่เหมาะสมปูแสมสามารถเคลื่อนที่ได้ก็จะหนีไปอยู่ในบริเวณที่มีความเค็มเหมาะสมแต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมเกิดขึ้นเป็นระยะเวลานานจนปูแสมไม่สามารถปรับตัวทางสรีรวิทยาได้ ความเครียดจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของปูแสมซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันของตัวปูแสมเองย่อมทำให้เกิดการตาย (lethal effect) ขึ้นหรือส่งผลต่อความเป็นอยู่ของปูแสมคือเป็นอันตรายต่ออวัยวะและระบบต่างๆของร่างกาย ความเป็นอยู่ตลอดช่วงชีวิตของปูแสมเช่น พฤติกรรม การพัฒนาของร่างกาย การเจริญเติบโต ขบวนการทางสรีรวิทยา พันธุกรรมและศักยภาพในการสืบพันธุ์ เป็นต้น โดยจะมีลักษณะแบบค่อยเป็นค่อยไปใช้ระยะเวลานานพอสมควรจึงจะแสดงอาการออกมา ดังนั้น Vernberg and Vernberg (1975) จึงได้แบ่งขอบเขตความทนทานของสิ่งมีชีวิตออกเป็น 2 บริเวณคือ Biokinetic zone หรือ zone of capacity adaptation เป็นช่วงของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตจะปรับตัวให้ดำรงชีพได้ดีและสามารถสืบพันธ์สร้างกลุ่มประชากรได้ โดยสัตว์สามารถอยู่ในช่วงสภาพแวดล้อมดังกล่าวได้เป็นเวลานาน ส่วน Lethal zone หรือ zone of resistance adaptation คือช่วงของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่สูงหรือต่ำเกินขอบเขตที่สิ่งมีชีวิตจะทนทานได้ เมื่อสัมผัสเป็นระยะเวลานานสัตว์ก็จะตายในท้ายที่สุด (รูปที่ 2) การศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสัตว์ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมนี้มักเป็นการศึกษาผลกระทบในระยะยาว (chronic effect) เช่น ผลกระทบต่อการสืบพันธุ์หรือภาวะการติดเชื้อ



รูปที่ 2 ขอบเขตความทนทานและการตอบสนองของสัตว์ทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม
(ที่มา: Vernberg and Vernberg, 1975)

ตามปกติปูแสมย่อมต้องมีการแบ่งสรรพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีพโดยพลังงานที่ได้จากการกินอาหาร พวกสัตว์หน้าดินขนาดเล็กและจุลชีพต่างๆ ซึ่งถือเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญต่อปูแสม จากการศึกษาของ Shokita (2000) พบพฤติกรรมความชอบในการเลือกกินใบไม้ของปู *Helice leachi* พบว่าปูชอบกินใบไม้สีน้ำตาลมากที่สุด เนื่องจากใบไม้สีน้ำตาลจะมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตและไขมันสูงทำให้มีพลังงานสูงสุด (Poovachiranon and Tantichodok ,1991) โดยใบไม้สีน้ำตาลเป็นใบที่มีการร่วงหล่นมาเป็นระยะเวลานาน และถูกย่อยสลายไปบางส่วน ทำให้มีจุลชีพเป็นตัวดึงดูดให้ปูแสมมากินใบไม้เหล่านี้มาก (Shokita, 2000) ในปูแสมที่โตเต็มวัยพลังงานที่ได้รับจากการกินอาหารต้องมีการจัดสรรพลังงานไปใช้ในการปรับตัวทางสรีรวิทยาเพื่อให้ดำรงชีพได้อย่างดี โดยใช้ในการเจริญเติบโต (การลอกคราบเพื่อขยายขนาดตัว) การสืบพันธุ์ โดยเฉพาะในเพศเมียที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ การหายใจ การขับถ่าย ดังแผนภูมิการจัดสรรพลังงานในปูแสมที่โตเต็มวัย ดัดแปลงจากณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์และคณะ (2552) (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 การแบ่งสรรพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีพของปูแสม (ดัดแปลงจากณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์และคณะ, 2552)

จากการศึกษาของ Paul and Fuji (2009) ในปู *Chionoecetes bairdi* เพศเมียที่อยู่ในช่วงเจริญพันธุ์พบว่าปูจะมีการจัดสรรพลังงานเพื่อใช้ในการสร้างไข่ เก็บสะสมไว้เป็นพลังงานให้กับร่างกาย ใช้ในการขับถ่ายของเสีย ใช้ในการย่อยและดูดซึมอาหาร สุดท้ายใช้ในการหายใจ สำหรับปูเพศเมียที่ไข่ได้รับการปฏิสนธิแล้ว พลังงานร้อยละ 11 ของพลังงานทั้งหมดจะเป็นพลังงานให้กับไข่ที่รอการฟัก ดังตารางที่ 1 โดยในปูเพศผู้ที่ยังไม่อยู่ในช่วงเจริญพันธุ์ พลังงานร้อยละ 60 ของพลังงานทั้งหมดจะใช้ในการหายใจ ร้อยละ 30 ของพลังงานทั้งหมดใช้ในการเก็บสะสมไว้เป็นพลังงานให้กับร่างกาย ร้อยละ 10 ของพลังงานทั้งหมดใช้ในการลอกคราบเพื่อเจริญเติบโต และน้อยกว่าร้อยละ 1 ของพลังงานทั้งหมดใช้ในการผลิตแอมโมเนียซึ่งเกี่ยวข้องกับการขับถ่าย

ตารางที่ 1 การจัดสรรพลังงาน (แคลอรี/ตัว/วัน) ในปู *Chionoecetes bairdi* เพศเมีย

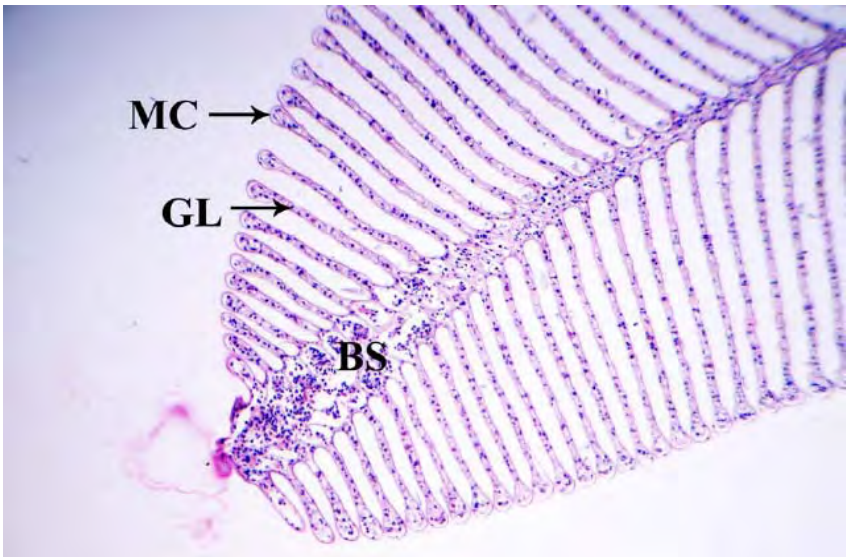
(ดัดแปลงจาก: Paul and Fuji, 2009)

ความกว้างกระดอง (มิลลิเมตร)	พลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโต (แคลอรี/ตัว/วัน)	พลังงานที่ใช้ในการหายใจ (แคลอรี/ตัว/วัน)	พลังงานที่ใช้ในการขับถ่าย (แคลอรี/ตัว/วัน)	พลังงานที่ใช้ในการสร้างไข่ (แคลอรี/ตัว/วัน)
ปูที่ยังไม่สมบูรณ์เพศ				
23.9	14	11	0.03	0
31.6	23	23	0.06	0
41.7	37	46	0.15	0
53.6	52	92	0.34	0
67.8	90	174	0.69	0
ปูที่สมบูรณ์เพศ				
82.7	126	317	1.36	57

การเปลี่ยนแปลงความเค็มและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่างไปจากสภาพธรรมชาติอย่างเฉียบพลันย่อมทำให้ปูแสมเกิดภาวะเครียด (stress) จากการศึกษาของบัญชา สบายตัว (2549) ได้ศึกษาขอบเขตความทนทานของปูแสม *N. mederi* ต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มในระดับต่างๆ โดยทำการทดลองเลี้ยงปูแสมเพศผู้และเพศเมียที่ระดับความเค็มต่างๆ (0-40 psu) เป็นเวลา 7 วัน พบว่าความเค็มที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตอยู่ในระหว่าง 10-30 psu ส่วนปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 10 และ 40 psu จะมีพฤติกรรมตอบสนองต่อความเครียดที่เกิดขึ้นโดยตัวเมียจะมีการสลัดรยางค์บางส่วนทิ้งไป ปูทั้งสองเพศจะพยายามหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับน้ำโดยขุดรูอยู่บริเวณตอนบนของอ่างทดลองเกือบทั้งหมด ส่วนปูที่ระดับความเค็ม 10,20 และ 30 psu จะมีการแช่น้ำเป็นระยะๆ เพื่อหายใจ นอกจากนี้ปูแสมอาจมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าช้ากว่าปกติหรือกินอาหารได้น้อยลงซึ่งในระหว่างที่ปูมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าช้ากว่าปกติหรือกินอาหารได้น้อยลงนั้นกลับเป็นช่วงที่ปูมีความต้องการพลังงานมากกว่าการดำรงชีวิตตามปกติเช่น มีอัตราการหายใจที่สูงขึ้น เป็นต้น (ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, 2522) จากการศึกษาของ Defur *et al.* (2010) ในปู *Callinectes sapidus* เมื่ออยู่ในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (hypoxia) เป็นเวลา 25 วัน พบว่าปูจะอยู่นิ่งๆ ไม่ค่อยมีการเคลื่อนที่ ปูบางตัวมีการปีนออกเพื่อหนีสภาพน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Redmond (2011) ในปูบก *Cardisoma guanhumi* เมื่ออยู่ในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำปูจะเชื่องช้าไม่ค่อยมีการเคลื่อนที่ ค่าความดันของฮีโมไซยานินในเลือดมีค่าลดลง มีอัตราการหายใจที่สูงขึ้นซึ่งในสภาพดังที่กล่าวมานั้นส่งผลโดยตรงต่อระบบภูมิคุ้มกันภายในร่างกายของปู

4. การปรับตัวด้านการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่มีผลต่อระบบควบคุมเกลือแร่และน้ำภายในร่างกายปูแสม

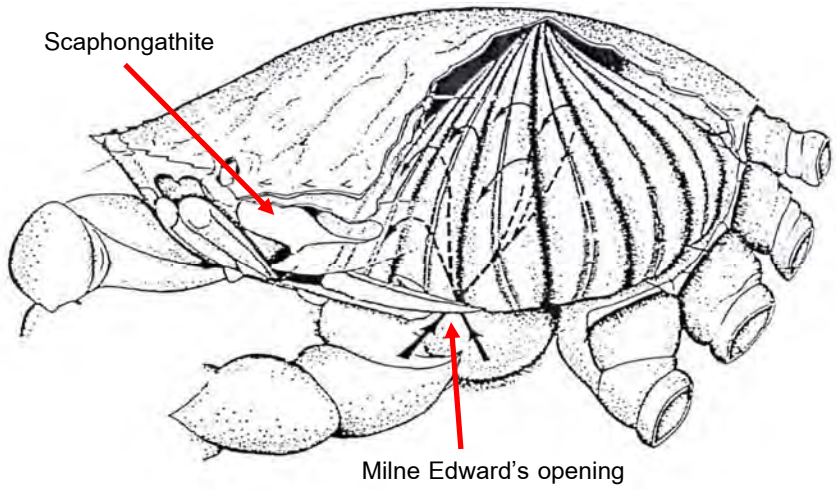
ปูแสมจะต้องใช้พลังงานบางส่วนเพื่อตอบสนองต่อภาวะความเครียดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ดังนั้นเพื่อเป็นการลดการสูญเสียพลังงานต่อภาวะความเครียดที่เกิดขึ้นปูแสมจึงมีการปรับตัวทางด้านพฤติกรรมโดยลงไปอยู่ในรูปูเพื่อลดการสัมผัสกับสภาพดังกล่าว (ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, 2522) แต่ถ้าสภาพแวดล้อมยังมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างต่อเนื่อง เป็นระยะเวลานาน การทำงานของระบบต่างๆ ภายในร่างกายได้แก่ ระบบควบคุมสมดุลของน้ำและเกลือแร่ภายในร่างกาย (osmoregulation) จะถือเป็นด่านแรกที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยตรง โดยปูแสมเป็นพวก hyper-hypo osmoregulator คือเมื่ออยู่ในสภาพที่น้ำทะเลภายนอกมีความเค็มต่ำมันจะมีการปรับความเข้มข้นของเกลือแร่ภายในน้ำเลือดให้สูงกว่าความเข้มข้นของสารละลายภายนอก แต่เมื่ออยู่ในสภาพที่มีความเค็มสูง ปูจะปรับความเข้มข้นของเกลือแร่ให้ต่ำกว่าภายนอก ดังนั้นปูแสมสามารถควบคุมความเข้มข้นของเลือดให้คงที่ได้ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป (Mantel and Farmer, 1983; Jones, 1984; Greenway *et al.*,1988) ซึ่งมีผลต่อเนื่องไปยังการขับถ่ายของเสียเพื่อรักษาความเข้มข้นของเกลือแร่และน้ำในร่างกายปู ดังนั้นการควบคุมเกลือแร่และน้ำในร่างกายของปูแสมทำได้โดยการลดการซึมผ่านของน้ำและเกลือแร่เข้าสู่ตัวในขณะเดียวกันสามารถดึงเกลือแร่บางตัวโดยเฉพาะอิออนของ Na และ Cl เข้าตัวเพื่อรักษาสมดุลของปริมาณเกลือแร่ ในสภาพที่น้ำมีความเค็มต่ำกว่าปกติปูแสมต้องใช้พลังงานเพื่อรักษาสมดุลเกลือแร่มากกว่าในสภาพที่น้ำทะเลมีความเค็มปกติ โดยสรีรวิทยาเหงือกของปูแสมซึ่งมีลักษณะเป็นแบบ phyllobranchiate ประกอบด้วย gill lamella เป็นแผ่นโดยยื่นออกจาก brachial stem ในลักษณะคล้ายขนนกและมีส่วนของ gill epithelium (รูปที่ 4) ซึ่งทำให้เกิดการขนส่งของเกลือแร่และน้ำ (active transport) ระหว่างภายในร่างกายปูกับสิ่งแวดล้อม โดยจะมีไมโตคอนเดรียเป็นแหล่งพลังงานในการขนส่งของเกลือแร่และน้ำ (Warner,1977) Burggren



รูปที่ 4 ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกของปูแสม *N. mederi* ในภาวะปกติเมื่อตัด section ตามยาวของเหงือกทางส่วนปลาย (BS-branchial stem,GL – gill lamella, MC – marginal canal) (ที่มา: ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ, 2552)

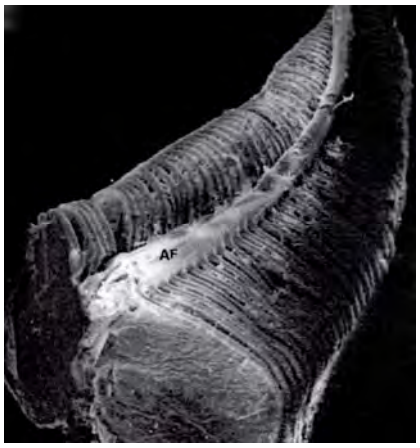
5. การปรับตัวด้านการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีผลต่อระบบการหายใจของปูแสม

ปูแสมเป็นกลุ่มปูที่มีวิวัฒนาการขึ้นมาครอบครองพื้นที่บริเวณชายฝั่งสามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งบนบกและในน้ำ (amphibious crabs) ปูแสมมีการปรับตัวด้านการหายใจเพื่อการดำรงชีพบนบก เนื่องจากปูกลุ่มนี้มีศักยภาพในการเคลื่อนที่ได้ดี ดังนั้นอวัยวะที่ใช้ในการหายใจต้องทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนของช่องอกที่พัฒนาสำหรับการหายใจโดยใช้ออกซิเจนในอากาศแทนที่การใช้ออกซิเจนในน้ำเหมือนปูกลุ่มอื่นที่อาศัยในน้ำเช่น ปูม้าและปูทะเล ปูแสมยังใช้เหงือกในการหายใจเช่นเดียวกับกลุ่มอื่น แต่มีวิวัฒนาการของช่องอกที่ทำหน้าที่เสมือนปอด (lung) ในสัตว์บกโดยเหงือกของปูแสมมีการลดขนาดอยู่ภายในช่องอกและมีการพัฒนาปั๊มที่ทำให้มีการไหลเวียนของน้ำเพื่อเป็นการระเหยอากาศ (ventilation) คือ scaphognathites หรือ gill bailer 1 คู่ (รูปที่ 4) ทำให้เกิดกระแสน้ำไหลเวียนในช่องอกโดยที่น้ำเข้าภายในตัวตรงรูที่โคนขาเดินและผ่านเข้าบริเวณเหงือกซึ่งเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊ส การทำงานของ scaphognathites จะทำให้น้ำไหลย้อนทางได้ด้วยเป็นการรักษาปริมาณน้ำให้อยู่ในช่องอกและเหงือกตลอดเวลา ปูแสมสามารถดึงออกซิเจนจากตัวกลางที่เป็นน้ำและอากาศโดยการดึงออกซิเจนจากอากาศ



รูปที่ 5 scaphognathite และส่วนของช่องเปิด Milne-Edward opening บริเวณโคนขาเดินของปู
(ที่มา: Hughes *et al*., 1969)

พื้นที่ป่าชายเลนส่วนใหญ่มักเป็นบริเวณที่มีปริมาณออกซิเจนในดินต่ำและมีปริมาณซัลไฟด์ในดินสูง เนื่องจากป่าชายเลนเป็นบริเวณที่มีปริมาณอินทรีย์สารสูงทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาทำให้ปูแสมต้องมีการปรับตัวในเรื่องของการหายใจในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำหรือไม่มีออกซิเจนอยู่เลยและยังต้องทนต่อปริมาณซัลไฟด์ที่สูงอีกด้วย เนื่องจากปูแสมมีเปลือกหุ้มเป็นสารประกอบพวก chitin (chitinous exoskeleton) ที่สามารถทนต่อสารประกอบซัลไฟด์ได้มาก ปูสามารถหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจนสลับกับการใช้ออกซิเจนเป็น facultative anaerobiosis ซึ่งเป็นกระบวนการ glycolysis โดยมี Lactate เป็นผลผลิต จากการศึกษาในปูทะเล *Scylla serrata* ที่อาศัยอยู่ในน้ำที่ไม่มีออกซิเจนละลายอยู่ (anoxic) ปูจะใช้กลยุทธ์เหมือนในกลุ่มสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลังคือ จะลดกิจกรรมทุกอย่างไม่มีการเคลื่อนที่จะหยุดอยู่นิ่งเฉย อัตราการหายใจจะลดลงต่ำกว่าปกติ (Hill and Koopowitz, 1975) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Santos *et al*., 1987 ในปู *Chasmagnathus granulate* เมื่อปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงปูจะลดการใช้ออกซิเจนในร่างกายด้วยการลดกิจกรรมหรืออยู่ในภาวะสงบนิ่งเพื่อเป็นการรักษาปริมาณออกซิเจนในร่างกายรวมถึงเป็นการประหยัดพลังงานหรือใช้พลังงานจาก ATP อีก



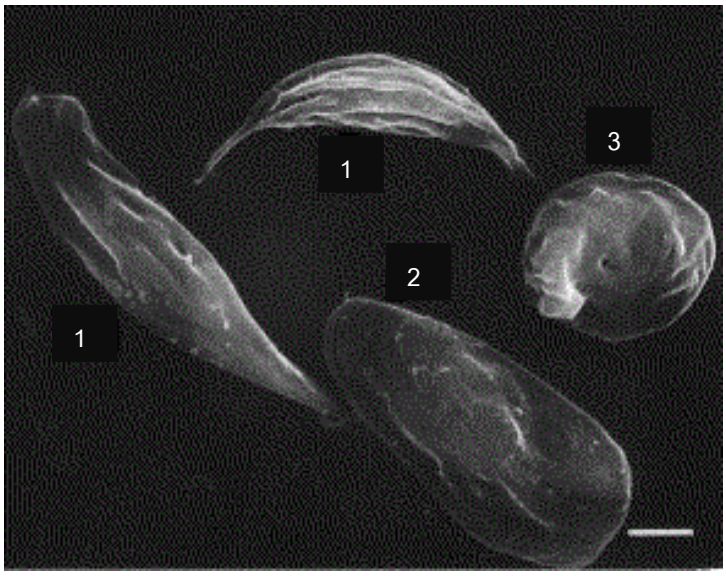
รูปที่ 6 ชั้นของ gill lamella ที่มีความหนาหลายชั้นในเหงือกคู่ที่ 5 ของปูบก *Ucides cordatus*
(ที่มา: Martinez *et al*., 1999)

6. ระบบภูมิคุ้มกันในปูแสม

ปูแสมเมื่อต้องเผชิญกับสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเช่น การเปลี่ยนความเค็มของน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำรวมไปถึงจุลินทรีย์และเชื้อโรคต่างๆ ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมเพื่อการอยู่รอดของปูแสมจึงต้องมีการพัฒนาระบบภูมิคุ้มกันขึ้นมาเมื่อมีสิ่งแปลกปลอมหรือแอนติเจนเข้าสู่ร่างกายของปูแสมดังนั้นจึงต้องมีการตอบสนองหลายอย่างเกิดขึ้นภายในร่างกายเพื่อเป็นการป้องกันตัวเองและกำจัดทำลายสิ่งแปลกปลอมนั้นทำให้ปูแสมสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ปูแสมจัดเป็นสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง (Invertebrates) จะมีระบบเลือดแบบเปิด (open circulation system) เป็นการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ เลือดจะไม่ได้อยู่ในเส้นเลือดตลอดเวลาแต่จะออกจากเส้นเลือดเข้าสู่ช่องว่างภายในลำตัวเพื่อนำเลือดที่เรียกว่าฮีโมซีล (hemocoel) ทิศทางการไหลของเลือดเริ่มจากช่องเปิดออสเตีย (ostia) สูบฉีดเลือดไปตามหลอดเลือดเข้าสู่ฮีโมซีล เมื่อคลายตัวเลือดจึงไหลกลับเข้าสู่ช่องเปิดออสเตียโดยมีเหงือกเป็นบริเวณที่แลกเปลี่ยนก๊าซและออกซิเจนจึงเรียกระบบหมุนเวียนแบบนี้ว่า ระบบเปิด

6.1. ชนิดและหน้าที่ของเซลล์เม็ดเลือด

ระบบภูมิคุ้มกันของปูแสมมีระบบภูมิคุ้มกันที่ตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายรวมถึงในสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มที่ไม่เหมาะสม เป็นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายที่อาศัยเซลล์เม็ดเลือด โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ hyaline cell ซึ่งเป็นเซลล์เม็ดเลือดที่ไม่มีแกรนูลอยู่ภายในไซโทพลาสซึม เซลล์เม็ดเลือดอีกสองชนิดจะมีแกรนูลอยู่ภายในแบ่งเป็น small granular cell เป็นเซลล์เม็ดเลือดที่มีแกรนูลขนาดเล็กกระจายอยู่ภายในไซโทพลาสซึม largel granular cell เป็นเซลล์เม็ดเลือดที่มีแกรนูลขนาดใหญ่อัดแน่นภายในไซโทพลาสซึม (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 การจำแนกเซลล์เม็ดเลือดของกุ้งก้ามกราม โดยอาศัยรูปร่างของเซลล์เม็ดเลือด ลักษณะคล้ายกระสวยเป็น 1) small granular cell ลักษณะเป็นรูปไข่ขนาดใหญ่ 2) large granular cell และลักษณะทรงกลม 3) hyaline cell (ที่มา: Sierra *et al*., 2001)

(1) Hyaline cell

เป็นเซลล์เม็ดเลือดที่มีขนาดเล็กที่สุด มีรูปร่างแบน กลม ผิวเรียบ บางครั้งอาจพบรูปร่างคล้ายกระสวย หรือพระจันทร์เสี้ยว มีนิวเคลียสขนาดใหญ่อยู่ตรงกลางเซลล์ มีสัดส่วนของนิวเคลียสต่อไซโทพลาสซึมมากกว่า 1 ลักษณะโครงสร้างที่ผิวของเซลล์ไม่พบ microvilli หรือเท้าเทียม (pseudopodia) มีนิวเคลียดขนาดใหญ่สีทึบ ไม่มีแกรนูลภายในไซโทพลาสซึม ขนาดเซลล์มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.4-8.3 ไมครอน หรือ ขนาดความกว้าง 2.5-3.6 ไมครอน ยาว

(2) Small granular cell

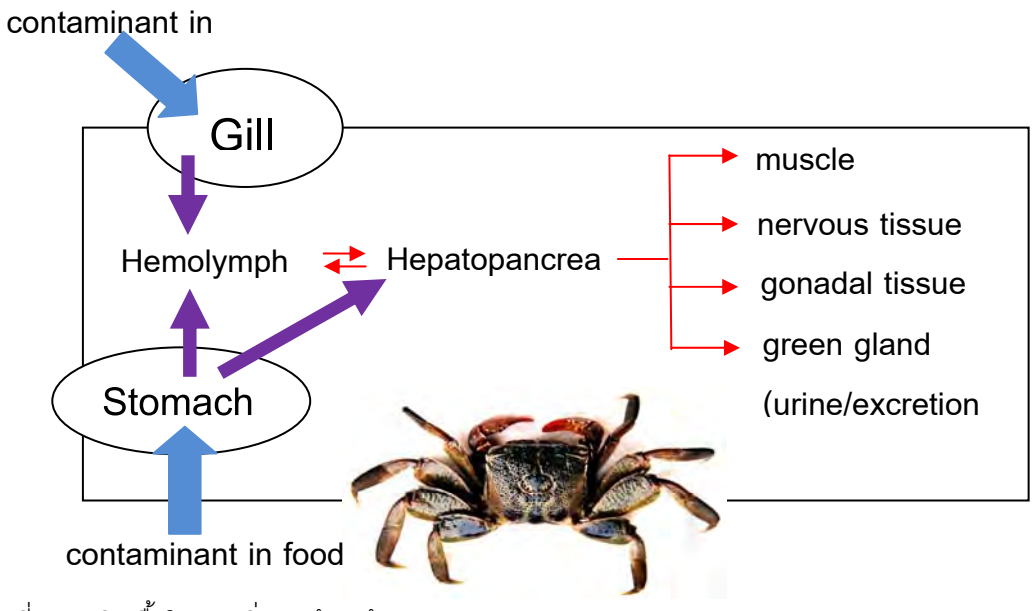
เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างเป็นรูปไข่หรือกระสวย นิวเคลียสอยู่ตรงกลางหรือที่ขอบ มีสัดส่วนของนิวเคลียสต่อไซโทพลาสซึมอยู่ในช่วง 0.5-0.8 มีแกรนูล ขนาดเล็กภายในไซโทพลาสซึม มีส่วนยื่นของเซลล์ (cell process) หรือเท้าเทียมค่อนข้างมาก บริเวณผิวเซลล์อาจพบไมโครวิลไลบ้างเล็กน้อย (Bauchau,1981) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเซลล์มีความกว้าง 4.2-6.8 ไมครอน และยาว 9.0-14.2 ไมครอน (กิจการ ศุภมาตย์และคณะ, 2543; Hose *et al.*, 1990; Heng and Lei, 1998; Hearing and Vernick, 1967)

(3) Large granular cell

เป็นเซลล์เม็ดเลือดที่มีขนาดใหญ่ที่สุด รูปร่างเป็นรูปไข่ในไซโทพลาสซึม มีนิวเคลียสขนาดเล็ก สัดส่วนของนิวเคลียสต่อไซโทพลาสซึมน้อยกว่า 0.4 มีแกรนูล ขนาดโตกว่าเมื่อเทียบกับ small granular cell การยืดของเท้าเทียมหรือส่วนยื่นของเซลล์ชนิดนี้เห็นได้ชัดเจน (Bauchau, 1981) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเซลล์ประมาณ 8-10 ไมครอน ความกว้าง 7.2-7.8 ไมครอน และยาว 12.2-14.6ไมครอน (กิจการ ศุภมาตย์และคณะ, 2543; Hose *et al.*, 1990; Heng and Lei, 1998; Hearing and Vernick, 1967)

6.2 กลไกการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในปูแสม

เชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมจากสิ่งแวดล้อมสามารถเข้าสู่ร่างกายของปูแสมได้ 2 ทางด้วยกัน ทางแรกคือกระแสน้ำจากภายนอกผ่านเข้าสู่ร่างกายทางช่องเหงือก (branchial chamber) ผ่านระบบการหมุนเวียนของเลือดภายในร่างกายปูแสม ส่วนทางที่สองเกิดจากการกินอาหารโดยเข้าสู่ระบบหมุนเวียนของเลือดและเข้าสู่ตับ-ตับอ่อน (hepatopancreas) ของปูแสม (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 การติดเชื้อโรคจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกายของปูแสม *N.mederi* (ดัดแปลงจาก Lee, 2002)

ดังนั้นเหงือกเป็นอวัยวะแรกที่เป็นหน้าด่านที่สำคัญในการกำจัดเชื้อโรคเพื่อไม่ให้เข้าสู่ส่วนอื่นของร่างกาย ปูแสม นอกจากนี้บริเวณตับ-ตับอ่อน (hepatopancreas) เป็นอวัยวะส่วนรองที่กำจัดสิ่งแปลกปลอม ปูแสมมีความสามารถในการกำจัดแบคทีเรียหรือสิ่งแปลกปลอมออกจากระบบเลือดได้อย่างรวดเร็วโดยปูแสมจะมีการกำจัดเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราออกจากกระแสเลือดไปไว้ในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ โดยเฉพาะที่เหงือกและตับ-ตับอ่อน (Soderhall and Cerenius, 1992; Bachere *et al*., 1995) เหงือกมีบทบาทในการกำจัดแบคทีเรียโดยมีการรวมตัวของเซลล์เม็ดเลือดและเชื้อโรคที่บริเวณเหงือก กระบวนการที่เกี่ยวข้องมีทั้งการแข็งตัวของเลือด การกลืนกินสิ่งแปลกปลอม และการล้อมรอบสิ่งแปลกปลอมและมีลักษณะเป็นก้อน (nodule formation) กิจการ ศุภมาตย์และคณะ (2543) พบว่า เหงือก ต่อมน้ำเหลือง หัวใจ ตับ-ตับอ่อน และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสามารถกำจัดสิ่งแปลกปลอมได้ดี ส่วนกล้ามเนื้อและระบบประสาทกำจัดได้เพียงเล็กน้อยโดยพบเซลล์เม็ดเลือดและเซลล์ที่จับกินอยู่กับที่ทำหน้าที่ในการดักจับสิ่งแปลกปลอมในเนื้อเยื่อดังกล่าว ในการศึกษาของ Martin *et al.,* (1996) ซึ่งทำการศึกษาต่อเนื่องเรื่องศักยภาพการกำจัดแบคทีเรียออกจากระบบเลือดของกุ้ง *Sicyonia ingentis* โดยการฉีดแบคทีเรียที่ติดสารกัมมันตรังสีเข้าไปในระบบเลือดกุ้ง พบว่ากุ้งสามารถกำจัดแบคทีเรียได้อย่างรวดเร็วโดยพบว่าแบคทีเรียจะถูกรวบรวมอยู่ในส่วนของเหงือกและอวัยวะอื่น ได้แก่ หัวใจกล้ามเนื้อส่วนท้องและเนื้อเยื่อที่เป็นปมสำหรับสร้างเซลล์เม็ดเลือด (haematopoietic nodules) พบว่านอกจากเหงือกแล้วทางเดินอาหารและตับ-ตับอ่อนในปูและกั้งพวก Lobsters จะมีการกำจัดแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูงเช่นกัน เนื่องจากบริเวณนี้มีเนื้อเยื่อที่สร้างเซลล์เม็ดเลือดบุอยู่ ส่วนอวัยวะอื่นเช่นหัวใจ กล้ามเนื้อและต่อมบริเวณโคนหนวดจะทำหน้าที่กำจัดแบคทีเรียได้น้อยมากจะเห็นว่าระบบภูมิคุ้มกันปูทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

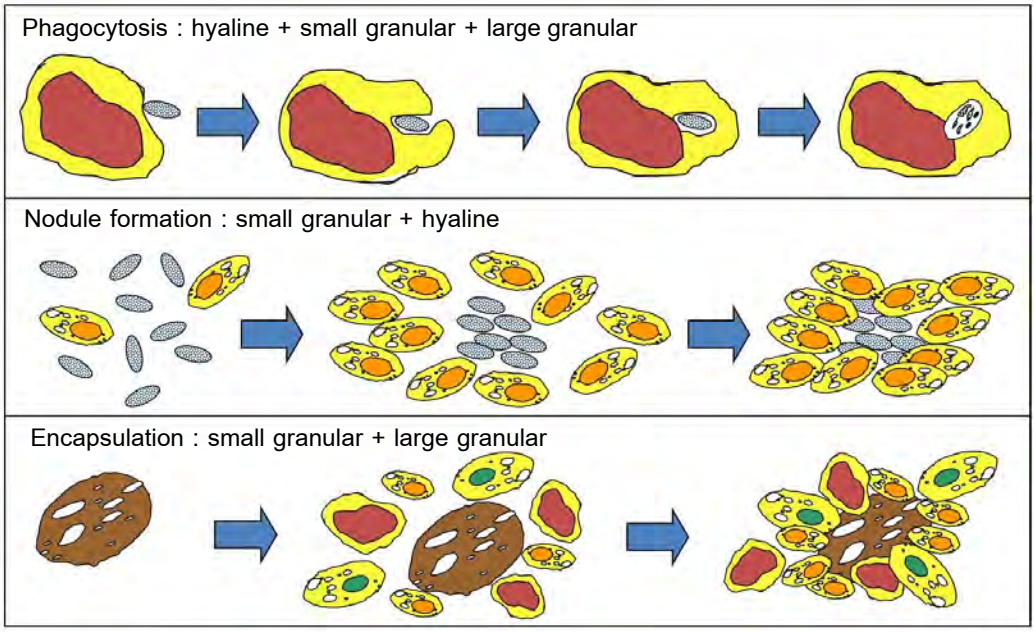
เมื่อปูแสมเกิดภาวะเครียดจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ปูสลัดรยางค์ทำให้เกิดบาดแผลได้เชื้อโรคสามารถเข้าสู่ร่างกายได้จากการเกิดบาดแผล (บัญชา สบายตัว, 2549) โดยเลือดทำหน้าที่เป็นกลไกสำคัญในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมเหล่านี้ เกิดขึ้นโดยการทำงานร่วมกันของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ hyaline cell, small granular cell และ large granular cell ซึ่งเซลล์เม็ดเลือดแต่ละชนิดจะมีลักษณะรวมไปถึงบทบาทการทำงานที่แตกต่างกันโดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2 การแข็งตัวของเลือดเป็นกลไกที่สำคัญในระบบภูมิคุ้มกันของปูแสมในการป้องกันการติดเชื้อ และการสูญเสียเลือด (เสาวลักษณ์ อ่อนมิ่ง, 2550; Iwanaga *et al.* ,1998 ; Sritunyalucksana and Soderhall, 2000; Theopold *et al*.,2004; Jiravanichpaisal *et al*., 2006; Tingjun *et al*.,2009) ซึ่งในปูจะพบว่าเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell และ small granular cell จะมีบทบาทในการแข็งตัวของเลือด ส่วนการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมในระบบภูมิคุ้มกันของปูก็จะเป็นบทบาทสำคัญของเซลล์เม็ดเลือดทั้งสองชนิดเช่นกัน ส่วนเซลล์เม็ดเลือด large granular cell จะทำหน้าที่หลักในการล้อมรอบสิ่งแปลกปลอม ดังนั้นระยะเวลาที่เลือดของปูแสมใช้ในการแข็งตัวถือเป็นการประเมินสุขภาพเบื้องต้นและติดตามการประเมินการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันปูแสม

ตารางที่ 2 หน้าที่ของเซลล์เม็ดเลือดแต่ละชนิดในปูและกุ้ง (+ คือพบมีการรายงาน ; - คือไม่พบการรายงาน)

(ที่มา: a.Hearing and Vernick (1967) b. Soderhall and Smith (1983) c.Persson *et al.* (1987) d.Omori *et al.* (1989) e.Hose *et al.* (1990) f. Vazquez *et al.* (1997) g.Holmblad and Soderhall (1999) h.Sierra *et al.* (1999) i.Jussila *et al.* (2001) j.Sierra *et al.* (2001) k.Martin *et al.* (2009) l.Tingjun *et al.* (2009))

ชนิดของเซลล์เม็ดเลือด	หน้าที่ในการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน		
	หน้าที่ในระบบภูมิคุ้มกัน	ปู	กุ้ง
Hyaline cell	Clotting [a, d, g,l, j, k]	++	++++
	Phagocytosis [a, b, f, g, h, l]	++	++++
Small granular cell	Phagocytosis [e, k, l]	++	+
	Encapsulation [b, c, g]	+	++
	Clotting [a, i]	+	+
	Nodule formation [g]	+	-
Large granular cell	Encapsulation [e,d]	+	+
	Phagocytosis [a]	-	+
	Nodule formation [g]	-	+

จากการศึกษาของ Martin and Graves (1985) ในกุ้ง penaeid shrimp ประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือด hyaline 5-10% เท่านั้น แตกต่างจากการศึกษาของ Barracco and Amirante (1992) ในกั้ง *Squilla mantis* โดยเพศเมียและเพศผู้ประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดชนิด hyaline cell สูงถึง 40% การทำงานของเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือดซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สำคัญทั้งในสัตว์มีกระดูกสันหลังและไม่มีกระดูกสันหลังเพื่อที่จะป้องกันการสูญเสียเลือดจากบาดแผล เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ปล่อยสารเคมีที่ไปกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของโคแอคกลูโลเจน (coagulogen) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนรวมถึง fibrinogen ที่เป็นโปรตีนช่วยในการกระตุ้นให้เกิดการแข็งตัวของเลือด (triggering factor) ที่มีอยู่ในน้ำเลือดของปูและกุ้ง (Ghidalia *et al*,1981) ทำให้เกิดการแข็งตัวของเลือดและรวมตัวกันเป็นโครงร่างตาข่ายบริเวณบาดแผลเพื่อป้องกันไม่ให้สูญเสียเลือด การที่เลือดแข็งตัวช้าอาจเกิดมาจากการที่เซลล์เม็ดเลือด hyaline มีปริมาณลดลงจากการติดเชื้อจุลินทรีย์ ดังผลการศึกษาของ Jussila *et al*.,2001 พบว่าในกุ้ง *Panulirus Cygnus* ใช้ระยะเวลาในการแข็งตัวของเลือด 43.7 ± 2 วินาที เมื่อทำให้กุ้งเกิดภาวะเครียดระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของเลือดนานขึ้นเป็น 52.7 ± 2.25 วินาที นอกจากนั้นเมื่อกุ้งเกิดภาวะเครียด เซลล์เม็ดเลือด large granular cell มีปริมาณลดลง เช่นเดียวกับเซลล์เม็ดเลือด hyaline ส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell มีปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เซลล์เม็ดเลือด hyaline ทำหน้าที่ในกระบวนการจับกินสิ่งแปลกปลอม (phagocytosis) ร่วมกับเซลล์เม็ดเลือดชนิด small granular cell และ large granular cell (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 การทำงานของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ในระบบภูมิคุ้มกันของปูแสม *N.mederi*
(ดัดแปลงจาก Mavichak, R., ติดต่อส่วนตัว)

การทำงานของเซลล์เม็ดเลือดชนิด small granular cell ทำหน้าที่ช่วยในการรับรู้และมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอมทั้งในระดับโมเลกุลและสิ่งที่มีขนาดโตกว่า โดยเซลล์เม็ดเลือดชนิดนี้จะเคลื่อนไปเกาะและโอบล้อมตามผิวของสิ่งแปลกปลอมเป็นกระบวนการจับกินสิ่งแปลกปลอมสามารถทำลายเชื้อโรคที่มีขนาดเล็กได้ ซึ่งเป็นหน้าที่หลักในเซลล์เม็ดเลือดชนิดนี้ รวมถึงกระบวนการห้อมล้อมสิ่งแปลกปลอม (encapsulation) (Johansson *et al*. ,2000) จากการศึกษาของ Martin and Graves (1985) ในกุ้ง penaeid shrimp พบว่ามีเซลล์เม็ดเลือดชนิด small granular cell สูงถึง 75% ต่างจากการศึกษาของ Barracco and Amirante (1992) ในกั้งตั๊กแตน *Squilla mantis* เพศเมียและเพศผู้ประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดชนิด small granular cell สูงถึง 40% เป็นเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นใกล้เคียงกับปริมาณเซลล์เม็ดเลือดชนิด hyaline cell โดยเซลล์เม็ดเลือดชนิด small granular cell ทำหน้าที่ในกระบวนการจับกินสิ่งแปลกปลอมจะทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก การเกิดการกลืนกินสิ่งแปลกปลอม (รูปที่ 9) เป็นกระบวนการที่ไม่เฉพาะเจาะจง ในกระบวนการจับกินสิ่งแปลกปลอมเป็นการป้องกันตนเองโดยการใช้เซลล์แบบสามัญที่สุด การกลืนเซลล์สิ่งแปลกปลอมนั้นทำได้โดยการยื่นไซโตพลาสซึ่มล้อมเซลล์สิ่งแปลกปลอมจากนั้นไลโซโซมจะทำการหลั่งสารช่วยย่อยที่มีทั้งสารต่อต้านเชื้อแบคทีเรียและ hydrolytic enzyme หลังจากการย่อยสลายจะปล่อยส่วนที่ถูกทำลายแล้วออกมาจากเซลล์ พบว่าอัตราการจับกินสิ่งแปลกปลอมมีค่าตั้งแต่ 1-2 เปอร์เซ็นต์ ถึง 28 เปอร์เซ็นต์ หากเซลล์เม็ดเลือดที่ได้สัมผัสกับ 1,3-เบต้า กลูแคน จะส่งผลให้อัตราการจับกินสิ่งแปลกปลอมเพิ่มขึ้น 5-7 เท่า การใช้เซลล์เม็ดเลือดชนิด hyaline cell ที่ได้จากปู *Carcinus maenus* สามารถทำให้อัตราการจับกินสิ่งแปลกปลอมเพิ่มขึ้น 3 เท่า (Soderhall and Cerenius, 1992; Bachere *et al*., 1995) กระบวนการจับกินสิ่งแปลกปลอมบางครั้งสามารถเกิดได้ในเวลาไม่กี่ชั่วโมง หรือบางครั้งอาจใช้เวลาเป็นวัน (Terry, 2001)

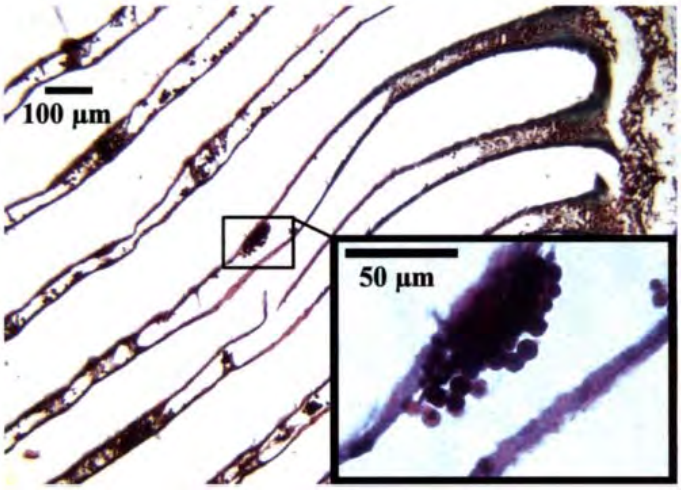
กระบวนการที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือกระบวนการกำจัดเชื้อโรค (cytotoxicity) ซึ่งเกิดจากการทำงานโดยเซลล์เม็ดเลือดชนิด Large granular cell ทำหน้าที่สำคัญในกระบวนการโนดูลฟอร์เมชั่นและเอนแคปซูเลชั่น เป็นการห้อมล้อมสิ่งแปลกปลอม ที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่เช่น เชื้อรา หนอนตัวกลมและไข่ของปรสิตในระยะที่เป็นตัวอ่อน ซึ่งมีวิธีการทำงานที่ซับซ้อนเป็นการล้อมรอบสิ่งแปลกปลอมและมีลักษณะเป็นก้อน (nodule formation) (รูปที่ 9) ในกระบวนการรวมตัวเป็นปมที่มีขนาดใหญ่ จะเห็นการรวมตัวกันของเซลล์เม็ดเลือดเพื่อทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาเป็นจำนวนมาก หลังจากนั้นกระบวนการสุดท้ายจะเกิดการทำลายสิ่งแปลกปลอมซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดส โดยการเกิดเมลานิน (melanization) มีลักษณะเป็นสีดำหน้าที่ของเมลานินจะช่วยในการยับยั้งหรือป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียโดยการยับยั้งเอนไซม์ proteinase และ chitinase ที่อยู่ภายนอกเซลล์ทำให้เชื้อแบคทีเรียนั้นไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ (Lee and Soderhall, 2001) จากการศึกษาของ Martin and Graves (1985) ในกุ้ง penaeid shrimp พบเซลล์เม็ดเลือดแบบ large granular cell xประมาณ 10-20% ส่วนผลการศึกษาของ Barracco and Amirante (1992) ในกั้งตั๊กแตน *Squilla mantis* พบเซลล์เม็ดเลือดแบบ large granular cell 20% ในกั้งตั๊กแตนเพศเมียและเพศผู้ซึ่งพบเป็นเซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเซลล์เม็ดเลือดชนิด hyaline cell และ small granular cell สารต่อต้านแบคทีเรีย (antibacterial substances) เป็นสารประกอบขั้นสุดท้ายที่ได้จากกระบวนการของระบบโปรฟีนอลออกซิเดส เมื่อสิ่งแปลกปลอมถูกกำจัดออกนอกร่างกายเซลล์เม็ดเลือดที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ก็กลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนของเลือด ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดจึงเพิ่มมากขึ้นจนเข้าสู่ภาวะปกติ ผลการศึกษาของ Holman *et al.* (2004) แสดงให้เห็นว่าปู *C. sapidus* ที่ได้รับเชื้อ *V. campbellii* เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมงร่างกายของปูสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียออกจากเลือดได้โดยมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.7×10^{7} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใกล้เคียงกับปูในสภาพปกติที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเท่ากับ 3.8×10^{7} เซลล์ต่อมิลลิลิตร

Vogan and Rowley (2002) ได้ศึกษาเซลล์เม็ดเลือด 4 ชนิด ในปูทะเล *Cancer pagurus* และทำการทดลองผลของภาวะติดเชื้อโรค shell disease syndrome ที่ทำให้เปลือกปูมีสีดำและมีการเน่าเปื่อยต่อระบบภูมิคุ้มกันโรคและจำนวนเม็ดเลือดของปูชนิดนี้ พบว่าปูทะเลที่เป็นโรคนี้ไม่แสดงผลการตอบสนองที่ชัดเจนโดยจำนวนเซลล์เม็ดเลือดไม่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงในจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแต่ละชนิดน้อยมากแสดงถึงประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกันโรคในปูทะเลแต่ละตัว Macey *et al.*, (2008) ทำการศึกษาเรื่องประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกันโรคของปูทะเล *C. sapidus* ที่กำจัดแบคทีเรีย *V. campbelli* โดยมีการฉีดชักนำเข้าในระบบเลือดของปู พบว่าปูทะเลใช้กระบวนการหลายรูปแบบในการกำจัดแบคทีเรียและสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ระบบเลือดและร่างกายของมัน แบคทีเรียถูกกำจัดในระบบเลือดของปูทะเลโดยการทำงานของเซลล์เม็ดเลือด ถึงแม้จะได้รับเชื้อเข้าไปแล้วปูทะเลก็ยังสามารถกำจัดแบคทีเรียที่ฉีดเข้าไปครั้งที่ 2 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการที่ปูทะเลมีระบบภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพสูงนี้มีความสำคัญต่อการอยู่รอดเมื่อปูทะเลต้องเผชิญกับสภาพแวดล้อมที่มีแบคทีเรียอยู่ตลอดเวลา

7. ภาวะการติดเชื้อในปูแสม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในตะกอนดินก่อให้เกิดภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสม ซึ่งมีผลโดยตรงต่อระบบภูมิคุ้มกันพื้นฐานที่จำไปสู่ภาวะการติดเชื้อในอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย ปูแสมที่มีภาวะเครียดจะมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อภายในร่างกายได้ ดังนั้นภาวะการติดเชื้อจึงเป็นการประเมินสุขภาพของปูแสมโดยดูจากประสิทธิภาพการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันโรคได้อีกทางหนึ่ง สภาพปกติปู

จากการศึกษาของ Burnett *et al*., (2006) พบว่าปูทะเล *Callinectes sapidus* เมื่อได้รับเชื้อ *Vibrio campbellii* ในปริมาณ 2.5×10^{4} cfu/น้ำหนักตัวปู (กรัม) พบว่าบริเวณเหงือกของปูจะมีการกำจัดเชื้อแบคทีเรียโดยรวมเป็นก้อนโนดูล เมื่อขนาดของโนดูลใหญ่ขึ้น ปริมาณแบคทีเรียจะลดลง ปริมาณของเม็ดเลือดลดลงเช่นกัน ในระยะดังกล่าว gill lamella จะบวมส่งผลต่อการหายใจที่ทำได้ไม่ดีนัก นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการควบคุมสมดุลเกลือแร่และน้ำภายในร่างกายปูอีกด้วย นอกจากนี้จากการศึกษาของ Battison *et al*., (2003) ในกุ้ง Lobster (*Homarus americanus*) เมื่อได้รับเชื้อ *Aerococcus viridians* พบว่าจำนวนเซลล์เม็ดเลือดลดลงโดยเริ่มต้นกุ้ง Lobster มีเซลล์เม็ดเลือด 19.9×10^{9} เซลล์/ลิตร เมื่อทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 วัน เซลล์เม็ดเลือดลดลงเหลือ 8.4×10^{9} เซลล์/ลิตร จากการศึกษาของกิจการ ศุภมาตย์ (2543) พบว่ากุ้ง *Penaeus monodon* ที่เลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ 5.0-5.8 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าเฉลี่ยเม็ดเลือดรวม $3.58 \pm 2.03\times10^{4}$ เซลล์/มิลลิกรัม มีปริมาณแบคทีเรียในน้ำเลือดเฉลี่ย $0.68 \pm 0.79\times10^{3}$ CFU เซลล์/มิลลิกรัม ซึ่งกุ้งที่เลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่ไม่



รูปที่ 10 เนื้อเยื่อในส่วนของ gill lamella บวมเกิดเป็นก้อนโนดูลในบริเวณเหงือกของปู *Callinectes sapidus* (ที่มา: Burnett *et al*., 2006)

บทที่ 2

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการศึกษา

บริเวณที่ทำการศึกษา

เก็บตัวอย่างปูแสมในแหล่งประมงที่สำคัญ 2 พื้นที่ด้วยกันได้แก่ ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม และป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยทั้งสองบริเวณมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการกระจายของปูแสมที่โตเต็มวัยในทั้งสองบริเวณคือ ความเค็มของน้ำในดิน ตลอดจนการสะสมของปริมาณอินทรีย์สารในดินอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งเกิดขึ้นในบริเวณที่เป็นแหล่งประมงที่สำคัญของประเทศ พื้นที่ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามถือเป็นบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมค่อนข้างคงที่ การผันแปรของความเค็มของน้ำระหว่างฤดูกาลไม่สูงนัก รวมถึงบริเวณนี้มีการเพิ่มของปริมาณอินทรีย์-สาร เนื่องมาจากการทับถมของซากใบไม้ แต่เนื่องจากมีน้ำท่วมถึงอยู่เสมอจึงทำให้ดินไม่เน่าเสียมากนัก ในขณะที่ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชมีสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างผันแปรสูง ความผันแปรของค่าความเค็มระหว่างฤดูกาลสูงมากเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการปิด-เปิดประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ ประกอบกับมีอัตราการระเหยของน้ำสูงในช่วงฤดูแล้ง ปัญหาคุณภาพน้ำที่สำคัญอีกประการหนึ่งในบริเวณปากแม่น้ำปากพนังคือ ภาวะน้ำเสีย เนื่องจากปากแม่น้ำปากพนังเป็นที่ตั้งของชุมชนขนาดใหญ่จึงมีน้ำทิ้งจากชุมชนระบายลงสู่แม่น้ำ เกิดภาวะปริมาณอินทรีย์สารในดินสูง มีการเน่าเสียของดินตะกอนพื้นท้องน้ำ ดินมีสีดำและมีกลิ่นเหม็น ลักษณะของบริเวณที่ทำการศึกษา มีสภาพพื้นที่ดังต่อไปนี้

1. ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

เป็นแหล่งประมงอีกแห่งหนึ่งที่สำคัญในชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันตกได้แก่ ตั้งแต่บริเวณชายฝั่งปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงครามและบริเวณชายฝั่งจังหวัดเพชรบุรี สถานที่ทำการศึกษาอยู่ในพื้นที่ตำบลยี่สาร อำเภออัมพวา ป่าคลองยี่สาร จังหวัดสมุทรสงคราม (รูปที่ 11) ตั้งอยู่ฝั่งขวาของแม่น้ำแม่กลองและอยู่ติดกับเขตป่าคลองช่องโคน มีเนื้อที่ประมาณ 36 ตารางกิโลเมตร หรือ 22,000 ไร่ เป็นพื้นที่ป่าปลูกในโครงการฟื้นฟูและปลูกป่าชายเลนของจังหวัดสมุทรสงคราม ตั้งแต่ในปี พ.ศ. 2533 ป่าชายเลนบริเวณนี้ประกอบด้วยป่าปลูกและป่าธรรมชาติ ที่มีพันธุ์ไม้เด่นได้แก่ แสมขาว (*Avicennia alba*), ลำพู (*Sonneratia casiolaris*), โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*), เหงือกปลาหมอ (*Acanthus sp.*) และตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) เป็นพื้นที่ที่มีน้ำท่วมถึงอยู่เสมอ ความเค็มของน้ำทะเลบริเวณนี้มีความผันแปรไม่มากนัก ในช่วงฤดูแล้งมีค่าความเค็มของน้ำในดินอยู่ในช่วง 13.20-19.20 psu ส่วนฤดูฝนความเค็มของน้ำในดินอยู่ในช่วง 7.60-13.40 psu (วันวิวาห์ วิชิตวรคุณ, 2544) ค่าความเค็มสูงในฤดูแล้งและลดต่ำลงในช่วงฤดูฝนเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดที่ไหลผ่านมาทางแม่น้ำสายต่างๆ นอกจากนั้นในบริเวณนี้มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำทะเลบริเวณนี้มีค่าผันแปรอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ 1.25-6.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งประเภทที่ 2 เพื่อการอนุรักษ์แหล่งปะการัง (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) คือ ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร บริเวณป่าปลูกมีปริมาณอินทรีย์สารในดินร้อยละ 2.63 ซึ่งสูงกว่าดินบริเวณหาดเลนที่มีปริมาณอินทรีย์สารในดินร้อยละ 2.28 (ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์และคณะ, 2545)

ก. ข.

รูปที่ 11 ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ก. ที่ตั้งป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ข. สภาพพื้นที่ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

2. ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

เป็นแหล่งประมงทางภาคใต้ที่สำคัญแหล่งหนึ่ง มีป่าชายเลนอยู่ริมแม่น้ำใหญ่ (riverine forest) (รูปที่ 12) เป็นป่าชายเลนที่มีความอุดมสมบูรณ์มากในอดีต ต่อมาพื้นที่ป่าชายเลนส่วนใหญ่ถูกใช้ประโยชน์จากการทำนากุ้ง และการขยายตัวของชุมชน ปัจจุบันป่าชายเลนบริเวณดังกล่าวได้รับการปลูกและฟื้นฟูอย่างต่อเนื่อง มีลักษณะเป็นป่าชายเลนที่ค่อนข้างสมบูรณ์ สถานที่ทำการศึกษาอยู่ในพื้นที่ป่าชายเลนอ่าวปากพนังฝั่งตะวันออก จังหวัดนครศรีธรรมราช มีพันธุ์ไม้ที่สำคัญ ได้แก่ แสมทะเล (*A. marina*), แสมดำ (*A. officinalis*), แสมขาว (*A. alba*), ลำพู (*S. caseolaris*), โกงกางใบใหญ่ (*R. macronata*) และโกงกางใบเล็ก (*R. apiculata*) ความเค็มเฉลี่ยของน้ำในปากแม่น้ำและอ่าวปากพนังมีค่าอยู่ในช่วง 0.21 ถึง 32.10 psu มีความผันแปรของค่าความเค็มระหว่างฤดูกาลสูงมาก เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการปิด-เปิดประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ ประกอบกับมีอัตราการระเหยของน้ำสูงในช่วงฤดูแล้ง โดยพบค่าความเค็มสูงสุดถึง 41 psu ในช่วงนี้ไม่มีน้ำจืดจากแม่น้ำไหลลงมาช่วยเจือจางความเค็มในอ่าวปากพนัง ในฤดูแล้งมีความเค็มของน้ำสูงกว่าฤดูฝนเช่นเดียวกับความเค็มของน้ำในดินซึ่งมีการผันแปรสอดคล้องกับความเค็มของน้ำในอ่าวปากพนัง คือ ในฤดูแล้งความเค็มของน้ำในดินมีค่าอยู่ในช่วง 27.50-32.20 psu สูงกว่าฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วง 0.50-10.60 psu ปัญหาคุณภาพน้ำที่สำคัญอีกประการหนึ่งในบริเวณปากแม่น้ำปากพนังคือ ภาวะน้ำเสีย เนื่องจากปากแม่น้ำปากพนังเป็นที่ตั้งของชุมชนขนาดใหญ่จึงมีน้ำทิ้งจากชุมชนระบายลงสู่แม่น้ำ แต่เดิมการไหลเวียนของน้ำช่วยเจือจางน้ำทิ้งทำให้ไม่เกิดภาวะน้ำเสีย แต่เมื่อมีการก่อสร้างประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิทำให้เกิดภาวะน้ำนิ่งบริเวณท้ายประตูระบายน้ำจนถึงปากแม่น้ำทำให้เกิดการสะสมของน้ำเสียบริเวณนี้มีการเน่าเสียของดินตะกอนพื้นท้องน้ำ ดินมีสีดำและมีกลิ่นเหม็น ซึ่งมีค่าศักย์ไฟฟ้าในดิน (redox potential) อยู่ในช่วง -171 ถึง -42 มิลลิโวลต์ ค่าดังกล่าวสามารถบ่งบอกถึงกิจกรรมการย่อยสลายของแบคทีเรียในดินโดยการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยมีค่าเป็นลบ ซึ่งแสดงถึงการมีกิจกรรมการย่อยสลายในดินสูง โดยในฤดูแล้งบริเวณปากแม่น้ำปากพนังมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายที่ปากแม่น้ำปากพนังมีค่าไม่ถึง 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความสกปรก (BOD) เพิ่มขึ้นตามระยะทางจากต้นน้ำถึงปากแม่น้ำเช่นกันโดย BOD ที่ปากแม่น้ำมีค่า 3.5 ถึง 5.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียซึ่งเกิดจากการขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่นนั้นมีค่าสูงเกิน

ก. ข.

รูปที่ 12 ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ก. ที่ตั้งป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ข. สภาพพื้นที่ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

วิธีการศึกษา

1. การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมในป่าชายเลน

ทำการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ในป่าชายเลนทั้ง 2 พื้นที่ คือ ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม และป่าชายเลนบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ทำการเก็บตัวอย่างปูแสม โดยแบ่งเป็น

1.1 คุณภาพน้ำในดินทางกายภาพ โดยทำการวัดความเค็มและอุณหภูมิของน้ำด้วยเครื่อง Salt meter (ยี่ห้อ Merbabu รุ่น NS-3P) วัดความเป็นกรด-เบสด้วยเครื่อง Pocket pH meter (ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI-1208)

1.2 คุณสมบัติของดิน ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน โดยทำการเก็บตัวอย่างดิน เพื่อนำมาวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดิน (grain size) โดยวิธี Hydrometer Method (Gee and Bauder, 1986) วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์สารในดิน (organic matter) โดยวิธี Wet Oxidation ของ Walkley- Black (Jackson, 1958)

1.3 ปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำและดิน เก็บตัวอย่างน้ำและดินในบริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยของปูแสมที่ทำการเก็บตัวอย่างอย่างละ 3 ซ้ำ ในภาชนะที่ปลอดเชื้อแล้วเก็บไว้ในถุงซิปล็อค เพื่อไม่ให้ตัวอย่างน้ำและดินเกิดการปนเปื้อน เก็บรักษาไว้ในภาชนะที่มีน้ำแข็งตลอดเวลาซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 8 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณเชื้อแบคทีเรียในห้องปฏิบัติการภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากการทำการเก็บรักษาตัวอย่าง

2. การศึกษาประชากรปูแสมในวัยเจริญพันธุ์ในธรรมชาติ

สุ่มเก็บตัวอย่างปูแสม *N. mederi* ที่มีชีวิตจากป่าชายเลนที่เป็นแหล่งประมงที่สำคัญ 2 พื้นที่ด้วยกัน คือ ในบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนกันยายน พ.ศ. 2552 และอีกพื้นที่คือ ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2551 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 จำนวน 50 ตัว โดยแบ่งเป็นเพศเมีย 25 ตัว และเพศผู้ 25 ตัว โดยทำการเก็บข้อมูลขนาดตัวของปูแสมโดยวัดขนาดความกว้างกระดอง (carapace width) โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์แบบดิจิตอล (digital vernier caliper) ความกว้างกระดองคือ ความกว้างระหว่างปลายหนามที่ขอบข้างกระดอง (antero-lateral teeth) คู่แรก หน่วยที่วัดเป็นมิลลิเมตร และทำการชั่งน้ำหนักของปูแสม (body weight) โดยการใช้เครื่องชั่งแบบตัวเลขความละเอียดทศนิยมสองตำแหน่ง หน่วยน้ำหนักเป็นกรัม โดยปูแสมเพศเมียที่มีไข่นอกกระดองจะนำมาศึกษาความดกไข่ ทำได้โดยครูดไข่นอกกระดองทั้งหมดออกจากรยางค์ส่วนท้อง (pleopods) ในน้ำกลั่นจากนั้นทำการสุ่มนับจำนวนไข่ แล้วจึงคำนวณกลับเป็นจำนวนไข่ทั้งหมด

รูปที่ 13 การวัดขนาดความกว้างกระดองและการชั่งน้ำหนักปูแสม

3. การปรับสภาพปูแสมก่อนทำการทดลอง

คัดเลือกปูแสมที่มีสุขภาพดี โดยสังเกตจากความสมบูรณ์ของรยางค์ต่างๆ ประมาณ 450 ตัว จากชาวประมงที่ออกเก็บบริเวณป่าชายเลนปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชและป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ทำการขนส่งมาเพื่อทดลองที่สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี โดยใช้กล่องโฟมพื้นกล่องบุด้วยฟองน้ำ เพื่อให้อุณหภูมิในกล่องโฟมไม่ร้อนจนปูแสมเกิดความเครียด ปูแสมสามารถแช่น้ำได้เมื่อร่างกายต้องการความชื้น ใส่กิ่งใบแสมเพื่อใช้ในการหลบซ่อนหรือเป็นอาหาร ข้างกล่องและฝากล่องเจาะรูระบายอากาศ ก่อนเริ่มการทดลองต้องทำการปรับสภาพปูแสมให้คุ้นชินกับสภาพการทดลองโดยเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ที่น้ำทะเลความเค็ม 25 psu มีส่วนของพื้นดินในบ่อซึ่งเป็นบริเวณที่แห้งและมีกิ่งไม้ ทำการเปลี่ยนน้ำในบ่อทุกวัน โดยให้อาหารคือปลาเส้นแก่ปูแสมวันละ 1 ครั้งในช่วงเวลา 16.00-17.00 น. ในทุกๆวัน เป็นระยะเวลา 14 วัน หลังจากทำการปรับสภาพปูแสมแล้วสุ่มปูแสมเพศเมียและเพศผู้อย่างละ 5 ตัว มาทำการศึกษาค่าปกติทางโลหิตวิทยาของปูแสมในห้องทดลอง (Baseline lab) โดยทำการอดอาหารก่อนการทดลอง 1 วัน หลังจากนั้นจึงทำเช่นเดียวกันกับทำการศึกษาค่าปกติทางโลหิตวิทยาของปูแสมในธรรมชาติ (Baseline field) สำหรับค่าปกติทางโลหิตวิทยาของปูแสมในห้องทดลองนั้น ถ้ามีค่าใกล้เคียงอยู่ในช่วงพิกัดเดียวกันกับค่าปกติทางโลหิตวิทยาของปูแสมในธรรมชาติ ก็จะเริ่มทำการทดลองได้ โดยค่าปกติทางโลหิตวิทยาของปูแสมในธรรมชาติที่ทำการตรวจวัดจะนำไปใช้ในการอ้างอิง และเปรียบเทียบกับปูแสมที่เกิดภาวะเครียดเนื่องมาจากผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มและระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

รูปที่ 14 กล่องโฟมที่ใช้ในการขนส่งปูแสมและบ่อซีเมนต์ที่พักปูแสมเพื่อปรับสภาพก่อนนำมาทำการทดลองที่สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี

4. การทดลองผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มและระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่อระบบภูมิคุ้มกันและภาวะติดเชื้อ

วิธีการศึกษาแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่

4.1 การทดลองผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อระบบภูมิคุ้มกันและภาวะติดเชื้อ ที่ทำให้เกิดภาวะความเครียดในปูแสม

4.2 การทดลองผลของระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่อระบบภูมิคุ้มกันและภาวะติดเชื้อ ที่ทำให้เกิดภาวะความเครียดในปูแสม

รูปที่ 15 ลักษณะระบบเลี้ยงปูแสมในการทดลองที่สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี

4.1 การทดลองผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อภาวะความเครียดและระบบภูมิคุ้มกันของปูแสม

การทดลองนี้เพื่อศึกษาผลของความเค็มที่ทำให้ปูแสมเกิดภาวะเครียด โดยใช้ค่าความเค็มที่ 25 psu เป็นตัวควบคุมการทดลอง เนื่องจากเป็นค่าความเค็มที่เหมาะสมในธรรมชาติ เป็นตัวเปรียบเทียบผลการทดลอง และมีระดับความเค็ม 0, 10, 20, 30 และ 40 psu เป็นตัวเปรียบเทียบผลการทดลอง เลี้ยงปูแสมคละเพศ และคละขนาด จำนวน 300 ตัว ปล่อยปูแสมลงในกล่องการทดลองละ 10 ตัว มีจำนวนซ้ำ 5 ซ้ำ ในกล่องโฟมขนาด 34.5×46×33 เซนติเมตร ไม่มีดินรองพื้น มีที่ให้ปูแสมใช้ในการซ่อนตัว ให้อากาศอย่างเพียงพอโดยการให้ออกซิเจนผ่านหัวทรายใน

4.2 การทดลองระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ทำให้เกิดภาวะเครียดที่ส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของปูแสม

การทดลองนี้เพื่อศึกษาระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยใช้น้ำทะเลที่มีความเค็ม 25 psu ศึกษาระดับความเข้มข้นออกซิเจน 3 ระดับด้วยกัน คือ ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมากกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร (Normoxia) เป็นตัวควบคุมการทดลอง โดยมีระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Anoxia) และระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำน้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร(Hypoxia) เป็นตัวเปรียบเทียบการทดลอง ที่ระดับความเข้มข้นออกซิเจนละลาย 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Anoxia) ทำได้โดยใช้สารละลาย Sodium sulphite (Na_2SO_3) เข้มข้น 300 ppm ในน้ำทะเล 2 ลิตร ซึ่งก่อนทำการทดลองได้ทำการหาปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย Sodium sulphite (Na_2SO_3) ที่ทำให้น้ำทะเลที่มีระดับความเค็ม 25 psu มีระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงทำการเลี้ยงปูแสมคละเพศ และคละขนาด จำนวน 150 ตัว ปล่อยปูแสมลงในกล่องการทดลองละ 10 ตัว มีจำนวนซ้ำ 5 ซ้ำ ในกล่อมโฟมขนาด 34.5×46×33 เซนติเมตร ไม่มีดินรองพื้น มีที่ให้ปูแสมใช้ในการซ่อนตัวทำการเปลี่ยนน้ำในช่วงเช้าของทุกวัน ให้อาหารวันละ 1 มื้อ ในช่วงเวลา 16.00-17.00 น. ทำการเลี้ยงปูแสมเป็นระยะเวลา 30 วัน ทำการบันทึกอัตราการตายในทุกๆ วัน โดยในวันที่ 3, 5 และ 30 ของการทดลองสุ่มจับปูแสมจำนวน 5 ตัวในแต่ละระดับความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำเพื่อทำการศึกษาค่าทางโลหิตวิทยาและภาวะติดเชื้อในร่างกายของปูแสม

5. การศึกษาคุณภาพน้ำที่ทำการเลี้ยงปูแสม

5.1 คุณภาพน้ำในดินทางกายภาพ โดยทำการวัดความเค็มและอุณหภูมิของน้ำด้วยเครื่อง Salt meter (ยี่ห้อ Merbabu รุ่น NS-3P) วัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำด้วยเครื่อง DO meter YSI (model 55) วัดความเป็นกรด-เบสด้วยเครื่อง Pocket pH meter (ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI-1208) หาปริมาณแอมโมเนียมและไนไตรท์ด้วยชุดทดสอบคุณภาพน้ำ AQUA-VBC

5.2 ปริมาณแบคทีเรียในน้ำ เก็บตัวอย่างน้ำที่ทำการเลี้ยงปูแสม อย่างละ 3 ซ้ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณเชื้อแบคทีเรียในห้องปฏิบัติการ

6. การศึกษาค่าทางโลหิตวิทยาในปูแสมที่โตเต็มวัย

6.1 การตรวจวัดการแข็งตัวของเลือด (blood clotting time) ปูแสม

การแข็งตัวของเลือดทำได้โดยนำปูแสมที่ทำการวัดขนาดความกว้างกระดองและชั่งน้ำหนักตัวเรียบร้อยแล้ว ไปสลบในน้ำแข็งใช้ระยะเวลาที่ทำให้สลบ 1 นาที จากนั้นจึงทำการเจาะเลือดปูแสมโดยใช้เข็มพลาสติก tuberculin syringe ขนาด 1 มิลลิลิตร เบอร์ 26 ขนาดหัวเข็ม ½ นิ้ว ดูดเลือดจากเนื้อเยื่อนิ่มบริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 1 ซึ่งมีลักษณะเป็นก้าม (cheliped) หยดเลือดลงบนแผ่นสไลด์ 2 หยด จับเวลาจนกระทั่งเลือดเริ่มแข็งตัว สังเกตโดยใช้เข็มเขี่ยปลายแหลมเขี่ยจนกระทั่งเลือดเริ่มติดปลายเข็ม บันทึกเวลาที่เลือดเริ่มแข็งตัวทั้งสองค่านำมาหาค่าเฉลี่ยในหน่วยวินาที จากนั้นจึงทำการเก็บตัวอย่างเลือด ทำหลังจากหาระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวแล้ว โดยใช้เข็มพลาสติก tuberculin syringe ขนาด 1 มิลลิลิตร เบอร์ 26 ขนาดหัวเข็ม ½ นิ้ว ที่บรรจุ marine anticoagulant 0.1

รูปที่ 16 วิธีการเก็บตัวอย่างเลือดปูแสมและตัวอย่างเลือด

6.2 การเก็บรักษาตัวอย่างเลือดปูแสมก่อนนำไปทำการศึกษาเซลล์เม็ดเลือด

นำตัวอย่างเลือดที่บรรจุใน microcentifuge tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่มี marine anticoagulant ปริมาตร 500 ไมโครลิตร โดยเก็บรักษาตัวอย่างในอุณหภูมิประมาณ 8 องศาเซลเซียส นำมายังห้องปฏิบัติการ หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างเลือดที่ได้มาปั่นให้เซลล์เม็ดเลือดตะกอนด้วยเครื่อง certrifuge ที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เสร็จแล้วจึงดูดส่วนของ supernatant ทิ้งและทำการ resuspend เซลล์เม็ดเลือดที่ตกตะกอนด้วย marine anticoagulant ในปริมาตรที่เท่ากับปริมาตรของเลือดที่ดูดได้จากปูแสมแต่ละตัว

6.3 การศึกษาปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (Total hemocytes count)

ทำการนับจำนวนเซลล์เม็ดเลือดโดยใช้ hemacytometer ส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ phase contrast microscope นำค่าเฉลี่ยที่ได้นับได้ในพื้นที่ที่กำหนดใน hemacytometer ที่ได้มาคำนวณหาจำนวนเซลล์เม็ดเลือดทั้งหมดในเลือดปริมาตร 1 มิลลิลิตร

6.4 การศึกษาปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแต่ละชนิด (Differential hemocytes count)

ทำการศึกษาลักษณะรูปร่างเซลล์เม็ดเลือดที่แตกต่างกัน นำตัวอย่างเลือดปูแสมมาทำสไลด์ถาวร โดยนำเลือดปูแสมมา 50 ไมโครลิตรผสมกับmarine anticoagulant ปริมาตร 300 ไมโครลิตร มา centrifuge โดยใช้เครื่อง cytospin ที่ความเร็ว 1,200 รอบ เป็นระยะเวลา 10 นาที เพื่อให้เซลล์เม็ดเลือดติดบนแผ่นสไลด์ที่เคลือบด้วยวุ้น จากนั้นจึงนำสไลด์ที่ได้มาย้อมสีไรต์-จิมซา

วิธีการเตรียมสีไรต์-จิมซา

สีไรต์ ทำได้โดยนำสีไรต์ที่บดละเอียด 4 กรัมผสมกับเมทิลแอลกอออล์ 100% ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากันโดยใช้เครื่องกวนสารด้วยแท่งแม่เหล็ก (magnetic stirrer) ทุกวัน กวนวันละ 2-3 ชั่วโมง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ สีจิมซา ทำได้โดยใช้สีจิมซา 4 กรัม ละลายในกลีเซอรีน 100 มิลลิลิตร แล้วไปเข้าตู้อบอุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง วางทิ้งไว้ให้เย็นจึงกวนให้เข้ากันโดยใช้เครื่องกวนสารด้วยแท่งแม่เหล็ก (magnetic stirrer) ทุกวัน กวนวันละ 2-3 ชั่วโมง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ นำสีไรต์ 1,000 มิลลิลิตร ผสมกับสีจิมซา 100 มิลลิลิตร ให้

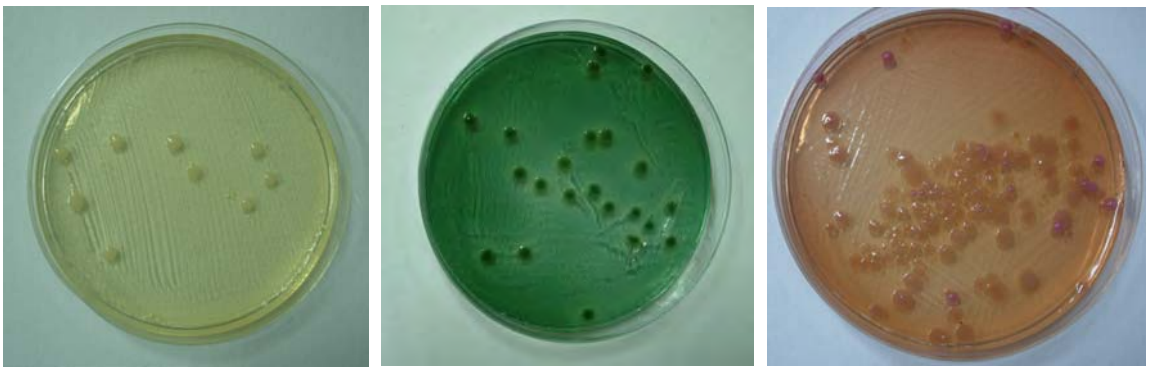
วิธีการย้อมสีไรต์-จิมซา

นำแผ่นฟิล์มสไลด์เลือดที่แห้งแล้ว มาทำให้คงสภาพด้วย 100% เมทิลแอลกอฮอล์ นาน 3 นาที แล้วปล่อยให้แห้ง จากนั้นจึงนำไปย้อมด้วยสีไรต์-จิมซาที่เตรียมไว้เป็นระยะเวลา 6-7 นาที แช่ในบัฟเฟอร์(น้ำประปา) นาน 3 นาที ล้างสีที่เหลืออีกครั้งด้วยด้วยน้ำประปาแบบไหลตลอดเบาๆ จนไม่เห็นสีละลายปนออกมา แล้วจึงฉีดล้างด้วย 10% เอทิลแอลกอฮอล์ เพื่อล้างตะกอนสีที่อาจเกาะติดอยู่ ปล่อยทิ้งไว้ให้สไลด์แห้งจึงล้างน้ำมันออกด้วยไซลีน แล้วปิดกระจกด้วยสไลด์ด้วยเปอร์เมาต์

นำสไลด์ถาวรมาทำการศึกษาโดยจำแนกชนิดของเซลล์เม็ดเลือดแต่ละชนิด จากนั้นจึงนำไปศึกษาสัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดแต่ละชนิด โดยเลือกบริเวณที่มีเซลล์เม็ดเลือดกระจายสม่ำเสมอ ซึ่งมีจำนวนเซลล์มากกว่า 200 เซลล์ ในพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตรเพื่อหาสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดแต่ละชนิดในบริเวณดังกล่าว

7. การศึกษาภาวะติดเชื้อในอวัยวะของปูแสมที่โตเต็มวัย

การศึกษาภาวะติดเชื้อในปูแสมจะทำการศึกษาในอวัยวะที่สำคัญ 3 ส่วนด้วยกันคือ เหงือก, ตับและเลือดของปูแสม หลังจากที่ทำการชั่งวัดขนาดตัวของปูแสม และเก็บตัวอย่างเลือดที่ใช้ศึกษาค่าทางโลหิตวิทยาเสร็จสิ้นแล้ว จึงทำการเจาะเลือดปูแสมอีกครั้งโดยใช้เข็มพลาสติก tuberculin syringe ขนาด 1 มิลลิลิตร เบอร์ 26 ขนาดหัวเข็ม ½ นิ้ว ที่ผ่านปราศจากเชื้อโรคดูดเลือดจากเนื้อเยื่อนิ่มบริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 1 ของปูแสมที่อยู่ในภาวะสงบ (resting stage) เพื่อทำการศึกษาภาวะติดเชื้อในอาหารเพาะเชื้อ 3 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ Trytic Soy Agar (TSA), Thiosulfate Citrate Bile salt Sucrose (TCBS) และ McConky Agar หลังจากนั้นจึงทำการผ่ากระดองเพื่อทำการศึกษาภาวะติดเชื้อในอวัยวะภายในของปูแสม ได้แก่ หัวใจของปูแสม โดยการศึกษาภาวะติดเชื้อในเหงือกและตับของปูแสมทำตามวิธี Decrease Ten-fold dilution และเพาะเชื้อในอาหาร 3 ชนิดเช่นเดียวกันกับในอวัยวะส่วนอื่นๆ จากนั้นจึงนำอาหารเพาะเชื้อไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำมานับจำนวนของแบคทีเรียที่มีหน่วยเป็น colony forming unit/ml.



รูปที่ 17 อาหารเพาะเชื้อทั้งสามชนิด คือ Trytic Soy Agar (TSA), Thiosulfate Citrate Bile salt Sucrose (TCBS) และ McConky Agar

8. การศึกษาลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยาของปูแสม

ทำการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อเหงือกและตับของปูแสม เพื่อศึกษาลักษณะเนื้อเยื่อในอวัยวะที่ได้รับผลกระทบจากระดับความเค็มที่ไม่เหมาะสม คือ ระดับความเค็มต่ำ 0 psu และระดับความเค็มสูง 40 psu หลังจากที่ทำการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อแล้วทำการคงสภาพเนื้อเยื่อในสารละลายนิวทรอลบัฟเฟอร์ฟอร์มาลิน เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์เป็นอย่างน้อย แล้วจึงทำการเก็บรักษาตัวอย่างเนื้อเยื่อในสารละลายแอลกอฮอล์ 70%

การเตรียมตัวอย่างเนื้อเยื่อเหงือกและตับของปูแสม เพื่อศึกษาผลกระทบจากระดับความเค็มที่ไม่เหมาะสม เริ่มจากทำการขจัดน้ำออกเนื้อเยื่อโดยผ่านแอลกอฮอล์จากระดับต่ำไปสูง เริ่มจากแอลกอฮอล์ 90% เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ตามด้วยแอลกอฮอล์ 95% โดยทำการเปลี่ยนน้ำยา 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง แช่ในสารละลาย n-butyl alcohol 1 ชั่วโมง จากนั้นจึงทำการขจัดแอลกอฮอล์และทำให้เนื้อเยื่อใสด้วยไซลีน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เนื้อเยื่อแทรกซึมพาราฟิน ขั้นตอนนี้ควรทำในตู้อบที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างเนื้อเยื่อใสในไซลีนผสมพาราฟินหลอมเหลวอัตราส่วน 1:1 ทิ้งไว้ 30 นาที หลังจากนั้นจึงทำเปลี่ยนตัวอย่างเนื้อเยื่อลงในพาราฟินหลอมเหลว 2 ครั้ง ครั้งแรกทิ้งไว้ 30 นาที ครั้งที่สองทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้พาราฟินแทรกซึมได้ดีขึ้น ควรใช้เครื่องปรับความดันสุญญากาศนาน 15 นาที แล้วจึงทำการฝังเนื้อเยื่อในพาราฟินโดยใช้แม่พิมพ์โลหะรูปสี่เหลี่ยม ทิ้งไว้ให้พาราฟินแข็งตัวทั่วทั้งบล็อค หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างเนื้อเยื่อมาเตรียมตัดให้เป็นแผ่นบางๆ โดยใช้เครื่องไมโครโตม section เนื่อเยื่อที่ความหนา 6 ไมครอน

วิธีการย้อมสีตัวอย่างเนื้อเยื่อเหงือกและตับของปูแสมด้วย Hematoxylin และ Eosin เริ่มจากทำการขจัดพาราฟินด้วยการนำสไลด์ที่เตรียมไว้มาแช่ในไซลีน 2 ครั้ง นานครั้งละ 5 นาที จากนั้นนำน้ำเข้าในเนื้อเยื่อ โดยแช่สไลด์ใน ethanol 95%, ethanol 90%, ethanol 80%, ethanol 70% และในน้ำกลั่น นานครั้งละ 5 นาที ตามลำดับ แล้วจึงนำสไลด์มาย้อมด้วยสี hematoxylin นาน 5-6 นาที แล้วล้างด้วยน้ำประปาที่ไหลผ่านสไลด์ อยู่ตลอดเวลานาน 10 นาที และทำการย้อมด้วยสี eosin นาน 5-6 นาที แล้วนำสไลด์มาจุ่มใน ethanol 95% นำสไลด์ที่ทำการย้อมสีแล้วมาแช่ใน n-butyl alcohol นาน 3-5 นาที ตามด้วยไซลีนนาน 3-5 นาที แล้วปิดกระจกสไลด์ด้วยเปอร์เมาต์ ศึกษาตัวอย่างเนื้อเยื่อเหงือกและตับของปูแสมภายใต้กล้องจุลทรรศน์

9. การวิเคราะห์ข้อมูล

9.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลพื้นฐานทางโลหิตวิทยาของปูแสม ในปูแสมเพศผู้และเพศเมียโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One-Way Analysis of Variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% . และทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

9.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลพื้นฐานทางโลหิตวิทยาของปูแสม ในแต่ละระดับความเค็มโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One-Way Analysis of Variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% .และทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

9.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลพื้นฐานทางโลหิตวิทยาของปูแสม ในปริมาณออกซิเจนละลายน้ำแต่ละระดับโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One-Way Analysis of Variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% .และทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 3

ผลการศึกษา

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณที่ทำการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างปูแสมมาทำการศึกษาจากสองบริเวณด้วยกันได้แก่ บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม และบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชซึ่งทั้งสองบริเวณมีสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันในเรื่องของการผันแปรความเค็มน้ำในรอบวันหรือตามฤดูกาล และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ เนื่องจากการเพิ่มปริมาณอินทรีย์สารบริเวณชายฝั่งทำให้ดินตะกอนเกิดภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำหรือไม่มีออกซิเจนอยู่เลยโดยป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม เป็นบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมผันแปรสูงซึ่งทั้งสองบริเวณมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมดังต่อไปนี้

1. ปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ความเค็มของน้ำในดินบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน มีการผันแปรตามฤดูกาลไม่สูงมากนัก พบว่าในฤดูแล้งความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 12.7 psu ส่วนฤดูฝนความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 4.7 psu และมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 7.36 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร สภาพพื้นที่ป่าชายเลนแห่งนี้โดยรวมมีปัจจัยสภาพแวดล้อมค่อนข้างคงที่ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม	ฤดูฝน (เดือนตุลาคม) จากการศึกษาในครั้งนี้	ฤดูแล้ง (เดือนมกราคม-เมษายน) ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์และคณะ (2545)	ฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม) ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์และคณะ (2545)
อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	28	30	24
ค่าความเค็มเฉลี่ยของน้ำในดิน (psu)	4.7	12.7	3.2
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	-	3.78	1.42
ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ	-	7.36	8.17
ลักษณะดิน	ดินร่วน (loam)	ดินร่วนปนทราย (sandy loam)	ดินร่วนปนทราย (sandy loam)
ปริมาณอินทรีย์สารในดิน (%)	2.62	2.25	2.68

2. ปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

อ่าวปากพนังมีการผันแปรของความเค็มของน้ำในดินเนื่องจากฤดูกาลสูง พบว่าในฤดูแล้งความเค็มเฉลี่ย 30 psu ส่วนฤดูฝนความเค็มเฉลี่ย 18 psu โดยได้รับอิทธิพลมาจากปริมาณน้ำฝนและการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือ ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณอินทรีย์สารที่พบจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูงโดยมีระดับปริมาณอินทรีย์สารมากกว่าร้อยละ 2.5 ตามมาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (อ้างถึงในวันวิวาห์ วิชิตวรคุณ, 2544) ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณออกซิเจนในดินเนื่องจากกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารทำให้สภาพพื้นที่ป่าชายเลนโดยรวมมีการผันแปรของปัจจัยสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการถูกรบกวนสูง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม	ฤดูฝน (เดือนกันยายน) จากการศึกษาในครั้งนี้	ฤดูแล้ง (เดือนพฤษภาคม) ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ (2551)	ฤดูฝน (เดือนตุลาคม) ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ(2551)
อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	29	28.7-32.5	26.5-28.2
ค่าความเค็มเฉลี่ยของน้ำในดิน (psu)	18	27.5-32.2	0.5-10.6
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	-	2.0-7.6	4.3-5.0
ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ	8.1	7.4-8.0	6.2-8.0
ลักษณะดิน	ดินเหนียว (clay)	ดินทราย (sand)	ดินเหนียว (clay)
ปริมาณอินทรีย์สารในดิน (%)	2.67-4.59	1.70-1.89	0.21-2.90

การเจริญพันธุ์ในประชากรปูแสม *N. mederi*

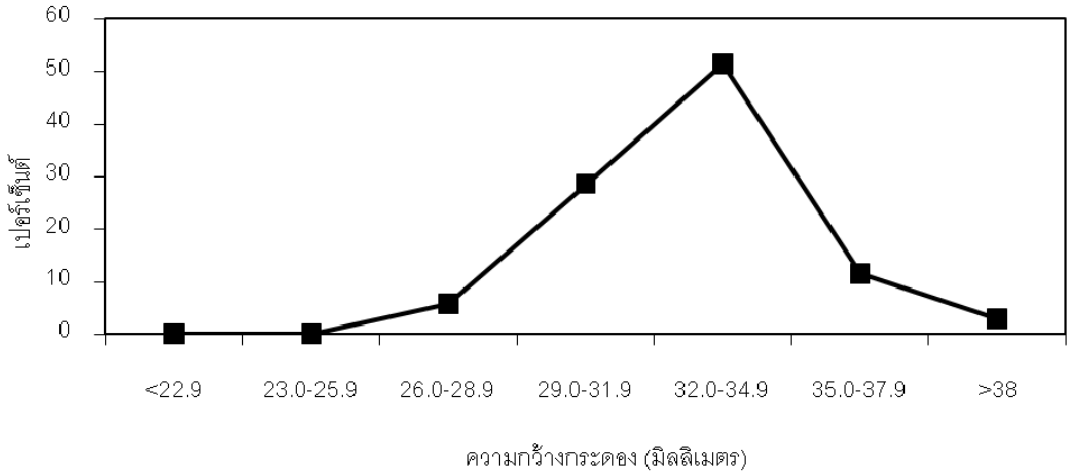
ผลการศึกษาการกระจายของประชากรปูแสม *N. mederi* ในแหล่งธรรมชาติทั้งบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม และป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งดำเนินการในช่วงฤดูกาลวางไข่ของปูแสมทั้งสองบริเวณ พบอัตราส่วนปูแสมเพศผู้และเพศเมียบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามเป็น 1:0.86 และบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็น 1:1.02 โดยอัตราส่วนปูแสมเพศผู้และเพศเมียของทั้งสองบริเวณไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

1. ประชากรปูแสมในวัยเจริญพันธุ์บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

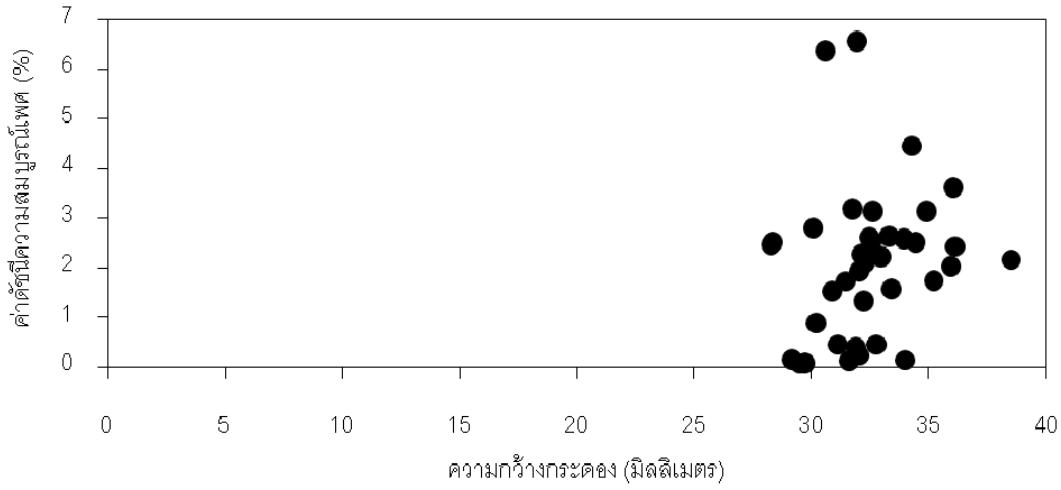
ก. ประชากรปูแสมเพศเมียในวัยเจริญพันธุ์

ตัวอย่างปูแสมจากป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามในการศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นปูแสมที่สมบูรณ์เพศ ทำเก็บตัวอย่างปูแสมในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ซึ่งเป็นช่วงฤดูการวางไข่ของปูแสมเพศเมียในบริเวณดังกล่าว จากการศึกษาประชากรปูแสมเพศเมียที่จับได้พบว่ามีขนาดความกระดองอยู่ในช่วง 28.27-38.51 มิลลิเมตร (รูปที่ 18) โดยมีความกว้างกระดองเฉลี่ยในเพศเมีย คือ 32.73 มิลลิเมตร เมื่อศึกษาจากค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (GSI) ขนาดของปูแสมเพศเมียที่เริ่มสมบูรณ์เพศและมีการพัฒนาของรังไข่ในระยะที่ 2 ขึ้นไป ซึ่งรังไข่

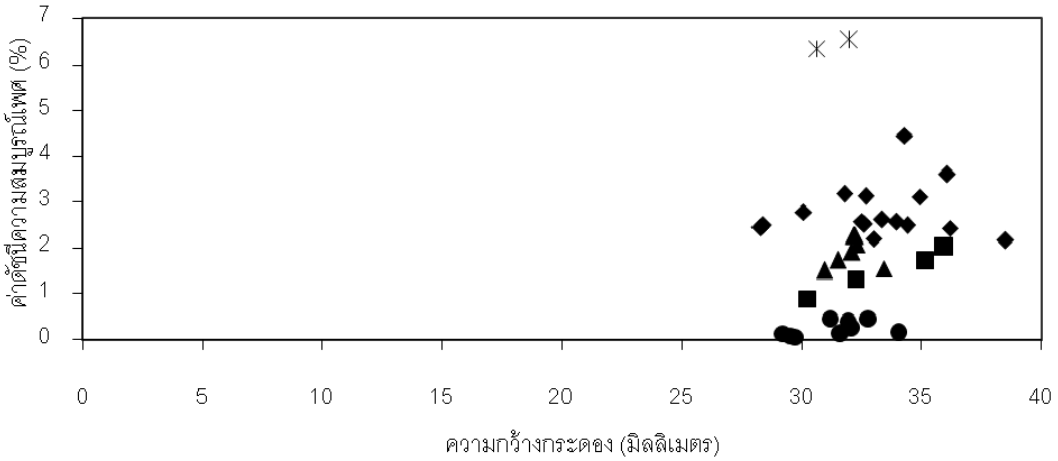
ระยะนี้มีลักษณะเป็นเส้นสีขาวขุ่นเห็นได้ชัดเจน ขนาดความกว้างกระดองของปูแสมเพศเมียที่เริ่มสมบูรณ์เพศที่เล็กที่สุดมีขนาด 28.27 มิลลิเมตรโดยมีค่า GSI เท่ากับ 2.45 (รูปที่ 19) ปูแสมที่มีขนาดความกว้างกระดองเกินกว่า 30 มิลลิเมตรขึ้นไปส่วนใหญ่มีการพัฒนาของรังไข่ในระยะที่ 3 ไปจนถึงระยะที่ 5 (รูปที่ 20) ในการศึกษาครั้งนี้พบปูแสมเพศเมียที่มีไข่นอกกระดองที่ขนาดเล็กที่สุดคือ 28.27 มิลลิเมตร มีความดกไข่ตั้งแต่ 46,500-160,800 ฟอง ไข่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 224 ไมครอน (รูปที่ 21)



รูปที่ 18 ขนาดความกว้างกระดองของปูแสม *N. mederi* เพศเมียบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552



รูปที่ 19 ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (GSI) ของปูแสม *N. mederi* เพศเมียบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

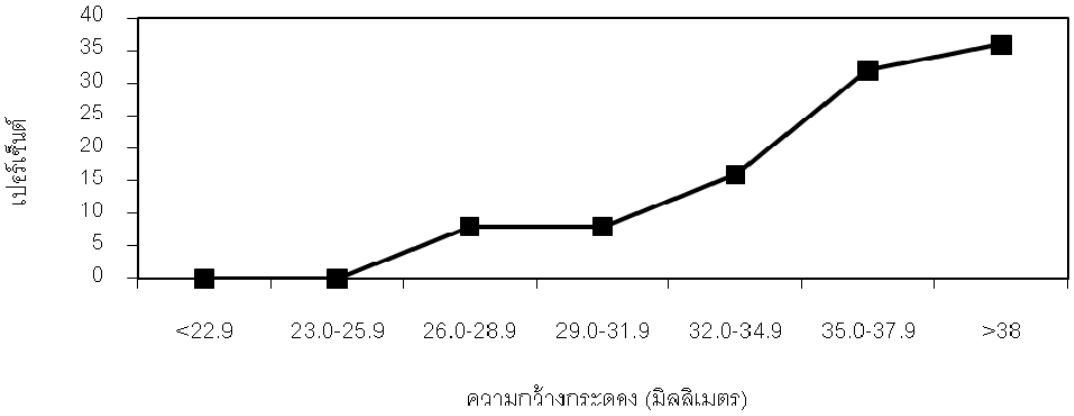


รูปที่ 20 ค่าดัชนีสมบูรณ์เพศ (GSI) ของปูแสม *N. mederi* เพศเมียในแต่ละระยะของการพัฒนารังไข่ของปูแต่ละขนาดความกว้างกระดองในช่วงฤดูการวางไข่(ตุลาคม พ.ศ.2552) บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

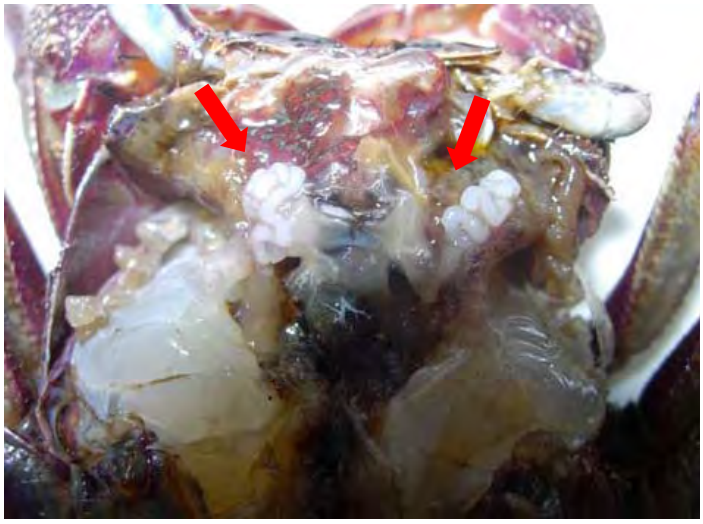
รูปที่ 21 ระยะที่มีการเจริญของเอ็มบริโอของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ข. ประชากรปูแสมเพศผู้ในวัยเจริญพันธุ์

ปูแสมเพศผู้บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่จับได้มีขนาดความกระดองอยู่ในช่วง 27.11-39.90 มิลลิเมตร (รูปที่ 22) โดยมีความกว้างกระดองเฉลี่ยในเพศผู้ คือ 35.85 มิลลิเมตร ปูแสมเพศผู้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเจริญพันธุ์แล้ว มีการเจริญของอัณฑะซึ่งเป็นอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในเพศผู้อยู่ในระยะที่ 2 และ 3 อัณฑะมีขนาดใหญ่ มีสีขาวขุ่น ท่อ vas deference เริ่มพันเป็นเกลียวเห็นได้ชัดเจน (รูปที่ 23)



รูปที่ 22 ขนาดความกว้างกระดองของปูแสม *N. mederi* เพศผู้บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552

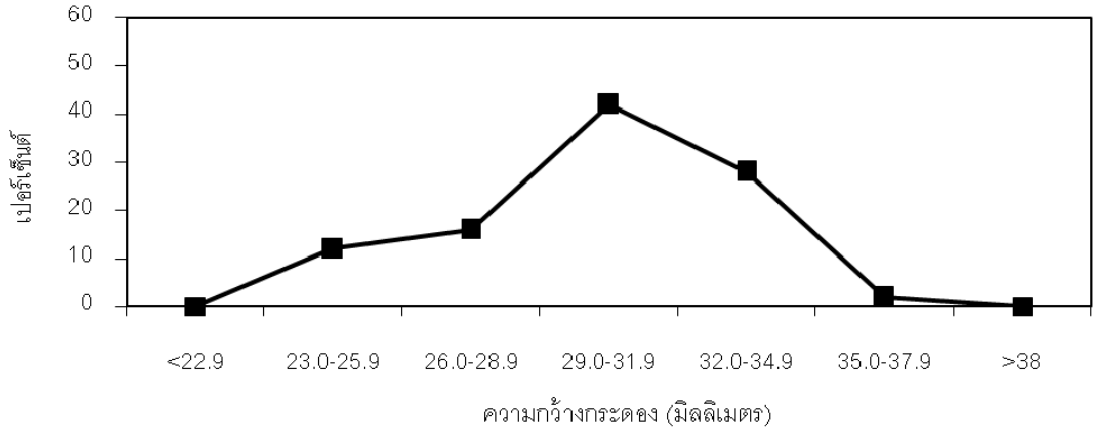


รูปที่ 23 อัณฑะของปูแสม *N. mederi* เพศผู้ที่มีลูกศรชี้ บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

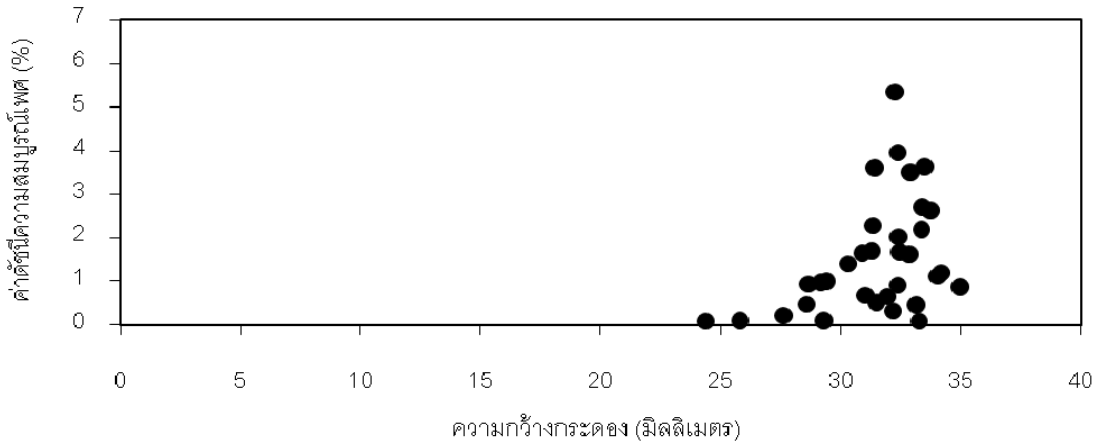
2. ประชากรปูแสมในวัยเจริญพันธุ์บริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ก. ประชากรปูแสมเพศเมียในวัยเจริญพันธุ์บริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

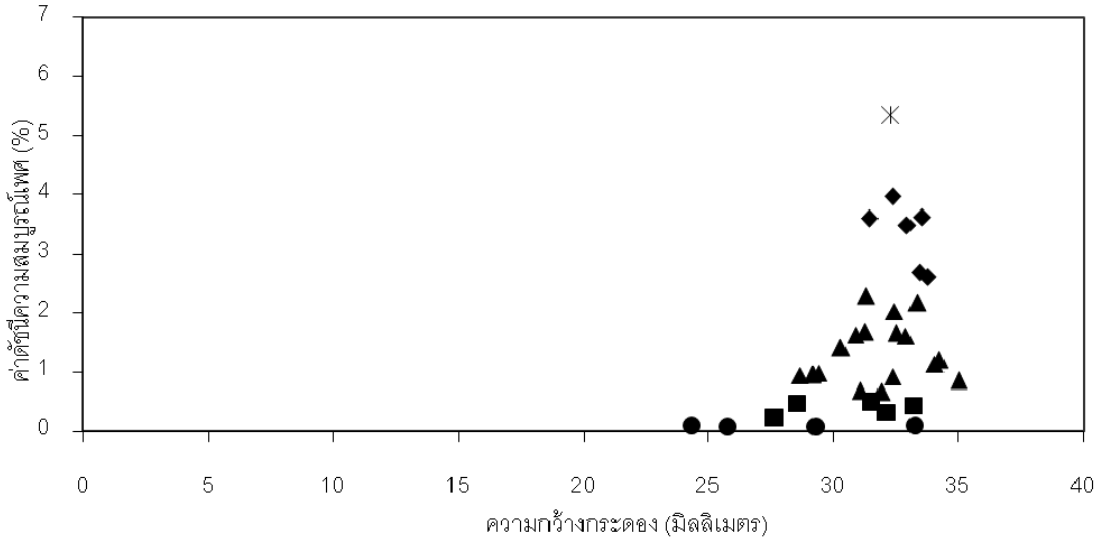
ตัวอย่างปูแสมที่อาศัยบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในการศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นปูแสมที่สมบูรณ์เพศ ทำเก็บตัวอย่างปูแสมในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2552 ซึ่งเป็นฤดูการวางไข่ของปูแสมเพศเมีย พบว่าประชากรปูแสมเพศเมียที่จับได้มีขนาดความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 23.13-35.01 มิลลิเมตร (รูปที่ 24) โดยมีความกว้างกระดองเฉลี่ยในเพศเมีย คือ 30.22 มิลลิเมตร ศึกษาค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (GSI) เช่นเดียวกับปูแสมเพศเมียบริเวณบ้านคลองโคน พบว่าขนาดความกว้างกระดองของปูแสมเพศเมียที่เริ่มสมบูรณ์เพศที่เล็กที่สุดมีขนาด 24.36 มิลลิเมตรโดยมีค่า GSI เท่ากับ 0.09 (รูปที่ 25) ปูแสมที่มีขนาดความกว้างกระดองเกินกว่า 28.60 มิลลิเมตรขึ้นไปส่วนใหญ่มีการพัฒนาของรังไข่ในระยะที่ 3 ไปจนถึงระยะที่ 5 (รูปที่ 26) สำหรับปูแสมเพศเมียที่มีไข่นอกกระดองที่มีขนาดเล็กที่สุดคือ 31.06 มิลลิเมตร พบมีความดกไข่ตั้งแต่ 82,400-194,500 ฟอง ไข่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 203 ไมครอน (รูปที่ 27)



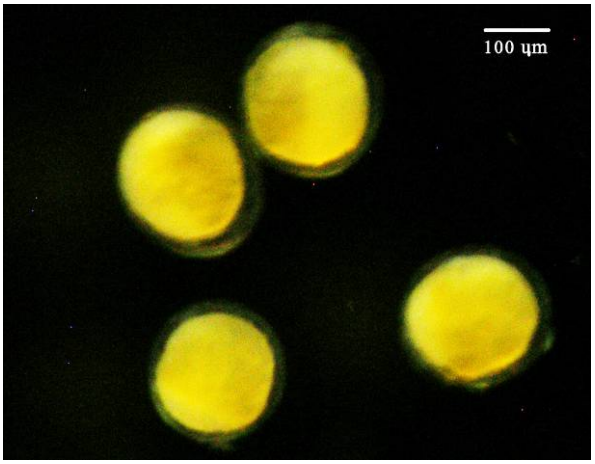
รูปที่ 24 ขนาดความกว้างกระดองของปูแสม *N. mederi* เพศเมียบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2552



รูปที่ 25 ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (GSI) ของปูแสม *N. mederi* เพศเมียบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชในเดือนกันยายน พ.ศ. 2552



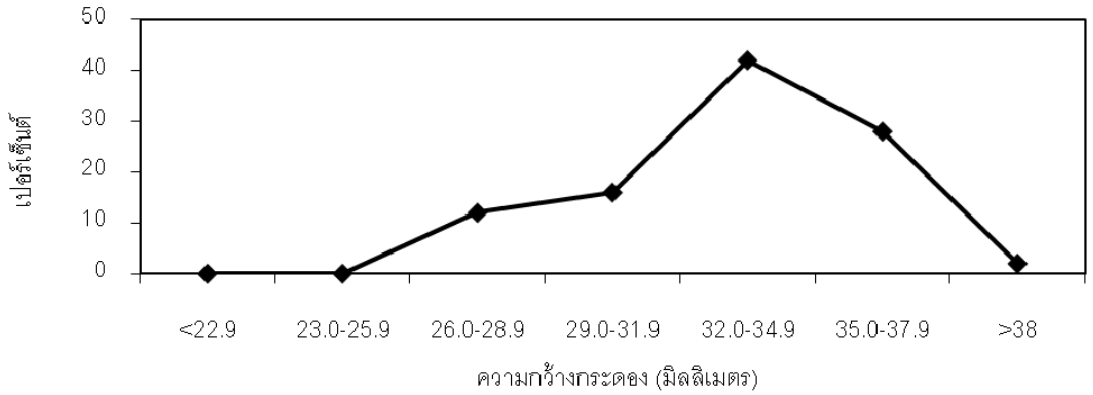
รูปที่ 26 ค่าดัชนีสมบูรณ์เพศ (GSI) ของปูแสม *N. mederi* เพศเมียในแต่ละระยะของการพัฒนารังไข่ของปู แต่ละขนาดความกว้างกระดองในช่วงฤดูการวางไข่ (กันยายน พ.ศ.2552) บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช



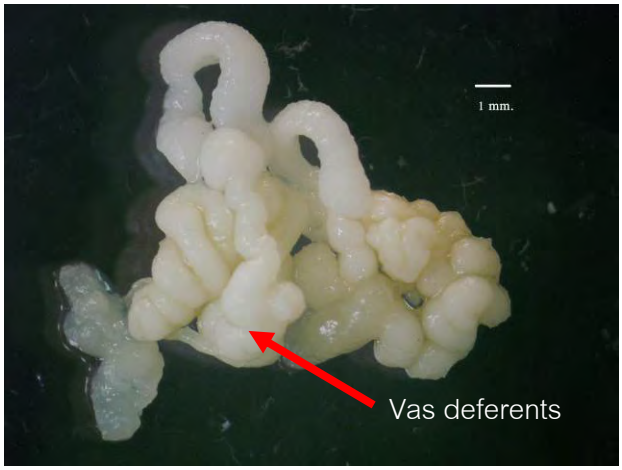
รูปที่ 27 ระยะที่มีการเจริญของเอ็มบริโอของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ข. ประชากรปูแสมเพศผู้ในวัยเจริญพันธุ์บริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ปูแสมเพศผู้บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่จับได้มีขนาดความกระดองอยู่ในช่วง 27.85-39.01 มิลลิเมตร (รูปที่ 28) โดยมีความกว้างกระดองเฉลี่ยในเพศผู้ คือ 32.47 มิลลิเมตร ปูแสมเพศผู้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเจริญพันธุ์แล้ว มีการเจริญของอัณฑะซึ่งเป็นอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในเพศผู้อยู่ในระยะที่ 2 และ 3 อัณฑะมีขนาดใหญ่ มีสีขาวขุ่น ท่อ vas deference มีการขดงอเป็นเกลียวแน่น (รูปที่ 29)



รูปที่ 28 ขนาดความกว้างกระดองของปูแสมเพศผู้ *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2552



รูปที่ 29 อัณฑะของปูแสม *N. mederi* เพศผู้ที่มีลูกศรชี้ บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

3. สรุปประชากรปูแสมเพศเมียในวัยเจริญพันธุ์ในบริเวณที่ทำการศึกษา

เมื่อทำการเปรียบเทียบประชากรปูแสมเพศเมียที่เริ่มสมบูรณ์เพศระหว่างสองบริเวณที่ทำการศึกษา คือ บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามกับป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ประชากรปูแสมเพศเมียที่เริ่มสมบูรณ์เพศบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนมีขนาดความกว้างกระดองใกล้เคียงกับปูแสมเพศเมียบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกับค่า GSI ในทั้งสองบริเวณมีค่าใกล้เคียงกันแต่พบว่าขนาดของไข่และความดกไข่ของปูแสมเพศเมียทั้งสองบริเวณมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปูแสมเพศเมียบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนมีขนาดไข่ที่ใหญ่กว่าแต่มีความดกไข่น้อยกว่าปูแสมเพศเมียบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง เมื่อเปรียบเทียบปูแสมเพศเมียที่มีขนาดเท่ากัน (ตารางที่ 5)

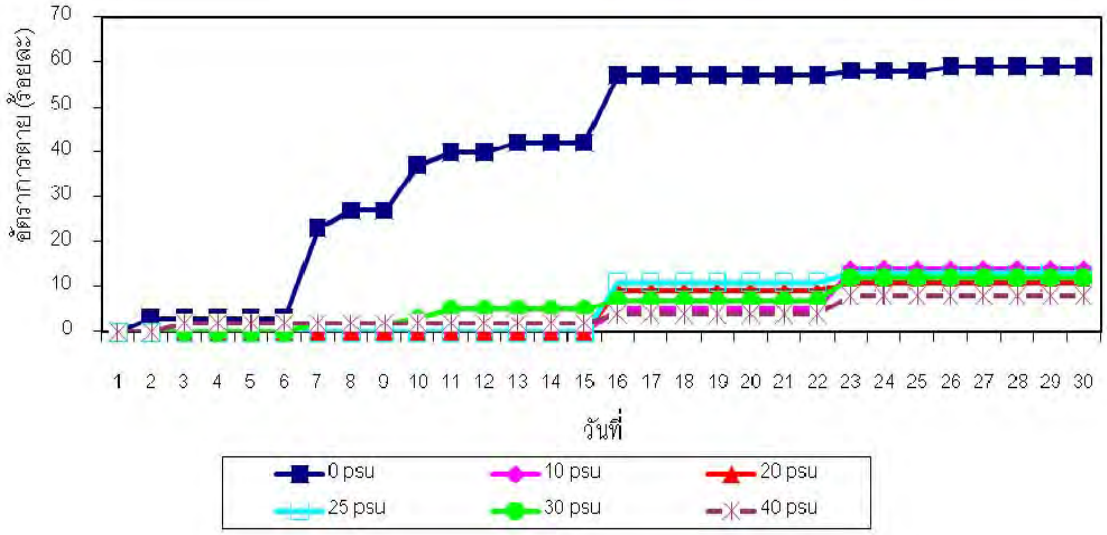
ตารางที่ 5 เปรียบเทียบขนาดไข่และความดกไข่ของประชากรปูแสม *N. mederi* เพศเมียบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามและป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ความกว้างกระดองปูแสมเพศเมีย (มิลลิเมตร)	ป่าชายเลนบ้านคลองโคน		ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง	
	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ไมครอน)	ความดกไข่ (ฟอง)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ไมครอน)	ความดกไข่ (ฟอง)
31.92	220	72,900	201	166,600
34.23	223	106,300	202	194,500

ระดับความเค็มและระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสม

1.ระดับความเค็มและระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสมจากบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

เมื่อทำการศึกษาระดับความเค็มที่ส่งผลต่อปูแสมที่เก็บตัวอย่างจากป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม โดยทำการเลี้ยงปูแสมในระดับความเค็ม 6 ระดับ คือ 0,10,20,25,30 และ 40 psu พบว่าที่ระดับความเค็ม 0 psu ปูแสมไม่สามารถอาศัยอยู่ได้โดยมีอัตราการตายสูงถึงร้อยละ 59 เมื่อสิ้นสุดการทดลองปูแสมเพศเมียและเพศผู้มีอัตราการตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ เพศเมียมีอัตราการตายร้อยละ 60 เพศผู้มีอัตราการตายร้อยละ 55 โดยการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของปูแสมจะมีอัตราการตายสูงในช่วงสองสัปดาห์แรก ปูจะเริ่มกินอาหารเพียงเล็กน้อยในสัปดาห์ที่สามซึ่งปูแสมบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม สามารถดำรงชีวิตได้ที่ระดับความเค็ม 10-40 psu โดยมีระดับความเค็มที่เหมาะสมคือ 20-25 psu ซึ่งถือเป็นช่วง Biokinetic zone หรือ zone of capacity adaptation เนื่องจากปูแสมสามารถปรับตัวในการดำรงชีวิตอยู่ได้เป็นอย่างดี (รูปที่ 30) ระดับความเค็มที่สูงหรือต่ำกว่าระดับความเค็มที่เหมาะสม เป็นช่วง Lethal zone หรือ zone of resistance adaptation เป็นระดับความเค็มที่เกิดภาวะเครียดในปูแสมโดยเฉพาะระดับความเค็มต่ำที่พบว่ามีอัตราการตายสูงต่อเนื่องตลอดการทดลอง

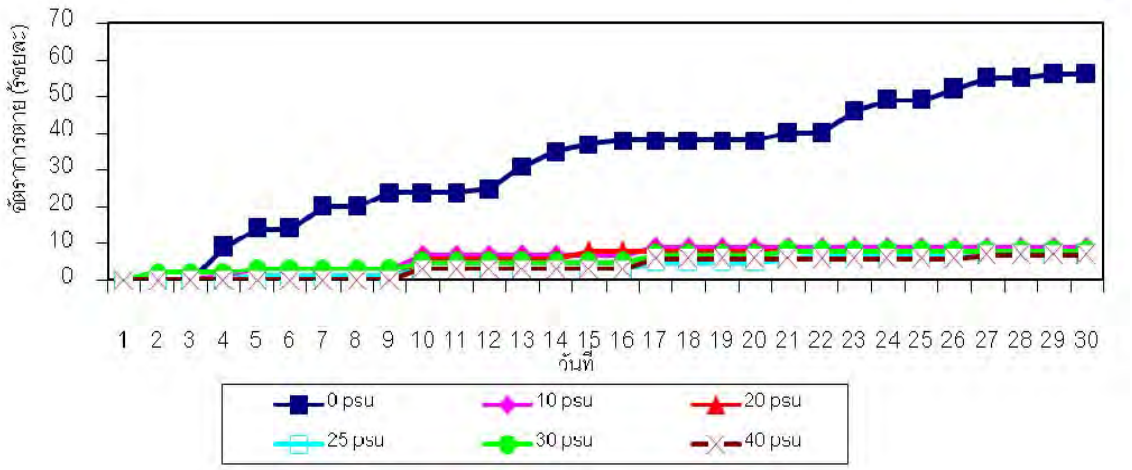


รูปที่ 30 อัตราการตายของปูแสม *N. mederi* จากป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ

เมื่อทำการศึกษาระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ส่งผลต่อปูแสมที่เก็บตัวอย่างจากป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ปูแสมสามารถอาศัยอยู่ได้ดีและอยู่รอดทั้งหมดในทุกระดับปริมาณออกซิเจนละลายทั้ง 3 ระดับที่ทำการศึกษาได้แก่ ระดับออกซิเจนละลายน้ำปกติ (normoxia), ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (hypoxia) และระดับที่ไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเลย (anoxia)

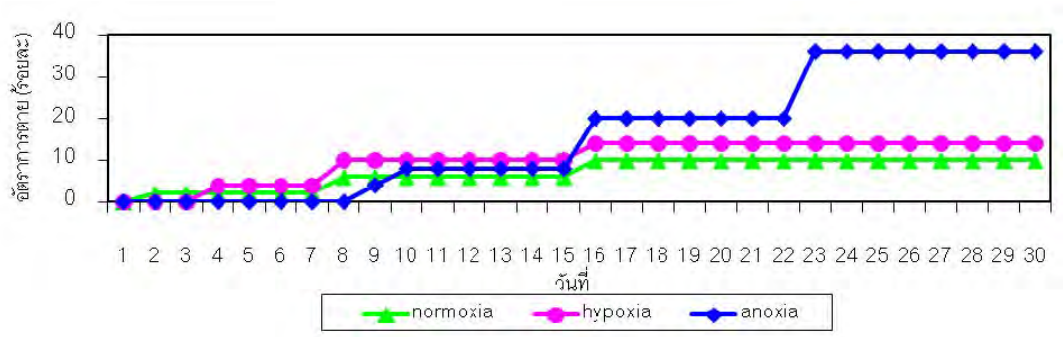
2. ระดับความเค็มและระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสมจากบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ปูแสมที่เก็บตัวอย่างจากป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยทำการเลี้ยงปูแสมในระดับความเค็ม 6 ระดับ คือ 0,10,20,25,30 และ 40 psu พบว่าที่ระดับความเค็ม 0 psu ปูแสมไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ โดยมีอัตราการตายสูงถึงร้อยละ 56 เมื่อสิ้นสุดการทดลองปูแสมเพศเมียและเพศผู้มีอัตราการตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ เพศเมียอัตราการตายร้อยละ 60 ในขณะที่ปูแสมเพศเมียมีอัตราการตายร้อยละ 52 โดยการตอบสนองต่อระดับความเค็มต่ำของปูแสมจะมีอัตราการตายตลอดการทดลอง ปูแสมเริ่มกินอาหารเพียงเล็กน้อยในสัปดาห์ที่สาม ปูแสมจากป่าชายเลนอ่าวปากพนังสามารถทนต่อระดับความเค็มสูงได้ดีซึ่งปูแสมจากป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช สามารถดำรงชีวิตได้ที่ระดับความเค็ม 10-40 psu ระดับความเค็มที่เหมาะสมคือ 25-30 psu (รูปที่ 31) เป็นช่วง Biokinetic zone หรือ zone of capacity adaptation เนื่องจากปูแสมสามารถปรับตัวในการดำรงชีวิตอยู่ได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 31 อัตราการตายของปูแสม *N. mederi* จากป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ

เมื่อทำการศึกษาระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ส่งผลต่อปูแสมที่เก็บตัวอย่างจากป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ปูแสมสามารถอาศัยได้ในทุกระดับปริมาณออกซิเจนละลาย 3 ระดับ ซึ่งได้แก่ ระดับออกซิเจนละลายน้ำปกติ (normoxia), ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (hypoxia) และระดับที่ไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเลย (anoxia) (รูปที่ 32) ปูแสมที่อาศัยอยู่ในระดับออกซิเจนละลายน้ำปกติเกิดการตายขึ้นเนื่องจากมีปูแสมที่กำลังการลอกคราบซึ่งเป็นภาวะที่ปูแสมอ่อนแอ อาจถูกปูแสมตัวอื่นกินได้ง่าย



รูปที่ 32 อัตราการตายของปูแสม *N. mederi* จากป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่างๆ

ปูแสมที่โตเต็มวัยจากทั้งสองบริเวณ คือป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามและป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีขอบเขตความทนทานต่อความเค็มในช่วงกว้าง โดยสามารถดำรงชีวิตได้ที่ระดับความเค็ม 10-40 psu ระดับความเค็มที่เหมาะสมของปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม คือ 20-25 psu ส่วนระดับความเค็มที่เหมาะสมของปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชมีค่าสูงกว่า คือ 25-30 psu ผลจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปูแสมจากป่าชายเลนบ้านคลองโคนมีอัตราการตายสูงกว่าปูแสมจากป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ทั้งนี้เพราะปูแสมจากป่าชายเลนบ้านคลองโคนอยู่ในสภาพแวดล้อมที่คงที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มในรอบวันหรือตามฤดูกาลเท่านั้น ในขณะที่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลทั้งจากการปิด-เปิดประตูน้ำอุทกวิภาชประสิทธิประกอบกับการเปลี่ยนแปลงความเค็มในรอบวันหรือตามฤดูกาลที่มีความผันแปรค่อนข้างสูง ทำให้ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณนี้มีการปรับตัวต่อภาวะที่ระดับความเค็มที่ไม่เหมาะสมได้เป็นอย่างดี จากการสังเกตระหว่างการทำการทดลองพบปูแสมทั้งสองบริเวณมักเกาะบริเวณฝากล่องโฟมที่เลี้ยงซึ่งเป็นพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงไม่ให้ตัวมันสัมผัสกับน้ำที่ระดับความเค็มไม่เหมาะสมในระหว่างที่ทำการศึกษาพฤติกรรมดังกล่าวช่วยให้ปูแสมสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เป็นระยะเวลานานในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

ปูแสมสามารถปรับตัวให้อาศัยอยู่บริเวณที่มีระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ หรือระดับที่ไม่มีออกซิเจนละลายน้ำได้ดี เนื่องจากปูแสมทั้งสองบริเวณที่นำมาทำการศึกษามีการเติบโตระหว่างที่ทำการศึกษาโดยมีการลอกคราบเพื่อขยายขนาดตัวและมีการกินอาหารตลอดการทดลอง ในกล่องทดลองระดับที่ไม่มีออกซิเจนละลายน้ำปูแสมมักเกาะบริเวณฝากล่องโฟมที่เลี้ยงตลอดเวลาเพื่อไม่ให้ตัวมันสัมผัสกับน้ำที่ไม่มีออกซิเจนละลายอยู่

ลักษณะเซลล์เม็ดเลือดในปูแสม

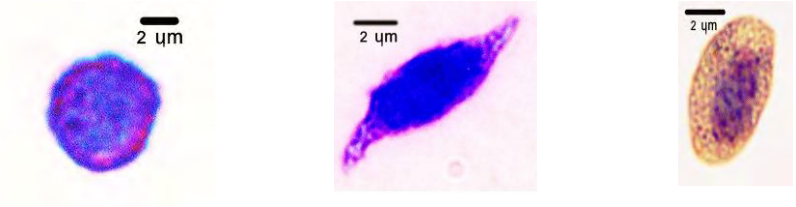
จากการศึกษาลักษณะเซลล์เม็ดเลือดในปูแสม หลังจากนำมาย้อมด้วยสีไรต์-จิมซา แล้วศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยพิจารณาจากลักษณะสัณฐานวิทยาของเซลล์เม็ดเลือดแต่ละชนิด ขนาด รูปร่างของเซลล์ ขนาดของนิวเคลียสภายในเซลล์ แกรนูลที่อยู่บริเวณไซโทพลาสซึมและสัดส่วนนิวเคลียสต่อไซโทพลาสซึม (N:C ratio) สามารถแบ่งเซลล์เม็ดเลือดได้ 3 ชนิดได้แก่

1. Hyaline cell เป็นเซลล์เม็ดเลือดที่รูปร่างกลม (round shape) มีขนาดเล็กที่สุด โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเซลล์ 6.19-7.73 ไมครอน นิวเคลียสมีขนาดใหญ่เฉลี่ย 3.60 ไมครอน ภายในไซโทพลาสซึมพบแกรนูลน้อยมากร้อย

ละ 5-10 จนเกือบไม่มีแกรนูลเลย เซลล์ชนิดนี้มีสัดส่วนนิวเคลียสต่อไซโทพลาสซึม (N:C ratio) เท่ากับ 0.7 (รูปที่ 33 ก)

2. Small granular cell เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างคล้ายกระสวย (spindle shape) ปลายทั้งสองด้านมีลักษณะเรียวแหลม เป็นส่วนยื่นของเซลล์ (cell process) เซลล์มีความกว้าง 3.27 ไมครอน ความยาว 6.82 ไมครอน นิวเคลียสมีขนาดเฉลี่ย 3.00 ไมครอน พบแกรนูลละเอียดกระจายอยู่ภายในไซโทพลาสซึม เซลล์ชนิดนี้มีสัดส่วนนิวเคลียสต่อไซโทพลาสซึม (N:C ratio) น้อยกว่า 0.33 (รูปที่ 33 ข)

3. Large granular cell เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างคล้ายหยดน้ำ (dew shape) ปลายด้านหนึ่งมีลักษณะเรียวแหลม เป็นส่วนยื่นของเซลล์ (cell process) เพียงด้านเดียวเท่านั้น เซลล์มีความกว้าง 3.17 ไมครอน ความยาว 7.22 ไมครอน นิวเคลียสมีขนาดเฉลี่ย 3.00 ไมครอน พบแกรนูลหยาบกระจายอยู่ภายในไซโทพลาสซึม เซลล์ชนิดนี้มีสัดส่วนนิวเคลียสต่อไซโทพลาสซึม (N:C ratio) มากกว่า 0.33 (รูปที่ 33 ค)



ก. ข. ค.

รูปที่ 33 เซลล์เม็ดเลือดในปูแสม *N. mederi*

ก. Hyaline cell ข. Small granular cell ค. Large granular cell

ค่าปกติทางโลหิตวิทยาของปูแสมในธรรมชาติ

1. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

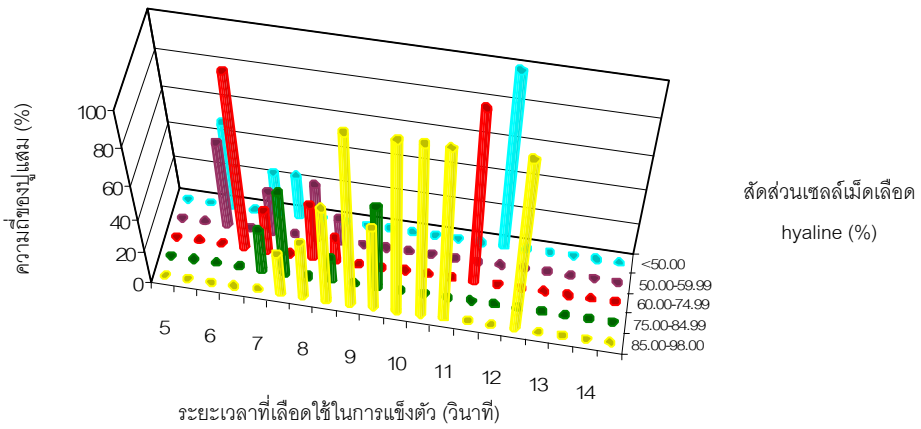
จากการเก็บตัวอย่างปูแสมในธรรมชาติที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งประกอบด้วยเพศเมีย 35 ตัว และเพศผู้ 25 ตัว สรุปค่าปกติทางโลหิตวิทยาดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่า ปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวอยู่ในช่วง 6 – 14 วินาที ปูแสมเพศเมียส่วนใหญ่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวอยู่ในช่วง 9-11 วินาที มีทั้งสิ้น 18 ตัว คิดเป็นร้อยละ 51.40 สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงร้อยละ 85-98 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ปูแสมเพศเมียที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวอยู่ในช่วง 6-8 วินาที มีทั้งสิ้น 14 ตัว คิดเป็นร้อยละ 40 และปูแสมเพศเมียที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวอยู่ในช่วง 12-14 วินาที มีทั้งสิ้น 3 ตัว คิดเป็นร้อยละ 8.60 (ตารางที่ 7) โดยสัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดในปูแสมเพศเมียมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 6 ค่าปกติทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	เพศเมีย	เพศผู้
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	8.64±1.59	7.64±1.10
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 75	hyaline cell ร้อยละ 84
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79\times10^{5} \pm 3.01\times10^{5}$	$8.58\times10^{5} \pm 5.57\times10^{5}$

ตารางที่ 7 สัดส่วนของปูแสม *N. mederi* เพศเมียในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ที่มีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวคิดเป็นร้อยละโดยมีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ระดับต่างกัน (N=35 ตัว)

สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell (%)	สัดส่วนของปูแสมที่มีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว (%)		
	6-8 วินาที (N=14)	9-11 วินาที (N=18)	12-14 วินาที (N=3)
98.00 - 85.00	5.6	28.6	2.9
84.99 - 75.00	8.6	17	0.0
74.99 - 60.00	8.6	2.9	2.9
59.99 – 50.00	8.6	2.9	0.0
< 50.00	8.6	0	2.9



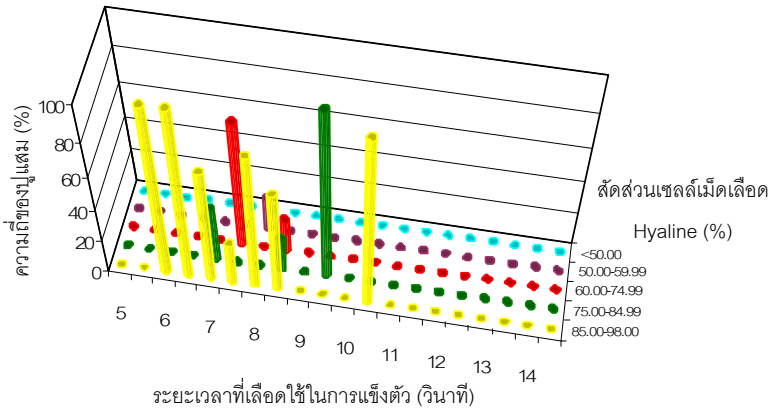
รูปที่ 34 ค่าปกติทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* เพศเมียในป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.64±1.59 วินาที โดยพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 34) ในสัดส่วนร้อยละ 75 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด small granular cell สัดส่วนร้อยละ 24 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด โดยเซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด

ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวอยู่ในช่วง 6-11 วินาที ปูแสมเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว 6-8 วินาที มีทั้งสิ้น 18 ตัว คิดเป็นร้อยละ 72 สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงร้อยละ 85-98 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ปูแสมเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว 9-11 วินาที มีทั้งสิ้น 7 ตัว คิดเป็นร้อยละ 28 (ตารางที่ 8) โดยสัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดในปูแสมเพศผู้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 8 สัดส่วนของปูแสม *N. mederi* เพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ที่มีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวคิดเป็นร้อยละโดยมีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ระดับต่างกัน (N=25 ตัว)

สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell (%)	สัดส่วนของปูแสมที่มีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว (%)		
	6-8 วินาที (N=18)	9-11 วินาที (N=7)	12-14 วินาที (N=0)
98.00 - 85.00	52	16	0
84.99 - 75.00	0	8	0
74.99 - 60.00	12	4	0
59.99 – 50.00	8	0	0
< 50.00	0	0	0

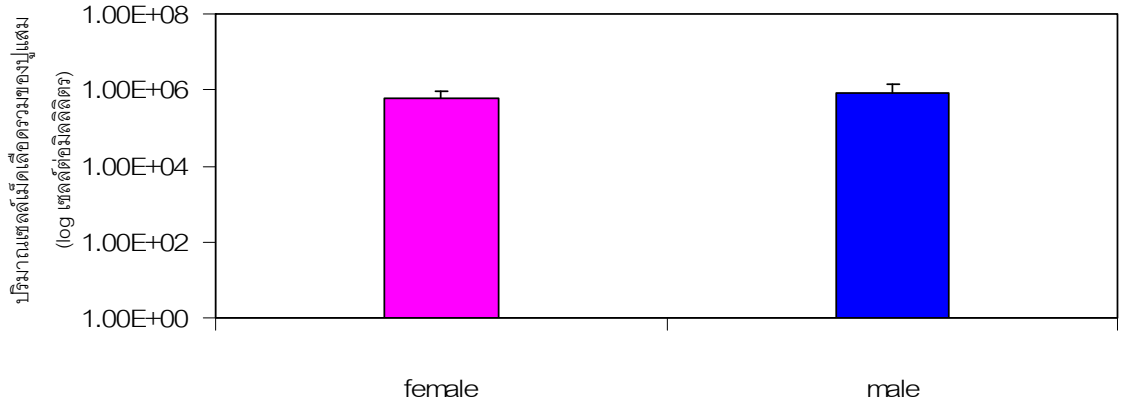


รูปที่ 35 ค่าปกติทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* เพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.64±1.10 วินาที โดยพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 35) ในสัดส่วนร้อยละ 84 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ซึ่งสัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ที่พบสูงกว่าในปูแสมเพศเมีย รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด small granular cell สัดส่วนร้อยละ 15 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด โดยเซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสมเพศเมียและเพศผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $5.79 \times 10^5 \pm 3.01 \times 10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับในปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $8.58 \times 10^5 \pm 5.57 \times 10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 36)



รูปที่ 36 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

2. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

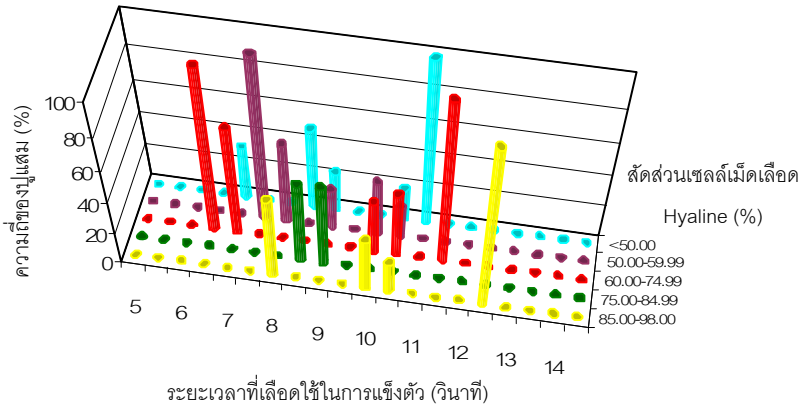
จากการเก็บตัวอย่างปูแสมในธรรมชาติที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งประกอบด้วยเพศเมีย 25 ตัว และเพศผู้ 25 ตัว โดยมีค่าปกติทางโลหิตวิทยาสรุปในตารางที่ 9 พบว่า ปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวอยู่ในช่วง 6- 14 วินาที ปูแสมเพศเมียส่วนใหญ่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว 9 - 11 วินาที มีทั้งสิ้น 14 ตัว คิดเป็นร้อยละ 56 สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงน้อยกว่าร้อยละ 50 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ปูแสมเพศเมียที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว 6-8 วินาที มีทั้งสิ้น 9 ตัว คิดเป็นร้อยละ 36 ปูแสมเพศเมียที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว 12-14 วินาที มีทั้งสิ้น 2 ตัว คิดเป็นร้อยละ 8 (ตารางที่ 10) สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดในปูแสมเพศเมียมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 9 ค่าปกติทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	เพศเมีย	เพศผู้
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	9.36±1.69	10.10±1.55
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 63	small granular cell ร้อยละ 58
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79 \times 10^5 \pm 3.01 \times 10^5$	$8.58 \times 10^5 \pm 5.57 \times 10^5$

ตารางที่ 10 สัดส่วนของปูแสม *N. mederi* เพศเมียบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังที่มีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวคิดเป็นร้อยละโดยมีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ระดับต่างกัน (N=25 ตัว)

สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell (%)	สัดส่วนของปูแสมที่มีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว (%)		
	6-8 วินาที (N=9)	9-11 วินาที (N=14)	12-14 วินาที (N=2)
98.00 - 85.00	4	8	4
84.99 - 75.00	4	8	4
74.99 - 60.00	12	12	0
59.99 – 50.00	8	8	0
< 50.00	8	20	0



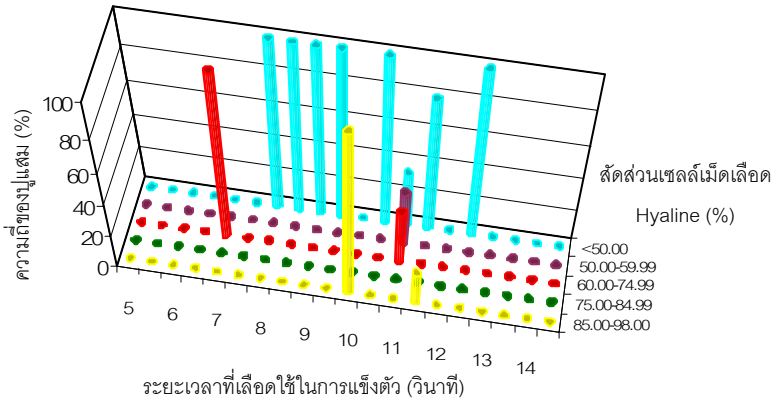
รูปที่ 37 ค่าปกติทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* เพศเมียในป่าชายเลนบ้านอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง โดยปูแสมเพศเมียในธรรมชาติที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.36±1.69 วินาที โดยพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นเหมือนกับปูแสมป่าชายเลนบ้านคลองโคนซึ่งมีเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น คือ hyaline cell (รูปที่ 37) ในสัดส่วนร้อยละ 63 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด small granular cell สัดส่วนร้อยละ 36 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด

ปูแสมเพศผู้บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวอยู่ในช่วง 6 - 14 วินาที ปูแสมเพศผู้ส่วนใหญ่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว 9-11 วินาที มีทั้งสิ้น 13 ตัว คิดเป็นร้อยละ 52 โดยสัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงน้อยกว่าร้อยละ 50 ปูแสมเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว 12-14 วินาที มีทั้งสิ้น 7 ตัว คิดเป็นร้อยละ 28 ปูแสมเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว 6-8 วินาที มีทั้งสิ้น 5 ตัว คิดเป็นร้อยละ 20 (ตารางที่ 11) สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดในปูแสมเพศผู้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 11 สัดส่วนของปูแสม *N. mederi* เพศผู้บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังที่มีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว คิดเป็นร้อยละโดยมีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ระดับต่างกัน (N=25 ตัว)

สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell (%)	สัดส่วนของปูแสมที่มีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว (%)		
	6-8 วินาที (N=5)	9-11 วินาที (N=13)	12-14 วินาที (N=7)
98.00 - 85.00	0	4	4
84.99 - 75.00	0	0	0
74.99 - 60.00	4	4	0
59.99 – 50.00	0	4	0
< 50.00	16	40	24

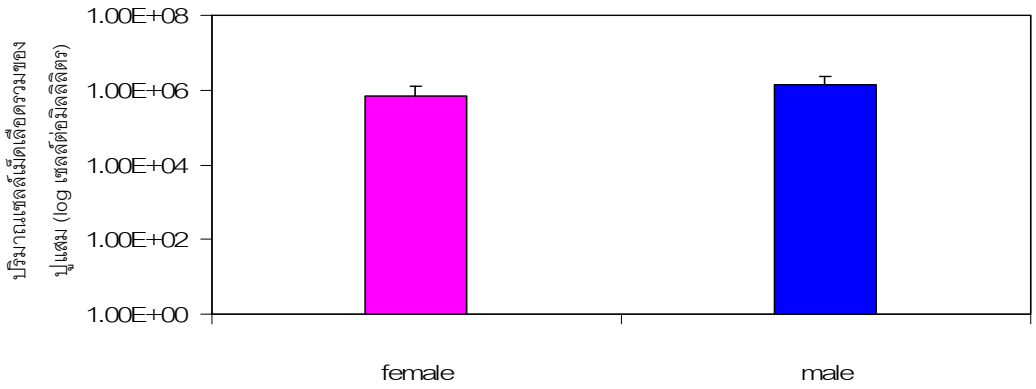


รูปที่ 38 ค่าปกติทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* เพศผู้ในป่าชายเลนบ้านอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 10.10±1.55 วินาที โดยพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 38) ในสัดส่วนร้อยละ 58 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ซึ่งแตกต่างจากปูแสมบริเวณป่าชายเลนที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนที่พบเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น ปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังมีสัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือด small granular cell ที่พบในเพศผู้สูงกว่าในเพศเมีย รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 42 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสมเพศเมียและเพศผู้บริเวณอ่าวปากพนังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย 6.88 $\times 10^5 \pm$ 6.04×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าในปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย 1.43 $\times 10^6 \pm$ 9.02×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 39)



รูปที่ 39 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

จากการศึกษาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในธรรมชาติพบว่า ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช เนื่องจากปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่นเช่นเดียวกับปูแสมเพศเมียบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในขณะที่ปูแสมเพศผู้บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น โดยปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมน้อยกว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม

ก่อนเริ่มทำการทดลอง นำปูแสมมาทำการปรับสภาพให้คุ้นชินกับการทดลองเป็นระยะเวลา 14 วัน โดยมีค่าปกติทางโลหิตวิทยาอยู่ในช่วงเดียวกับปูแสมที่อาศัยอยู่ในธรรมชาติ จากนั้นจึงเริ่มทำการเลี้ยงปูแสมที่ระดับความเค็มที่แตกต่างกัน

1. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ตารางที่ 12 เป็นการเปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสมมีค่าความผันแปรอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

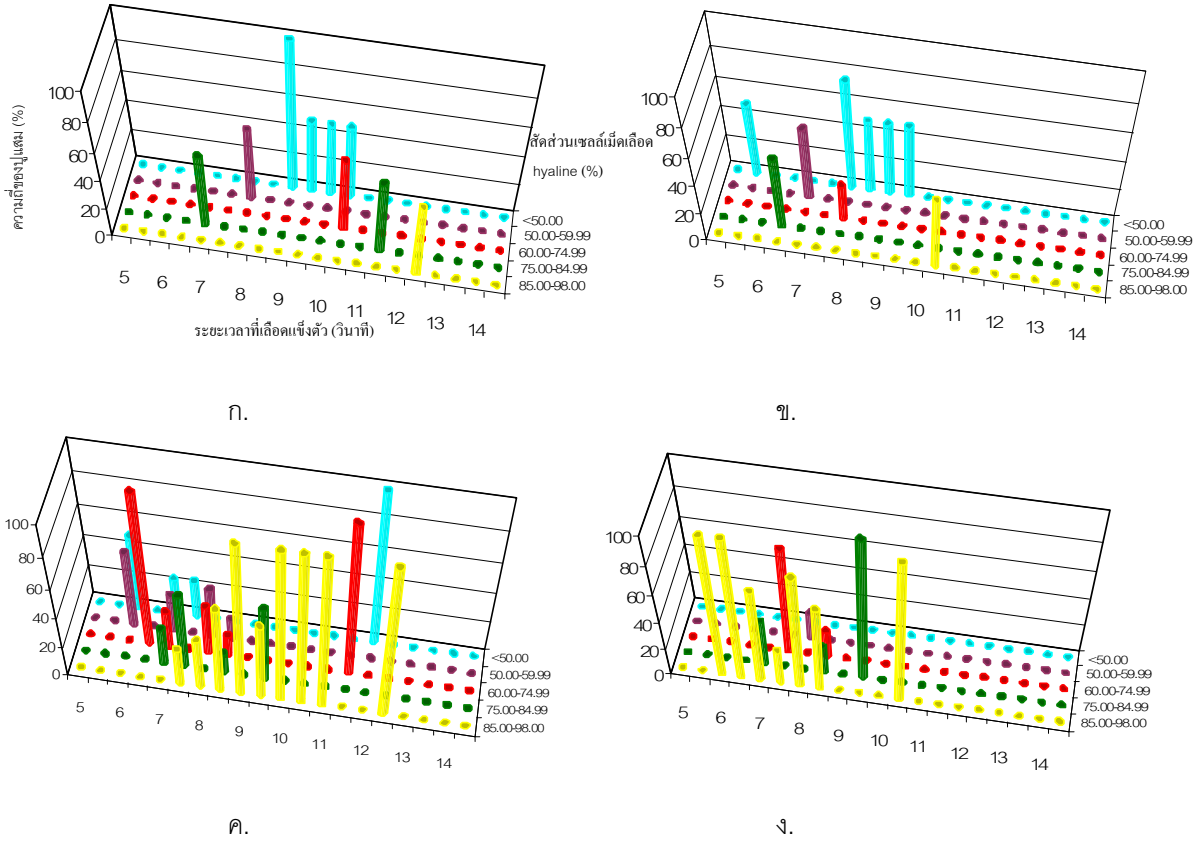
ตารางที่ 12 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน

ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	ปูแสมในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน		ปูแสมป่าชายเลนบ้านคลองโคนที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 20-25 psu	
	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	8.64±1.59	7.64±1.10	10.33±2.12	9.48±1.47
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 75	hyaline cell ร้อยละ 84	hyaline cell ร้อยละ 72	hyaline cell ร้อยละ 78
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79\times10^5 \pm 3.01\times10^5$	$8.58\times10^5 \pm 5.57\times10^5$	$9.89\times10^5 \pm 4.98\times10^5$	$6.29\times10^5 \pm 4.21\times10^5$

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับความเค็มเหมาะสม คือ 20-25 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.75±1.62 วินาที ซึ่งช้ากว่าเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.15±1.29 วินาที โดยในปูแสมเพศเมียมีเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น สัดส่วนร้อยละ 61 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 38 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด แตกต่างจากเพศผู้ที่มีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น ในสัดส่วนร้อยละ 52 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด small granular cell สัดส่วนร้อยละ 47 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ทั้งในปูแสมเพศเมียและเพศผู้(รูปที่ 40)

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะยาวที่ระดับความเค็มเหมาะสม คือ 20-25 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวช้ากว่าการทดลองในระยะสั้น เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 10.33±2.12 วินาที ซึ่งช้ากว่าเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.48±1.47 วินาที โดยพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 41) ทั้งในเพศเมียและเพศผู้ เพศเมียพบสัดส่วน hyaline cell ร้อยละ 72 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด small granular cell ร้อยละ 27 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดทั้งในปูเพศเมียและเพศผู้คือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 เช่นเดียวกับปูแสมในธรรมชาติ



ก. ข.

ค. ง.

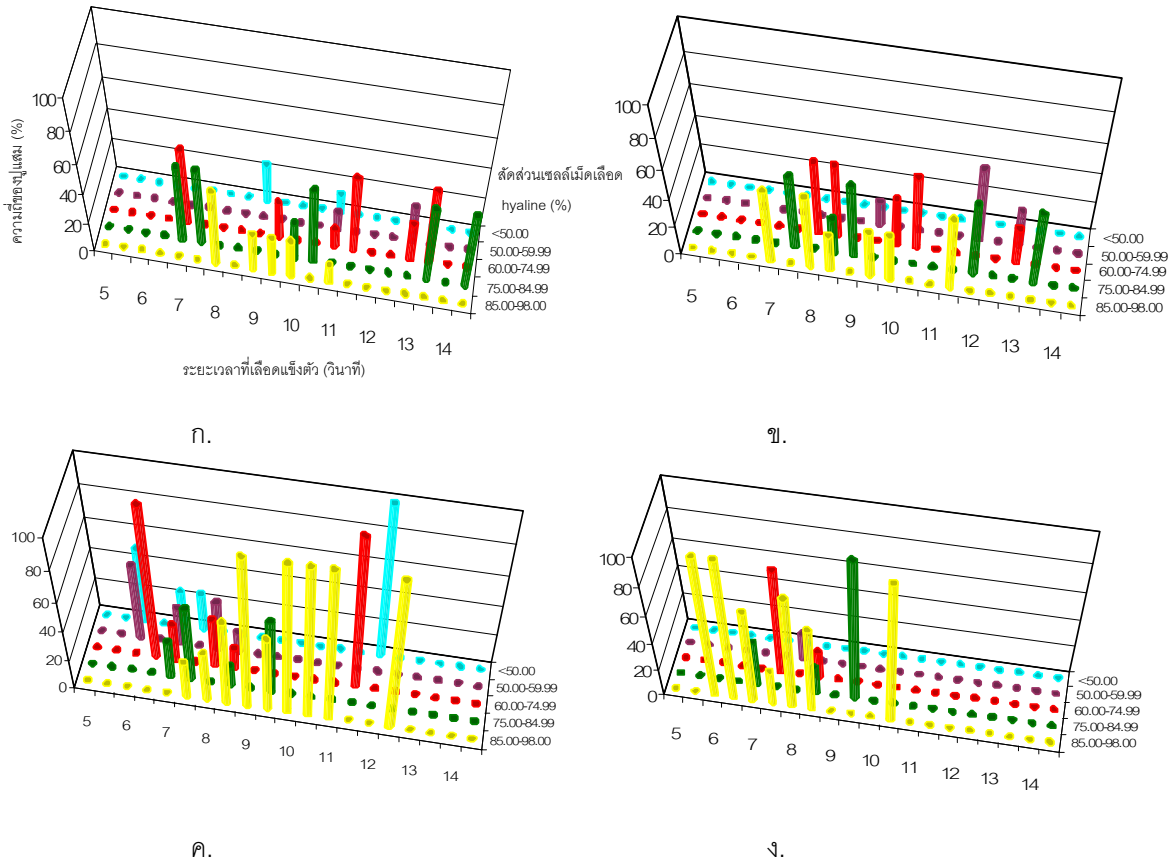
รูปที่ 40 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 20-25 psu

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะสั้น

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม



ก. ข.

ค. ง.

รูปที่ 41 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 20-25 psu

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

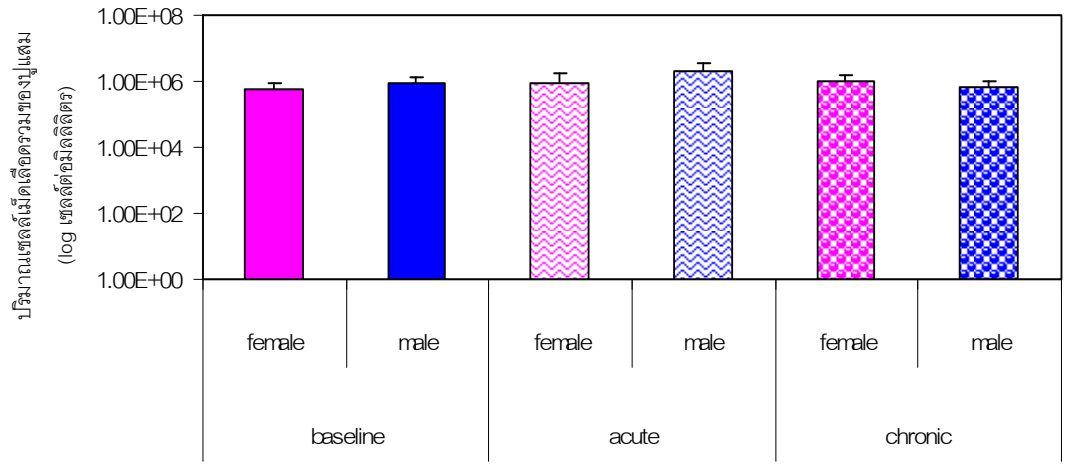
ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะยาว

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับความเค็มเหมาะสม คือ 20-25 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ ปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $9.03\times10^{5}\pm 8.81\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $1.94\times10^{6}\pm 1.55\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร การตอบสนองของปูแสมในระยะยาวปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $9.89\times10^{5}\pm 4.98\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณมากกว่าในปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $6.29\times10^{5}\pm 4.21\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรที่สามารถปรับตัวให้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลง ให้เท่ากับปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสมในธรรมชาติ (รูปที่ 42) โดยปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสมเพศเมียและเพศผู้ที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม ไม่มีความแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 42 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 20-25 psu

2. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ตารางที่ 13 เป็นการเปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมอ่าวปากพนังในธรรมชาติและปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม พบว่าระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นแตกต่างกัน

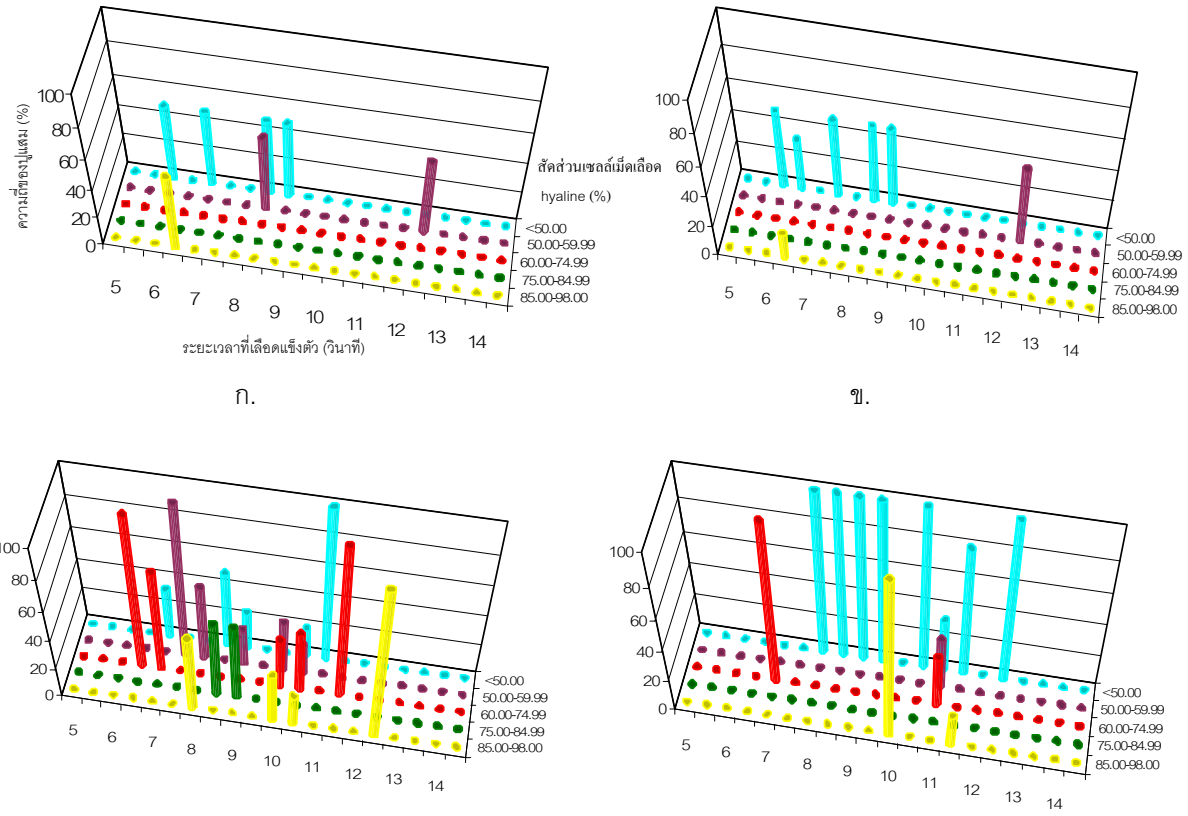
ตารางที่ 13 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง

ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	ปูแสมในธรรมชาติบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช		ปูแสมป่าชายเลนอ่าวปากพนังที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 25-30 psu	
	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	9.36±1.69	10.10±1.55	8.65±1.11	8.23±1.15
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 63	small granular cell ร้อยละ 58	small granular cell ร้อยละ 77	small granular cell ร้อยละ 73
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79\times10^{5}\pm3.01\times10^{5}$	$8.58\times10^{5}\pm5.57\times10^{5}$	$7.57\times10^{5}\pm7.20\times10^{5}$	$3.52\times10^{6}\pm3.21\times10^{6}$

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับความเค็มเหมาะสม คือ 25-30 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกว่าปูแสมในธรรมชาติ โดยเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.58±1.24 วินาที ใกล้เคียงกับเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 6.88±0.77 วินาที โดยทั้งในเพศเมียและเพศผู้มีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell พบเป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 43) เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 49 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ในสัดส่วนร้อยละ 42 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular พบสัดส่วนร้อยละ 9 ส่วนเพศผู้พบเซลล์เม็ดเลือด small granular cell ในสัดส่วนร้อยละ 48 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ในสัดส่วนร้อยละ 40 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนร้อยละ 12 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูงกว่าปูแสมในธรรมชาติ

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะยาวที่ระดับความเค็มเหมาะสม คือ 25-30 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.65±1.11 วินาที ซึ่งไม่แตกต่างกับเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.23±1.15 วินาที โดยทั้งในเพศเมียและเพศผู้มีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 77 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ hyaline cell ในสัดส่วนร้อยละ 16 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด แตกต่างจากปูแสมเพศเมียในธรรมชาติที่มีเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 7 เพศผู้มีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell พบในสัดส่วนร้อยละ 73 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ hyaline cell ในสัดส่วนร้อยละ 21 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 6 (รูปที่ 44)



ก. ข.

ค. ง.

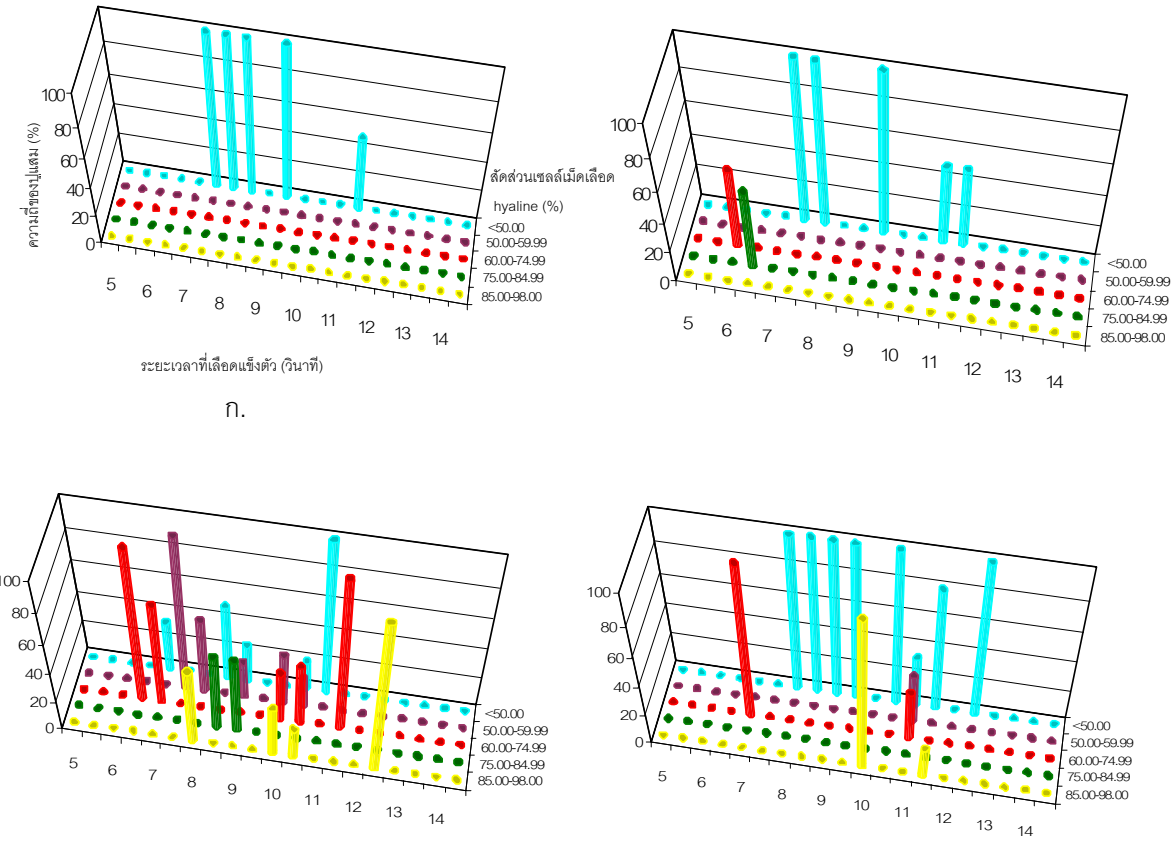
รูปที่ 43 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 25-30 psu

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะสั้น

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช



ก.

ค.

ง.

รูปที่ 44 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 25-30 psu

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

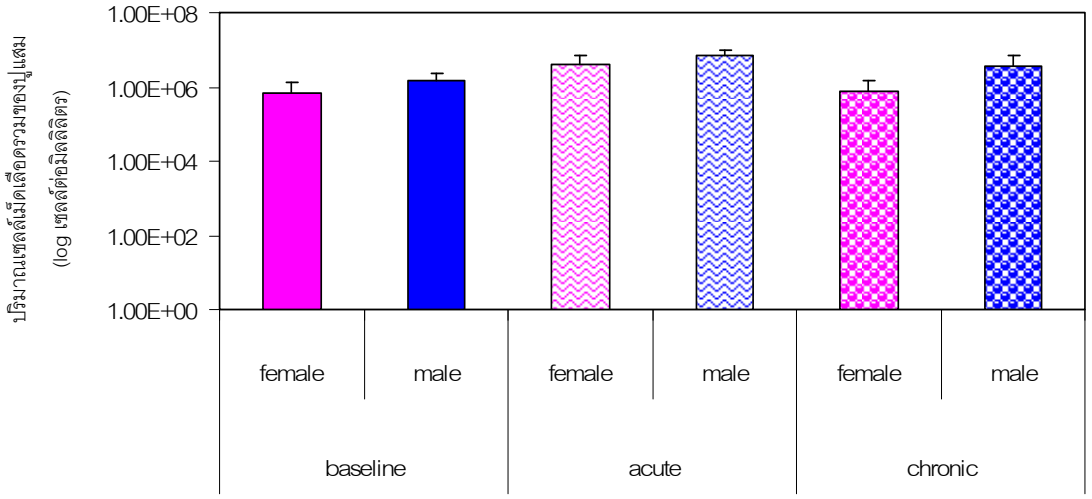
ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะยาว

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับความเค็มเหมาะสม คือ 25-30 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติ พบว่าปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $7.57\times10^{5}\pm 7.20\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $3.52\times10^{6}\pm 3.21\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 45)



รูปที่ 45 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม 25-30 psu

จากการศึกษาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวช้ากว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น เช่นเดียวกับปูแสมในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน โดยปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น เช่นเดียวกับปูแสมในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนและอ่าวปากพนังที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสมมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติ

การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ

1. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ตารางที่ 14 เป็นการเปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมป่าชายเลนบ้านคลองโคนในธรรมชาติและปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ พบว่ามีความแตกต่างกันทั้งระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดและปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม

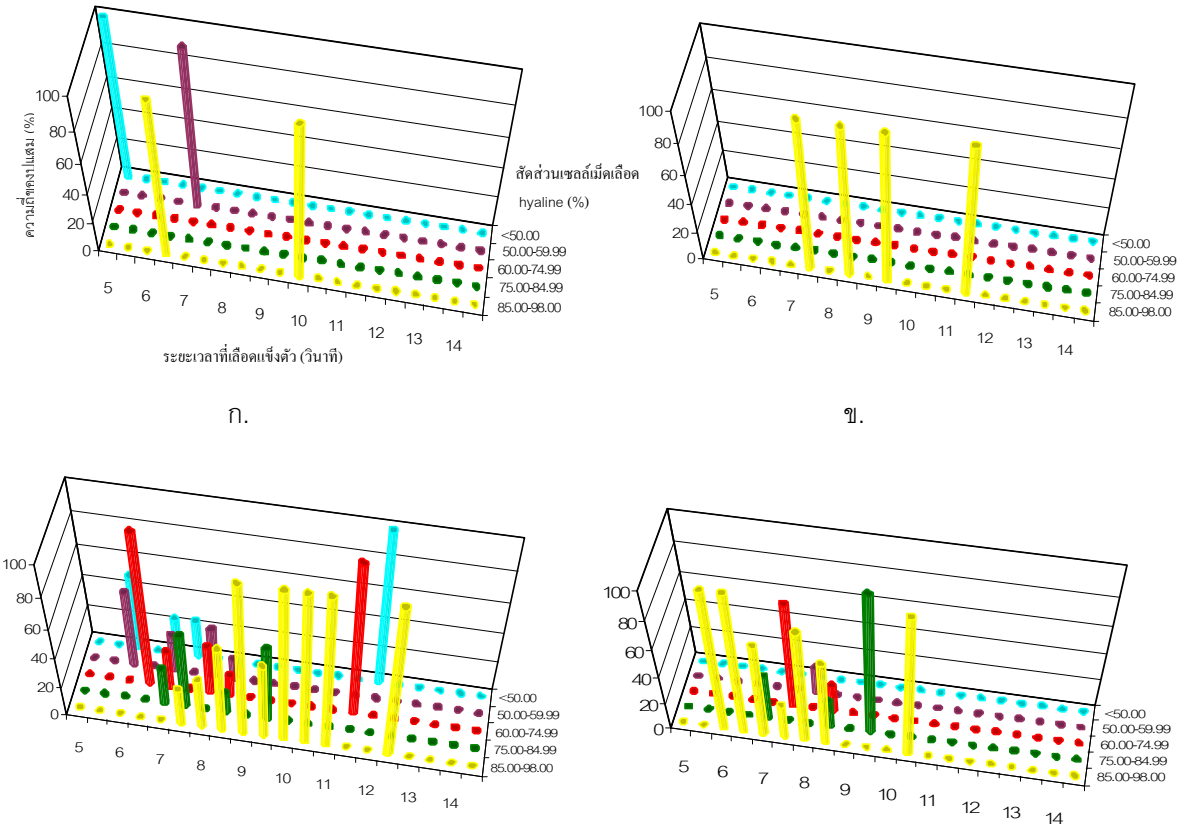
ตารางที่ 14 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน

ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	ปูแสมในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน		ปูแสมป่าชายเลนบ้านคลองโคนที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0 psu
	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	8.64±1.59	7.64±1.10	11.70±3.21
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 75	hyaline cell ร้อยละ 84	hyaline cell ร้อยละ 78
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79\times10^5 \pm 3.01\times10^5$	$8.58\times10^5 \pm 5.57\times10^5$	$3.65\times10^5 \pm 2.42\times10^5$

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับความเค็มต่ำ คือ 0 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.94±1.88 วินาที ใกล้เคียงกับเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.95±2.77 วินาที โดยทั้งในปูแสมเพศเมียและเพศผู้พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 46) เช่นเดียวกับปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 77 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด small granular cell ร้อยละ 22 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด .ในเพศผู้พบ hyaline cell ในสัดส่วนร้อยละ 94 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด small granular cell ร้อยละ 5 โดยเซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดในปูแสมเพศเมียและเพศผู้คือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาวในป่าชายเลนบ้านคลองโคนที่ระดับความเค็มต่ำ คือ 0 psu พบว่าปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวช้ากว่าปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 11.70±3.21 วินาที โดยสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่นเช่นเดียวกับปูในธรรมชาติ (รูปที่ 47) พบได้ในสัดส่วนร้อยละ 78 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด small granular cell ร้อยละ 21 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ในการทดลองระยะยาวที่ระดับความเค็มต่ำปูแสมเพศผู้ตายหมด



ก. ข.

ค. ง.

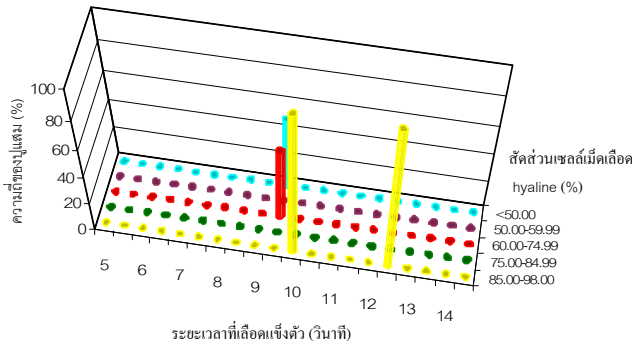
รูปที่ 46 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มระดับความเค็มต่ำ 0 psu

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

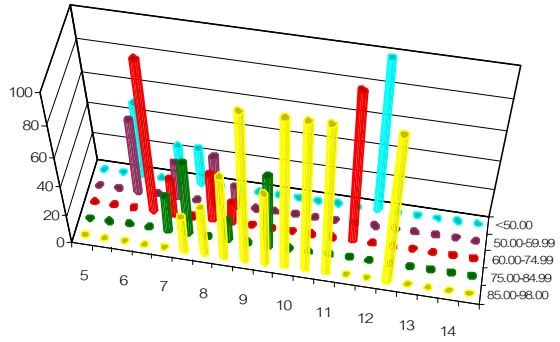
ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะสั้น

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

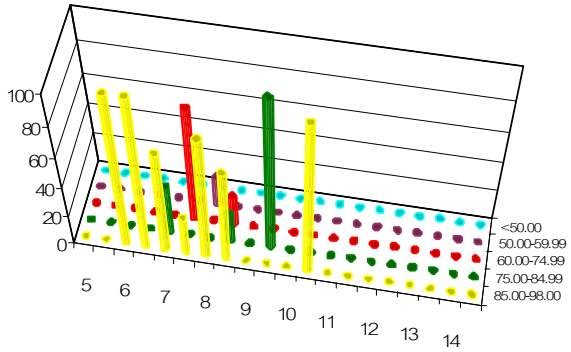
ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม



ก.



ข.



ค.

รูปที่ 47 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มระดับความเค็มต่ำ 0 psu

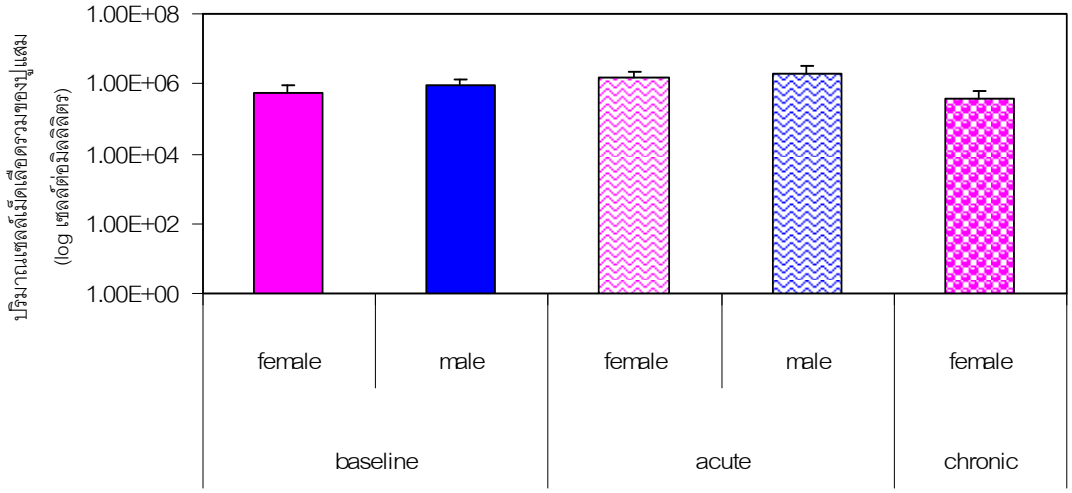
ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

ข. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ค. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับความเค็มต่ำ คือ 0 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ ปูแสมเพศเมียปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $1.44\times10^{6}\pm 7.44\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เพศผู้ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $1.99\times10^{6}\pm 1.06\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งการตอบสนองของปูแสมเพศเมียในระยะยาวพบว่าปูแสมเพศเมียปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ยลดลงเมื่อเทียบกับการทดลองระยะสั้น เพื่อให้มีปริมาณใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติ โดยปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $3.65\times10^{5}\pm 2.42\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 48) ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำไม่มีความแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการทดลองระยะยาวที่ระดับความเค็มต่ำปูแสมเพศผู้ตายหมด



รูปที่ 48 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0 psu

2. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

เมื่อเปรียบเทียบค่าปกติทางโลหิตวิทยาของปูแสมบริเวณอ่าวปากพนังในธรรมชาติและปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ ในตารางที่ 15 พบว่ามีระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมแตกต่างกันดังตารางที่ 15 เช่นเดียวกับสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น

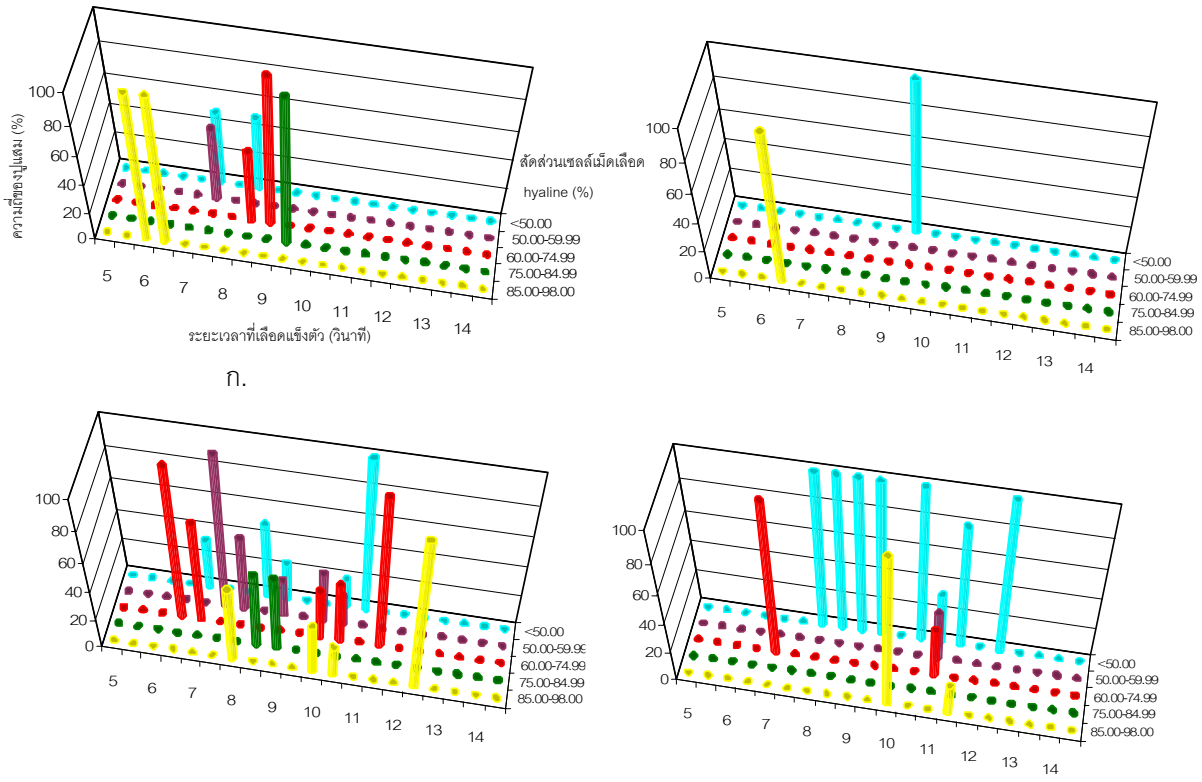
ตารางที่ 15 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง

ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	ปูแสมในธรรมชาติบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช		ปูแสมป่าชายเลนอ่าวปากพนังที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0 psu	
	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	9.36±1.69	10.10±1.55	8.00±1.25	9.38±2.41
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 63	small granular cell ร้อยละ 58	small granular cell ร้อยละ 62	hyaline cell ร้อยละ 50
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79\times10^{5}\pm3.01\times10^{5}$	$8.58\times10^{5}\pm5.57\times10^{5}$	$4.75\times10^{6}\pm2.90\times10^{6}$	$4.41\times10^{6}\pm4.20\times10^{6}$

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับความเค็มต่ำ คือ 0 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.42±0.80 วินาที ไม่แตกต่างจากเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.00±2.12 วินาที ในปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในธรรมชาติพบเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ small granular cell แต่ที่ระดับความเค็มต่ำพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 49) เพศเมียพบได้ในสัดส่วนร้อยละ 63 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เพศผู้ที่พบได้ในสัดส่วนร้อยละ 50 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เพศเมียพบได้ในสัดส่วนร้อยละ 36 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เพศผู้ที่พบได้ในสัดส่วนร้อยละ 39 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ทั้งในเพศเมียและเพศผู้

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะยาวที่ระดับความเค็มต่ำ คือ 0 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.00±1.25 วินาที เพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.38±2.41 วินาที ในเพศเมียเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น คือ small granular cell สัดส่วนร้อยละ 62 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 36 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด แตกต่างจากเพศผู้พบเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่นสัดส่วนร้อยละ 50 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด small granular cell สัดส่วนร้อยละ 47 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด (รูปที่ 50) เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดทั้งในปูแสมเพศเมีย และเพศผู้ คือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 2



ก.

ค.

ง.

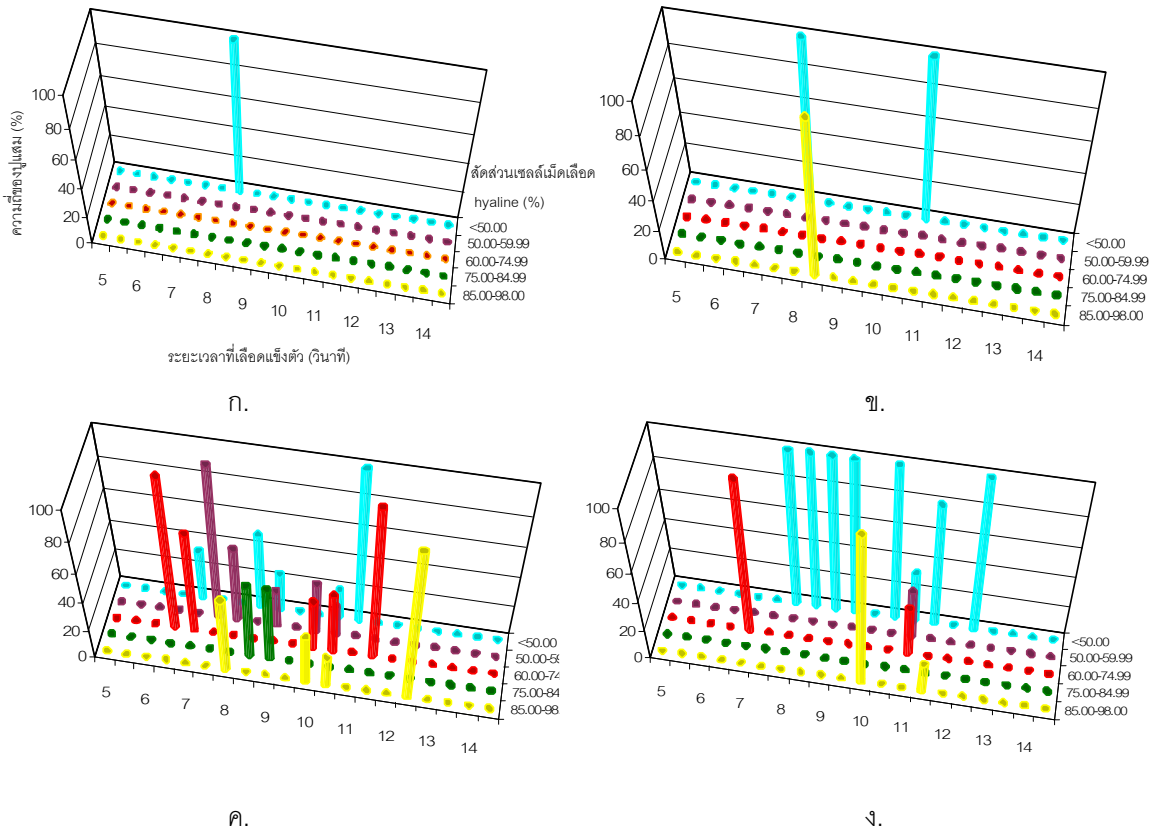
รูปที่ 49 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0 psu

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะสั้น

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 50 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0 psu

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

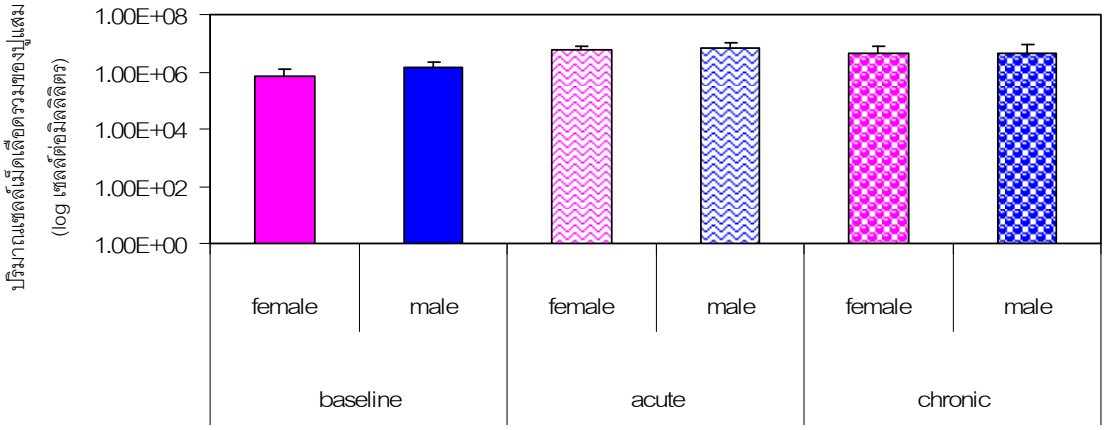
ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะยาว

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับความเค็มต่ำ คือ 0 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ การตอบสนองของปูแสมในระยะยาวปูแสมมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมมีปริมาณใกล้เคียงเช่นเดียวกับการทดลองระยะสั้น พบว่าปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย 4.75 $\times 10^{6} \pm$ 2.90$\times 10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย 4.41 $\times 10^{6} \pm$ 34.20$\times 10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 51) โดยปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสมเพศเมียและเพศผู้มีความแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 51 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0 psu

จากการศึกษาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0 psu ในการทดลองระยะยาว พบว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวช้ากว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ยังคงพบว่าเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่นในปูแสมบ้านคลองโคน เช่นเดียวกับการตอบสนองปูแสมอ่าวปากพนังในการทดลองระยะสั้น แต่ในการทดลองระยะยาวเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่นในปูแสมอ่าวปากพนัง โดยปูแสมบ้านคลองโคนมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมน้อยกว่าปูแสมอ่าวปากพนังซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง

1. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ตารางที่ 16 แสดงค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมป่าชายเลนบ้านคลองโคนในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง พบว่าระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวที่ระดับความเค็มสูงนานกว่าในธรรมชาติ ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมมีค่าลดลงเช่นเดียวกับสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น

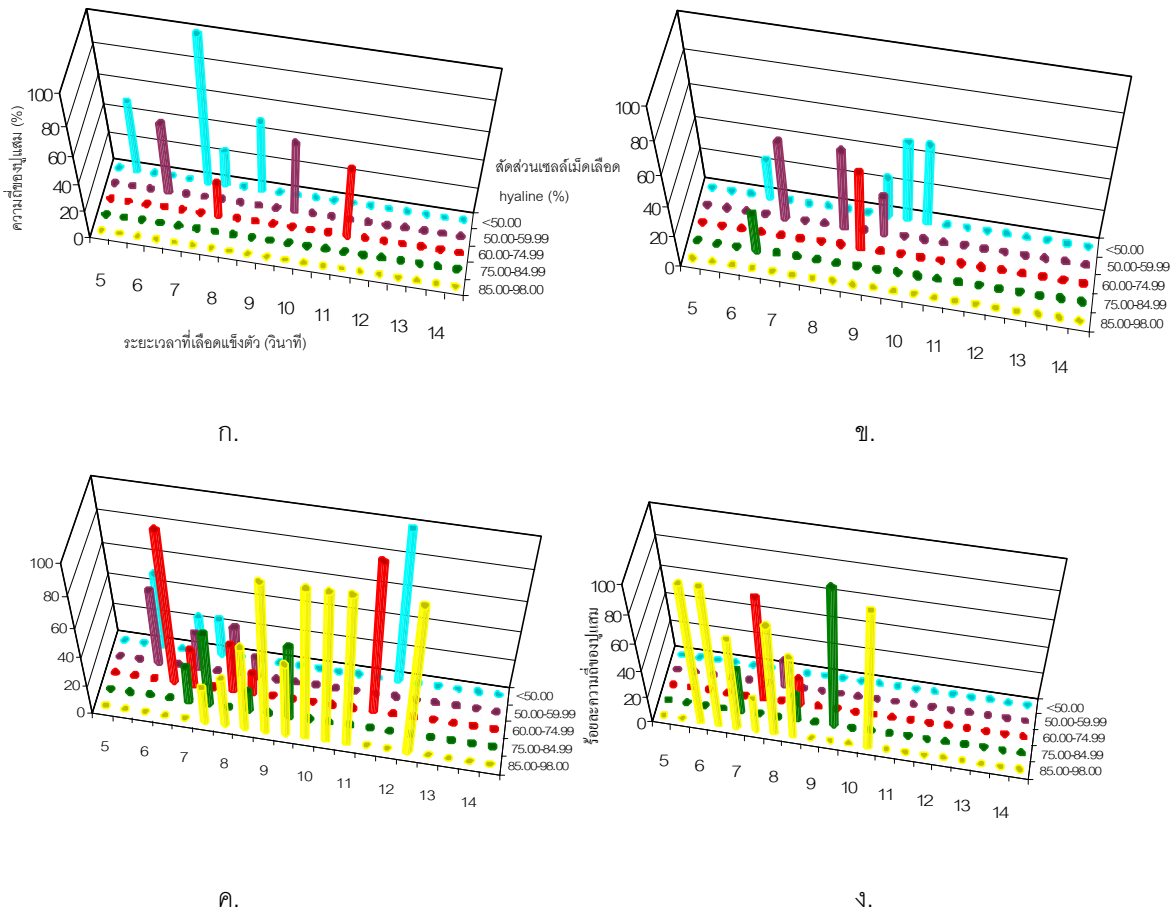
ตารางที่ 16 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน

ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	ปูแสมในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน		ปูแสมป่าชายเลนบ้านคลองโคนที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 30-40 psu	
	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	8.64±1.59	7.64±1.10	9.43±1.43	9.63±2.06
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 75	hyaline cell ร้อยละ 84	hyaline cell ร้อยละ 67	hyaline cell ร้อยละ 73
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79\times10^{5}\pm3.01\times10^{5}$	$8.58\times10^{5}\pm5.57\times10^{5}$	$1.18\times10^{6}\pm5.28\times10^{5}$	$6.94\times10^{5}\pm6.03\times10^{5}$

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับความเค็มสูง คือ 30-40 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) พบว่าเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.70±2.30 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.70±1.51 วินาที ปูแสมเพศเมียมีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น สัดส่วนร้อยละ 51 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell พบสัดส่วนร้อยละ 48 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด (รูปที่ 52) แตกต่างจากปูแสมเพศผู้ที่พบ hyaline cell เป็นเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น สัดส่วนร้อยละ 50 เหมือนกับปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติ รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด small granular cell พบได้ในสัดส่วนร้อยละ 49 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะยาวที่ระดับความเค็มสูง คือ 30-40 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.43±1.43 วินาที ไม่แตกต่างจากเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.63±2.06 วินาที พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่นทั้งในเพศเมียและเพศผู้เหมือนกับปูแสมในธรรมชาติ (รูปที่ 53) เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 67 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เพศผู้พบในสัดส่วนร้อยละ 73 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 32 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เพศผู้พบในสัดส่วนร้อยละ 26 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด โดยเซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1



ก. ข.

ค. ง.

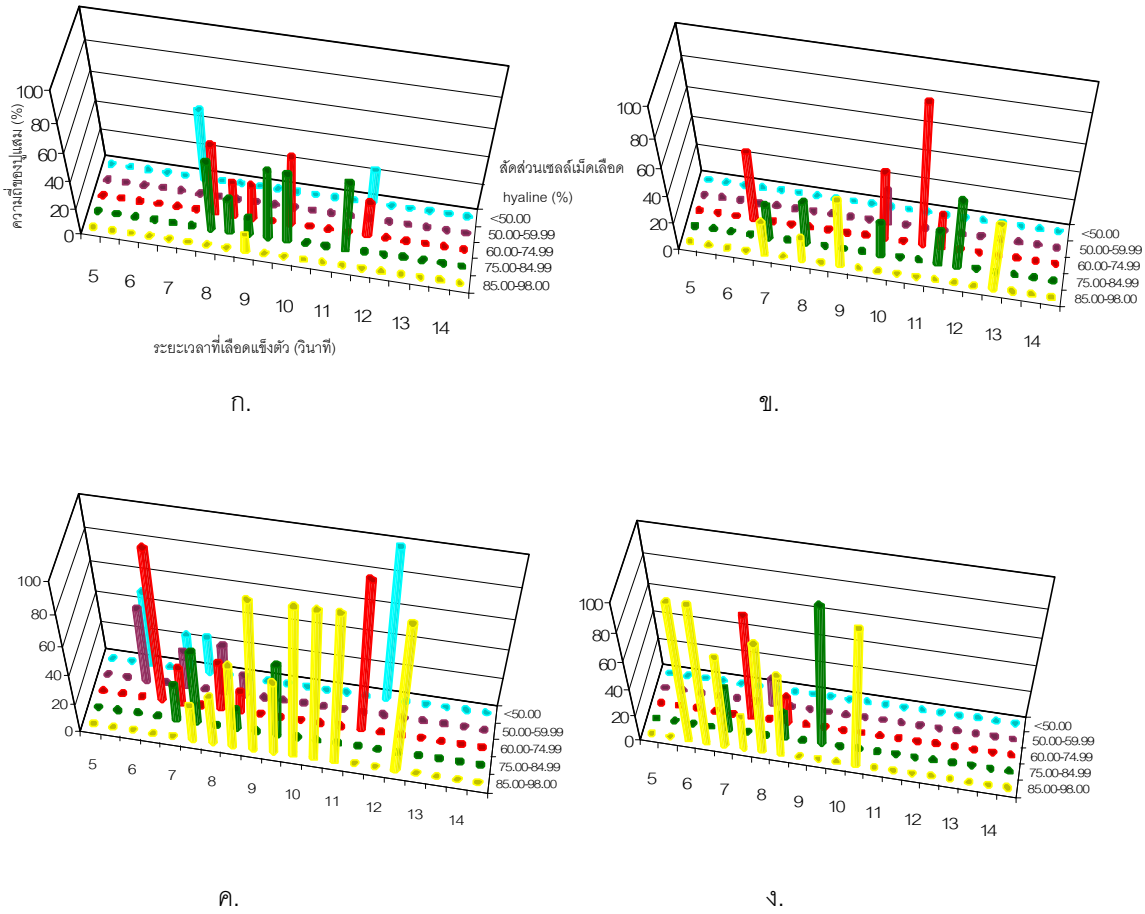
รูปที่ 52 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 30-40 psu

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ข. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม



รูปที่ 53 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 30-40 psu

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

ข. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

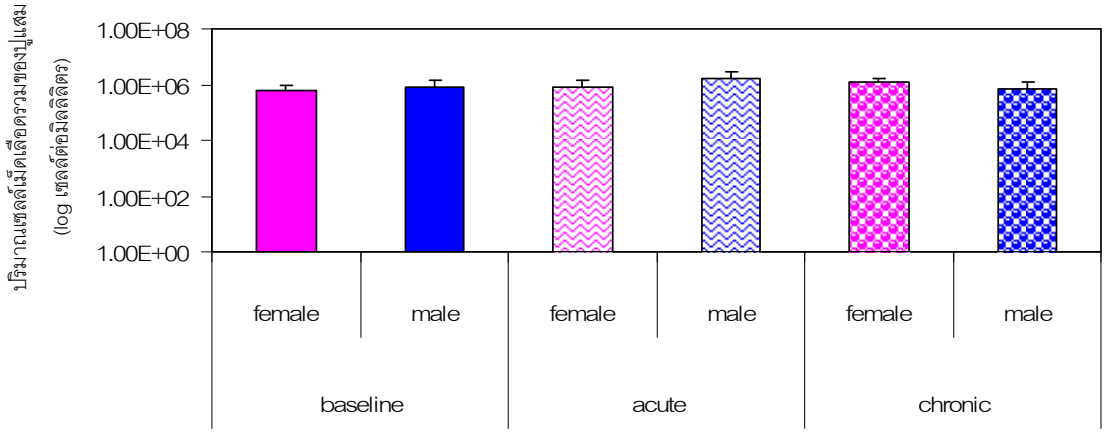
ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับความเค็มสูง คือ 30-40 psu พบว่าปูแสมเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ ซึ่งการตอบสนองของปูแสมในระยะยาวปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ ส่วนปูแสมเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติ ปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $1.18 \times 10^{6} \pm 5.28 \times 10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณมากกว่าในปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $6.94 \times 10^{5} \pm 6.03 \times 10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 54) ในปูแสมเพศเมีย

ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมที่ระดับความเค็มสูงมีความแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 54 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 30-40 psu

2. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

จากการเปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมอ่าวปากพนังในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูงพบว่ามีการตอบสนองที่ต่างไปจากปูแสมป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการตอบสนองในระดับความเค็มสูงพบว่าปูแสมอ่าวปากพนังมีระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวเร็วกว่าปูแสมในธรรมชาติ สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นแตกต่างกัน แต่ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงเช่นเดียวกับที่พบในปูแสมป่าชายเลนบ้านคลองโคน

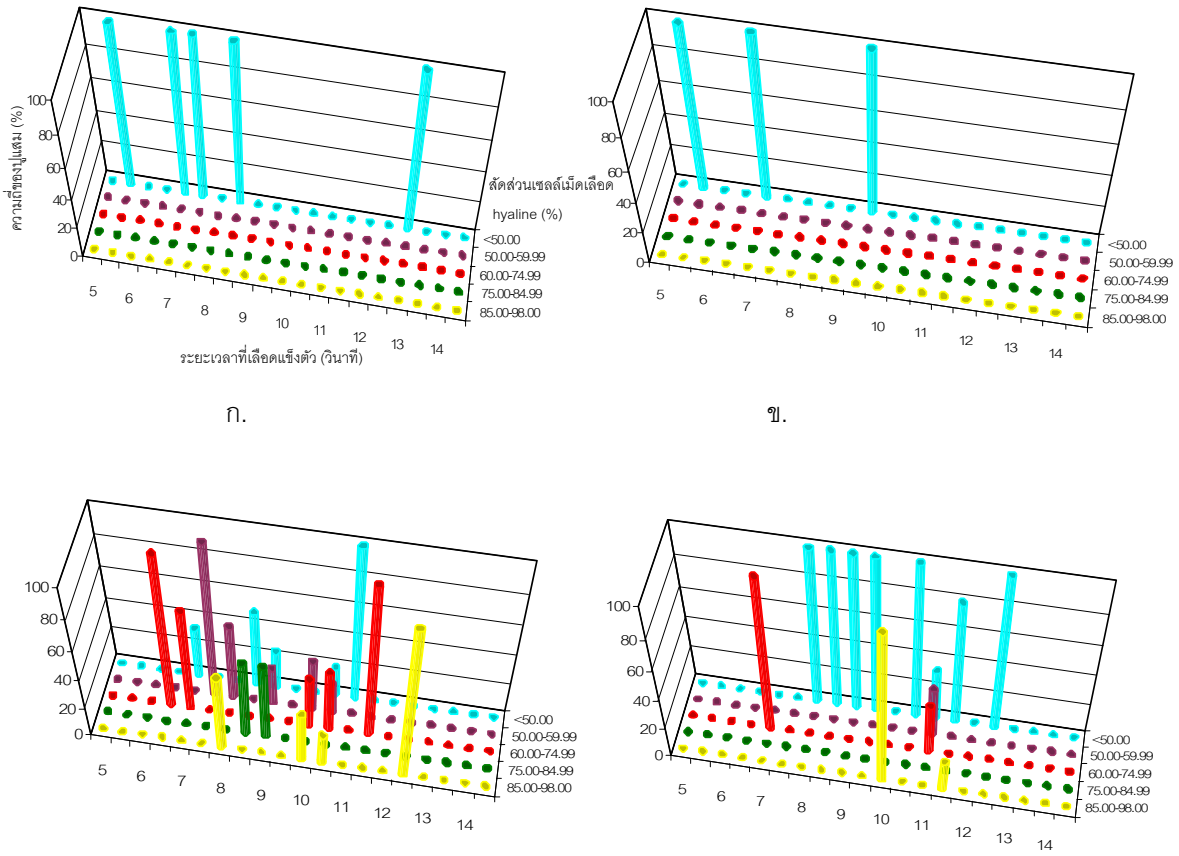
ตารางที่ 17 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง

ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	ปูแสมในธรรมชาติบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช		ปูแสมป่าชายเลนอ่าวปากพนังที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 40 psu	
	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	9.36±1.69	10.10±1.55	8.36±1.25	7.08±1.69
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 63	small granular cell ร้อยละ 58	small granular cell ร้อยละ 89	hyaline cell ร้อยละ 84
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79\times10^{5}\pm 3.01\times10^{5}$	$8.58\times10^{5}\pm 5.57\times10^{5}$	$4.28\times10^{5}\pm 1.06\times10^{4}$	$6.93\times10^{5}\pm 5.40\times10^{5}$

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับความเค็มสูง คือ 40 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างกันจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปูแสมในธรรมชาติที่พบเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ small granular cell ซึ่งแตกต่างจากปูแสมบริเวณบ้านคลองโคนที่พบเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ hyaline cell โดยเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 6.90±1.19 วินาที ใกล้เคียงกับเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.25±1.66 วินาที โดยทั้งในปูแสมเพศเมียและเพศผู้พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 55) เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 58 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เพศผู้พบในสัดส่วนร้อยละ 64 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 27 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดแตกต่างจากเพศเมียที่พบเซลล์เม็ดเลือด large granular cell สัดส่วนร้อยละ 28 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด และพบเซลล์เม็ดเลือด hyaline มีสัดส่วนน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 14 ส่วนในเพศผู้มีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด large granular cell น้อยที่สุดคือ พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 9 เช่นเดียวกับปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติ

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะยาวที่ระดับความเค็มสูง คือ 40 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวใกล้เคียงกับการทดลองในระยะสั้น โดยไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.36±1.25 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.08±1.69 วินาที ทั้งในปูแสมเพศเมียและเพศผู้พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 56) เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 89 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 10 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด แตกต่างจากการตอบสนองในระยะสั้นที่มีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด large granular cell มากกว่า hyaline cell ส่วนปูแสมเพศผู้พบเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่นเช่นเดียวกับเพศเมียในสัดส่วนร้อยละ 84 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 13 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด



ก. ข.

ค. ง.

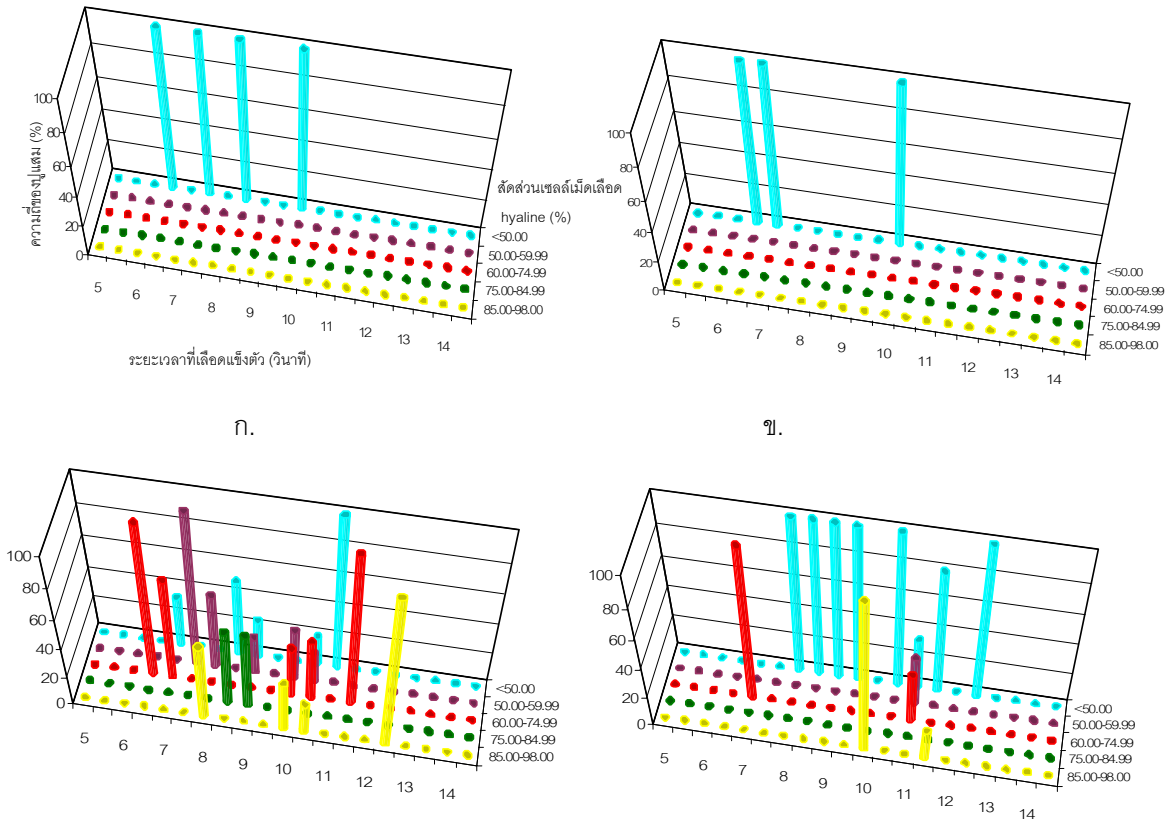
รูปที่ 55 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 40 psu

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะสั้น

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช



ก. ข.

ค. ง.

รูปที่ 56 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 40 psu

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

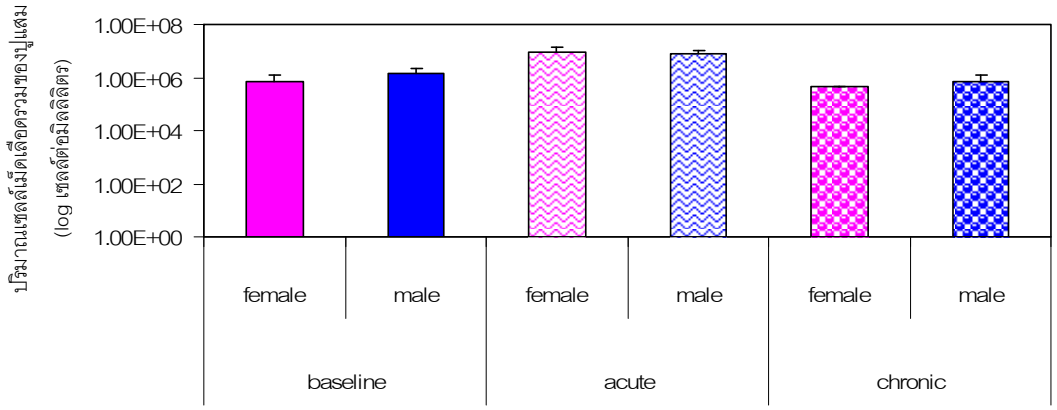
ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะยาว

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับความเค็มสูง คือ 40 psu พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการตอบสนองของปูแสมในระยะยาวปูแสมเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงน้อยกว่าปูแสมในธรรมชาติ พบว่าปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $4.28\times10^{5}\pm 1.06\times10^{4}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $6.93\times10^{5}\pm 5.40\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 57) ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสมเพศผู้ในระดับความเค็มสูงมีความแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 57 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 40 psu

จากการศึกษาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 40 psu พบว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างกับปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น ส่วนปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่นเช่นเดียวกับปูแสมในธรรมชาติ โดยปูแสมเพศเมียบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดน้อยกว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง

การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม

1. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนดังตารางที่ 18 แสดงให้เห็นว่าปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมมีระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวนานกว่าปูแสมในธรรมชาติ สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงจากที่พบในปูแสมในธรรมชาติ

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน

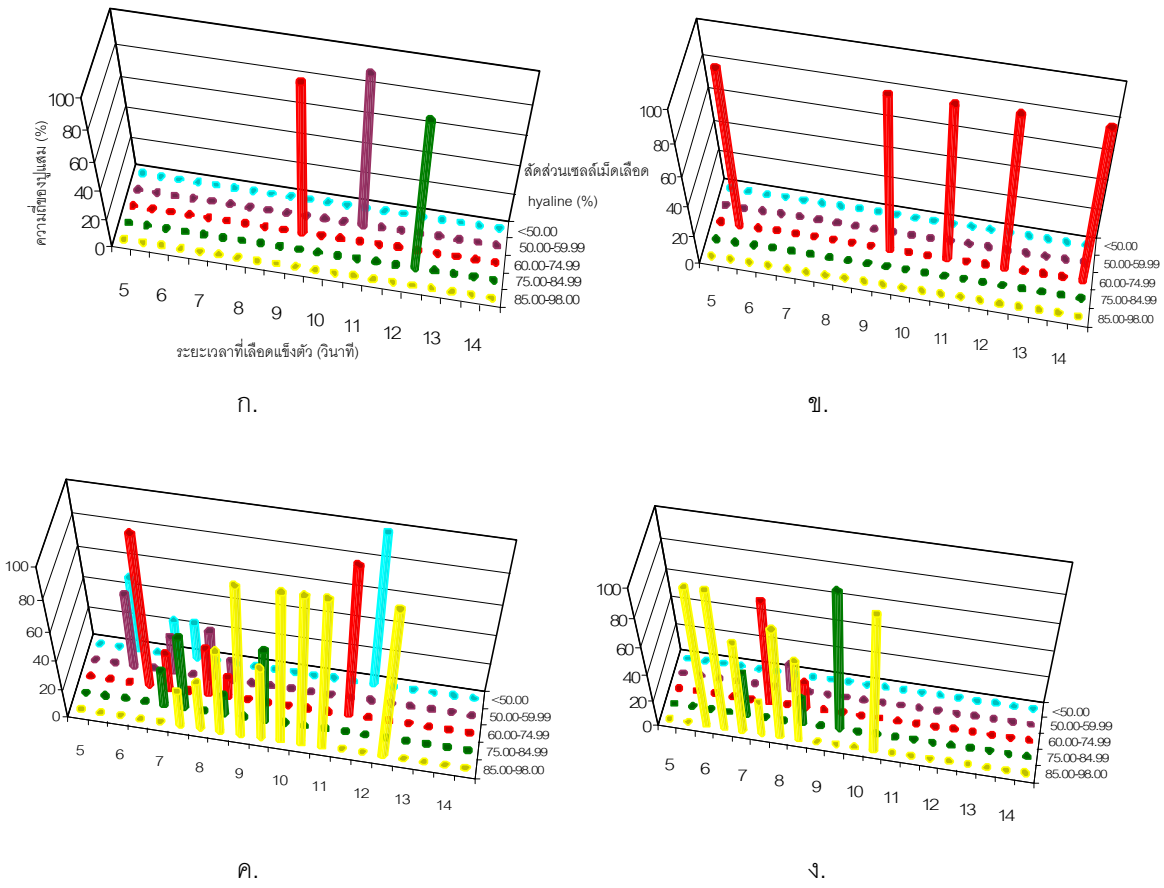
ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	ปูแสมในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน		ปูแสมป่าชายเลนบ้านคลองโคนที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม	
	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	8.64±1.59	7.64±1.10	9.00±1.40	9.50±1.60
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 75	hyaline cell ร้อยละ 84	hyaline cell ร้อยละ 84	hyaline cell ร้อยละ 86
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79\times10^{5}\pm3.01\times10^{5}$	$8.58\times10^{5}\pm5.57\times10^{5}$	$1.09\times10^{6}\pm5.90\times10^{5}$	$4.51\times10^{5}\pm3.52\times10^{5}$

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม คือ 4-6 มิลลิกรัมต่อลิตร การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมและปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างกันจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 11.00±1.50 วินาที ใกล้เคียงกับเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 10.60±3.40 วินาที พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 58) ทั้งในปูแสมเพศเมียและเพศผู้ เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 70 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด large granular cell พบในสัดส่วนร้อยละ 29 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ small granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 เหมือนกับปูแสมเพศผู้พบเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ในสัดส่วนร้อยละ 66 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด large granular cell พบในสัดส่วนร้อยละ 33 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ small granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะยาวที่ระดับระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวใกล้เคียงกับปูแสมที่เลี้ยงในระยะสั้น ซึ่งไม่แตกต่างกันจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.00±1.40 วินาที ใกล้เคียงกับเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.50±1.60 วินาที พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 59) ทั้งในปูแสมเพศเมียและเพศผู้ เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 84 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด large granular cell พบในสัดส่วนร้อยละ 15 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ small granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 เหมือนกับปูแสมเพศผู้พบเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ในสัดส่วนร้อยละ 86 ของเซลล์เม็ดเลือด

ทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด large granular cell พบในสัดส่วนร้อยละ 13 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ small granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ในการตอบสนองของปูแสมทั้งในเพศเมียและเพศผู้ในการทดลองระยะสั้นและระยะยาวมีการตอบสนองที่เหมือนกัน แต่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติที่มีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด large granular cell น้อยกว่าปูแสมที่เลี้ยงที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม



ก. ข.

ค. ง.

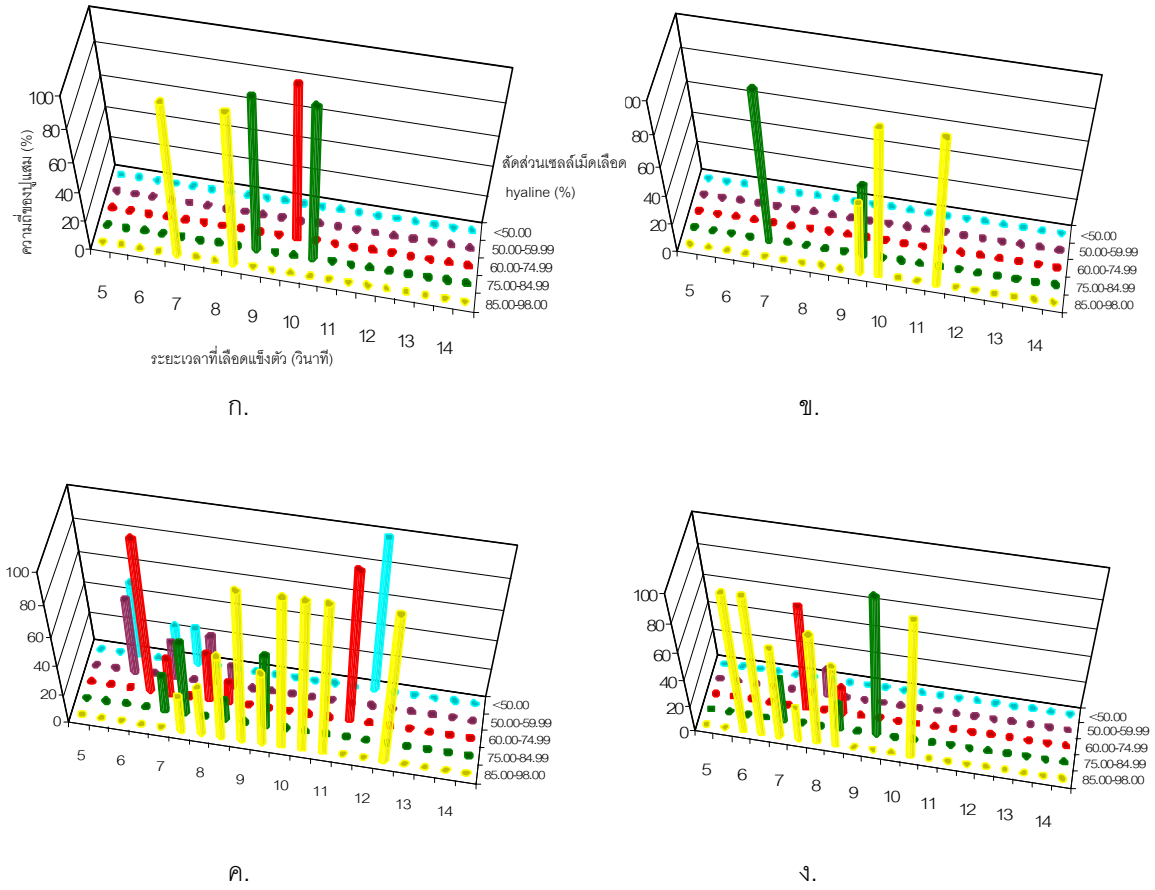
รูปที่ 58 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ข. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม



ก. ข.

ค. ง.

รูปที่ 59 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

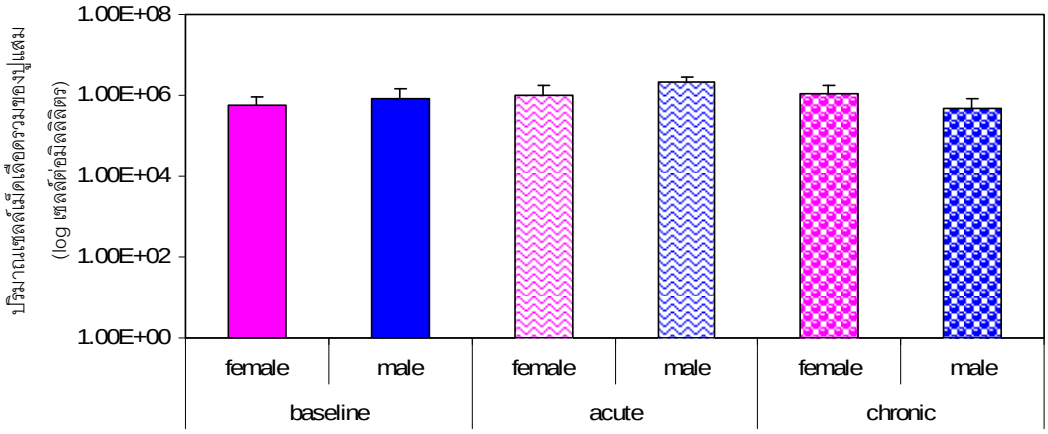
ข. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม คือ 4-6 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ ซึ่งการตอบสนองของปูแสมในระยะยาวปูแสมเพศเมียยังคงมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ แตกต่างจากปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติ พบว่าปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $1.09\times10^{6}\pm 5.90\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณมากกว่าในปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $4.51\times10^{5}\pm 3.52\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 60) ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสมเพศเมียมีความแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 60 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม

2. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ตารางที่ 19 แสดงการตอบสนองทางโลหิตวิทยาของปูแสมอ่าวปากพนังที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมเทียบกับปูแสมในธรรมชาติ พบว่าระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวเร็วขึ้นแต่สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นและปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมแตกต่างกัน

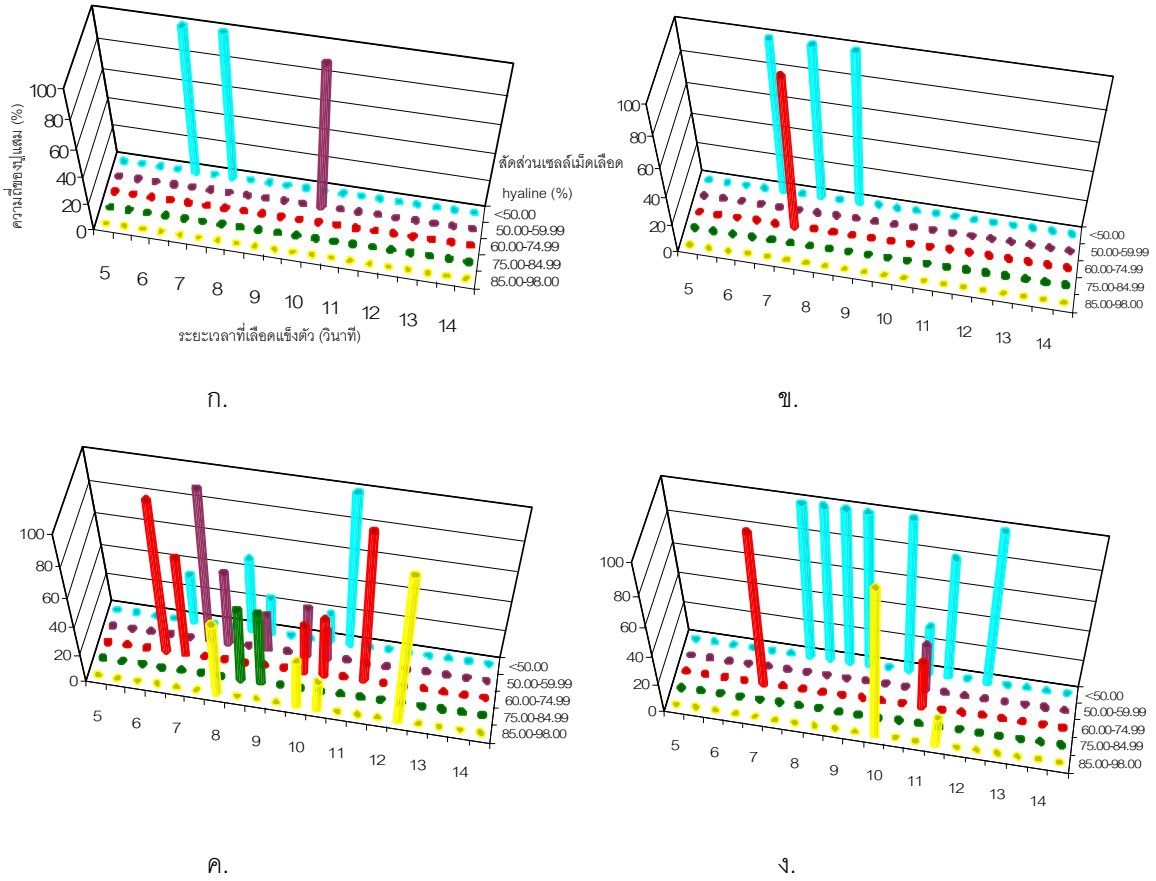
ตารางที่ 19 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง

ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	ปูแสมในธรรมชาติบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช		ปูแสมป่าชายเลนอ่าวปากพนังที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม	
	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	9.36±1.69	10.10±1.55	8.88±1.55	7.20±1.20
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 63	small granular cell ร้อยละ 58	small granular cell ร้อยละ 75	hyaline cell ร้อยละ 58
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79\times10^5 \pm 3.01\times10^5$	$8.58\times10^5 \pm 5.57\times10^5$	$8.77\times10^5 \pm 4.99\times10^5$	$5.53\times10^5 \pm 6.19\times10^5$

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลยอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม คือ 4-6 มิลลิกรัมต่อลิตร ปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.10±0.89 วินาที ใกล้เคียงกับเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.88±1.55 วินาที ปูแสมเพศเมียและเพศผู้มีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 61) เพศเมียพบได้ในสัดส่วนร้อยละ 60 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 39 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ส่วนเพศผู้มีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell ในสัดส่วนร้อยละ 55 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 43 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 2

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะยาวที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม คือ 4-6 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างจากปูแสมที่เลี้ยงในระยะสั้น และไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.88±1.55 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.20±1.20 วินาที ปูแสมเพศเมียมีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 62) พบได้ในสัดส่วนร้อยละ 75 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เหมือนกับปูแสมที่ทำการทดลองในระยะสั้น รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 24 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด แต่แตกต่างจากปูแสมเพศเมียในธรรมชาติที่มีเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น คือ hyaline cell เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด แตกต่างจากปูแสมเพศผู้มีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น สัดส่วนร้อยละ 58 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด small granular cell สัดส่วนร้อยละ 40 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 2 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด



ก. ข.

ค. ง.

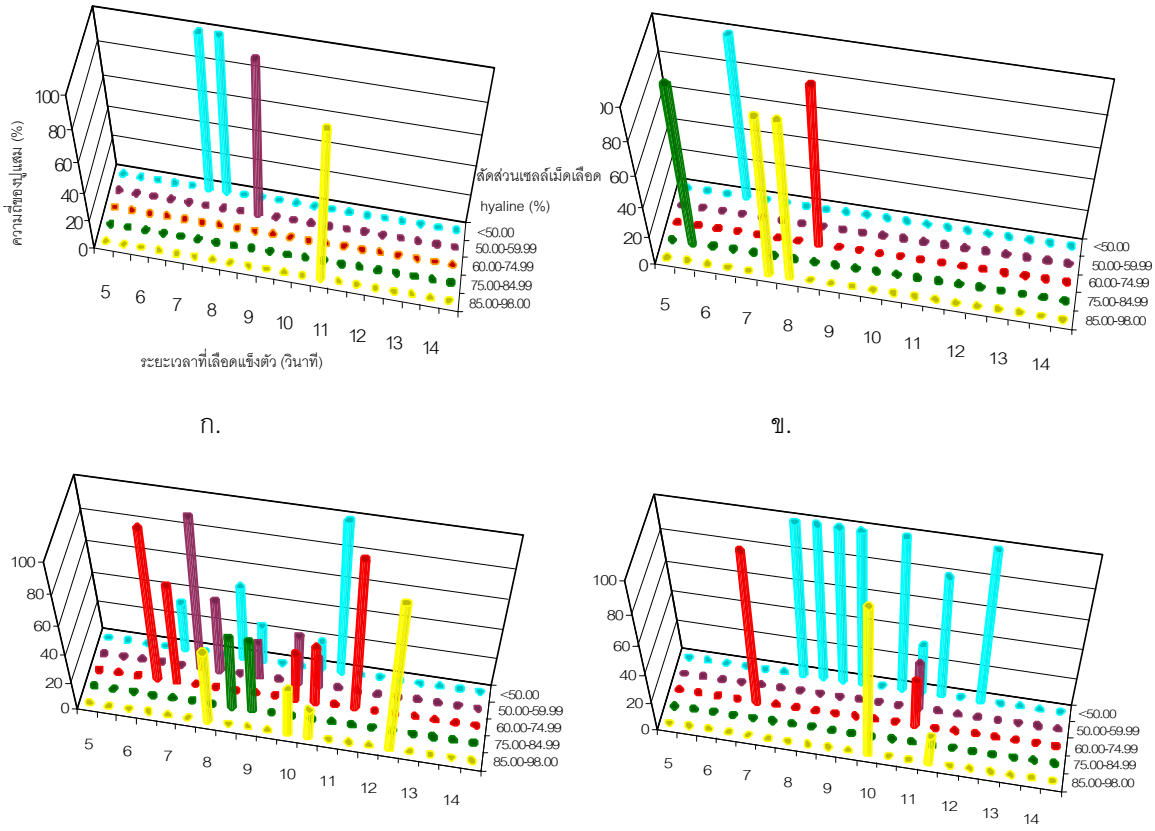
รูปที่ 61 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะสั้น

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช



ก. ข.

ค. ง.

รูปที่ 62 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

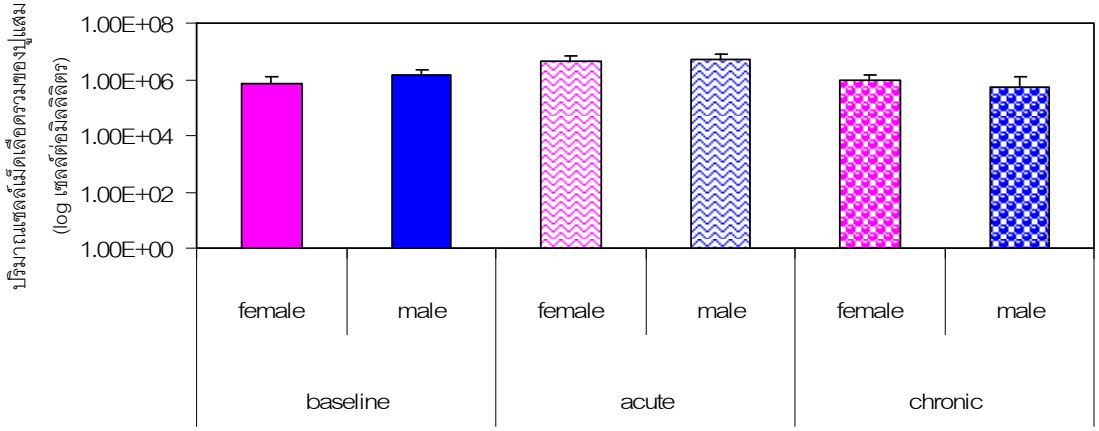
ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะยาว

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม คือ 4-6 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปูแสมเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การตอบสนองของปูแสมในระยะยาวปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลง พบว่าปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $8.77\times10^{5}\pm 4.99\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณมากกว่าในปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $5.53\times10^{5}\pm 6.19\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 63) ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมในปูแสมเพศผู้ที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมมีความแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 63 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม

จากการศึกษาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม พบว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวช้ากว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น เช่นเดียวกับปูแสมเพศผู้บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังในการทดลองระยะยาวที่พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่นแทนที่เซลล์เม็ดเลือด small granular cell เหมือนกับปูแสมเพศเมีย โดยปูแสมเพศเมียบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมมากกว่าปูแสมอ่าวปากพนัง ส่วนปูแสมเพศผู้ทั้งสองบริเวณมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ

1. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมป่าชายเลนบ้านคลองโคนที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำเทียบกับปูแสมในธรรมชาติดังตารางที่ 20 พบว่าระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวใกล้เคียงกัน แต่ large granular cell มีบทบาทในการตอบสนองต่อระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำและปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงอย่างมาก

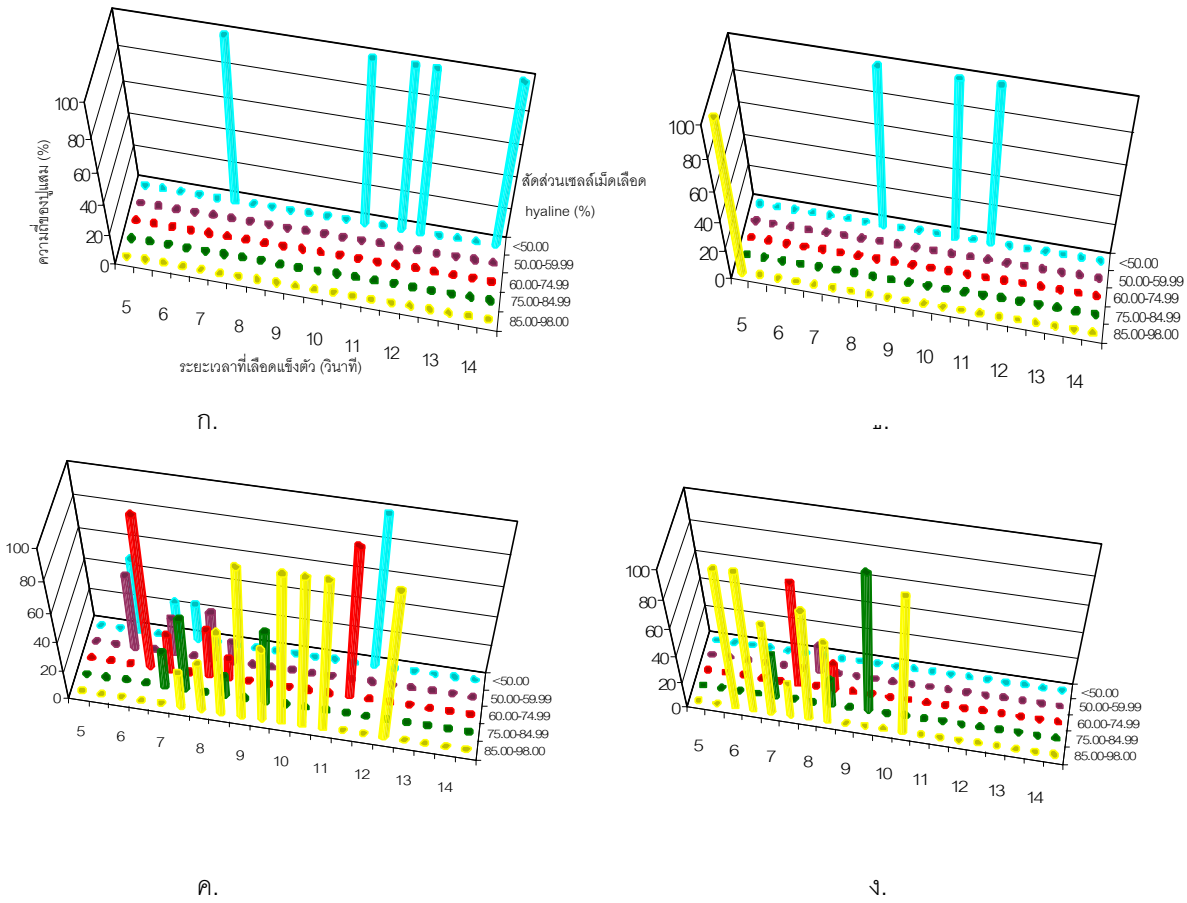
ตารางที่ 20 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	ปูแสมในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน		ปูแสมป่าชายเลนบ้านคลองโคนที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายต่ำ	
	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	8.64±1.59	7.64±1.10	7.70±0.80	7.80±0.80
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 75	hyaline cell ร้อยละ 84	large granular cell ร้อยละ 73	large granular cell ร้อยละ 74
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79\times10^{5} \pm 3.01\times10^{5}$	$8.58\times10^{5} \pm 5.57\times10^{5}$	$2.23\times10^{6} \pm 1.50\times10^{6}$	$1.69\times10^{6} \pm 3.00\times10^{5}$

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ คือ 2-4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างกันจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 11.50±2.60 วินาที ใกล้เคียงกับเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 10.17±1.53 วินาที ทั้งในปูแสมเพศเมียและเพศผู้ large granular cell พบเป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 64) เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 66 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 33 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ small granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เหมือนกับเพศผู้ที่พบ large granular cell ในสัดส่วนร้อยละ 59 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 40 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ small granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติที่พบเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ hyaline cell

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะยาวที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกว่าปูแสมที่เลี้ยงในระยะสั้น ไม่แตกต่างกันจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.70±0.80 วินาที ไม่แตกต่างจากเพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.80±0.80 วินาที พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด large granular cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 65) เช่นเดียวกับปูแสมในการทดลองระยะสั้น เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 73 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 26 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ small granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เช่นเดียวกับเพศผู้พบเซลล์เม็ดเลือด large granular cell สัดส่วนร้อยละ 74 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 25 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ small granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด



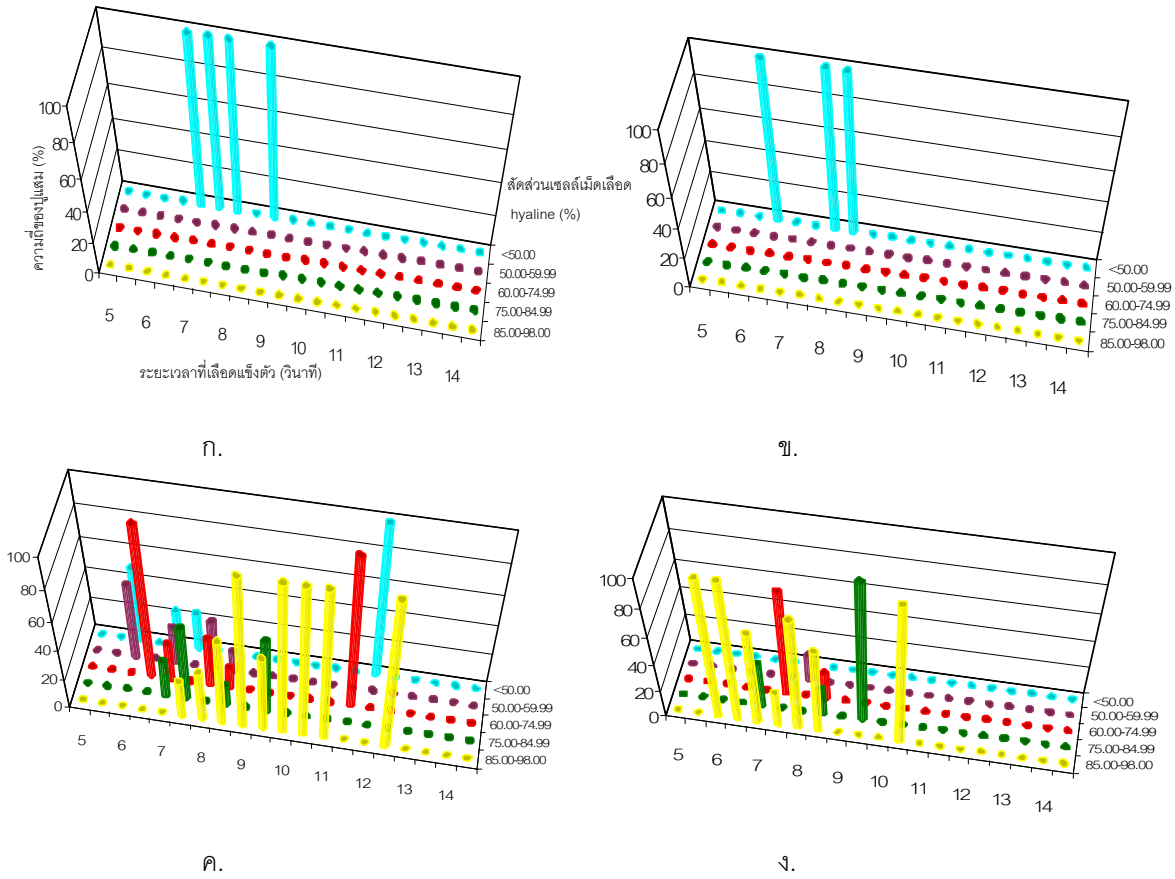
รูปที่ 64 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ข. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม



ก. ข.

ค. ง.

รูปที่ 65 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

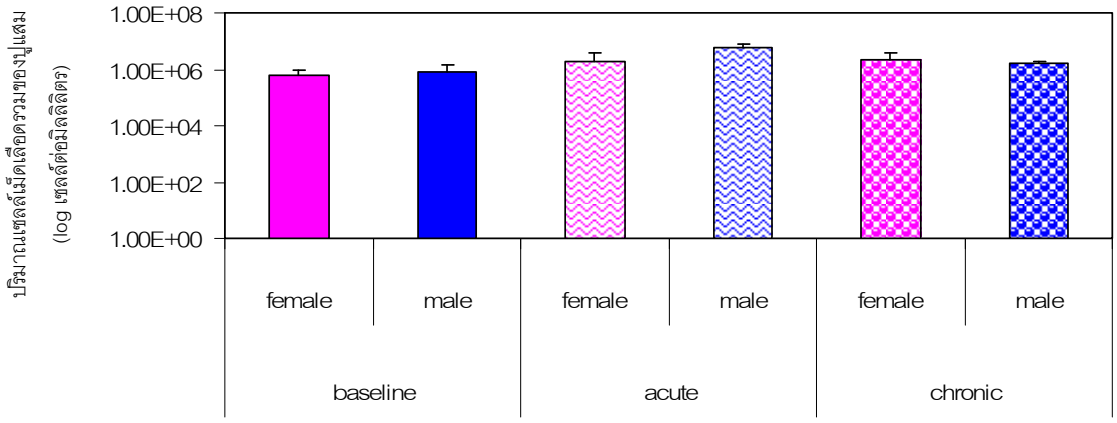
ข. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ ซึ่งการตอบสนองของปูแสมในระยะยาวปูแสมเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ ปูแสมมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดลดลงในการทดลองระยะยาว ปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย 2.23 $\times 10^{6} \pm$ 1.50$\times 10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณมากกว่าในปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย 1.69$\times 10^{6} \pm$ 3.00$\times 10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 66) ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสมเพศเมียและเพศผู้ที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำมีความแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 66 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ

2. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

จากการเปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมอ่าวปากพนังในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายต่ำในตารางที่ 21 พบว่าระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวเร็วกว่าที่พบในธรรมชาติ สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นมีความแตกต่างกัน และปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับปูแสมในธรรมชาติ

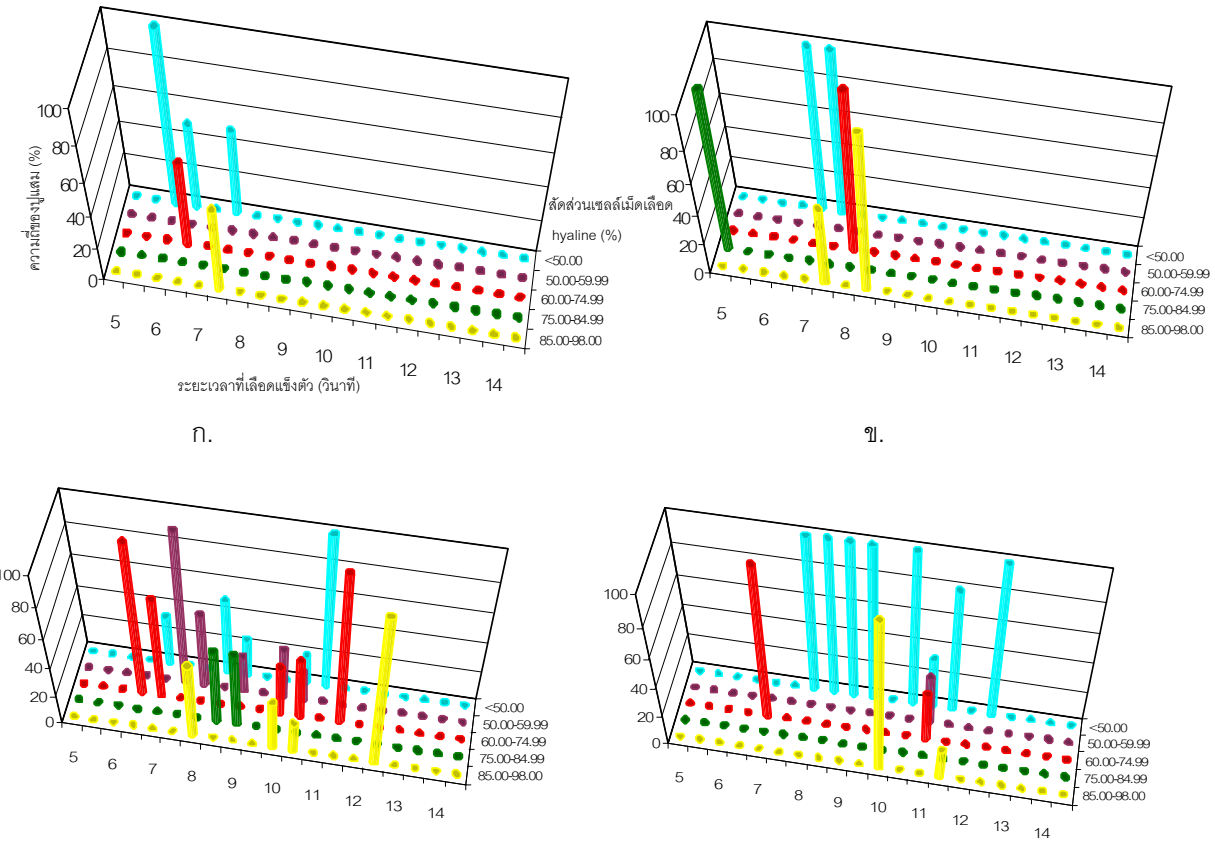
ตารางที่ 21 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายต่ำบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง

ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	ปูแสมในธรรมชาติบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช		ปูแสมป่าชายเลนอ่าวปากพนังที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายต่ำ	
	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	9.36±1.69	10.10±1.55	8.67±2.47	7.88±0.25
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 63	small granular cell ร้อยละ 58	small granular cell ร้อยละ 68	hyaline cell ร้อยละ 74
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79\times10^{5}\pm3.01\times10^{5}$	$8.58\times10^{5}\pm5.57\times10^{5}$	$5.04\times10^{5}\pm2.88\times10^{5}$	$1.57\times10^{6}\pm1.44\times10^{6}$

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายต่ำ คือ 2-4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดลองครั้งนี้พบว่าเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 6.80±0.67 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.20±1.35 วินาที เพศเมียพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 67) สัดส่วนร้อยละ 57 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 41 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ซึ่งแตกต่างจากปูแสมเพศเมียในธรรมชาติที่พบเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ส่วนเพศผู้พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น สัดส่วนร้อยละ 64 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด small granular cell สัดส่วนร้อยละ 34 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ซึ่งแตกต่างจากปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติที่พบเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียในอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะยาวที่ระดับระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวช้ากว่ากับปูแสมที่เลี้ยงในระยะสั้น โดยไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.67±2.47 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.88±0.25 วินาที เพศเมียและเพศผู้พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่นแตกต่างจากการตอบสนองของปูแสมเพศผู้ระยะสั้น (รูปที่ 68) เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 68 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 41 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 2 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ส่วนเพศผู้พบเซลล์เม็ดเลือด small granular cell ในสัดส่วนร้อยละ 74 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 25 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด



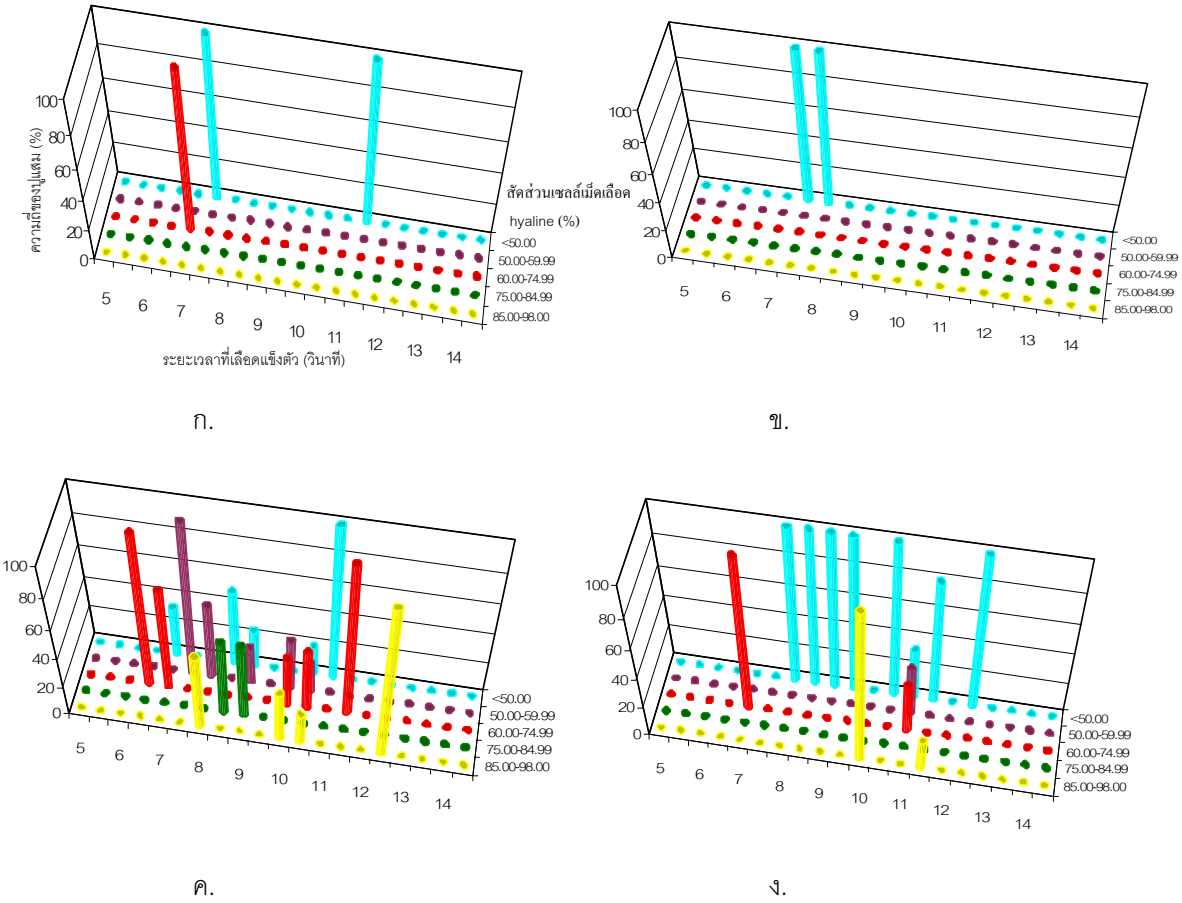
รูปที่ 67 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำ

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะสั้น

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช



ก. ข.

ค. ง.

รูปที่ 68 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำ

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

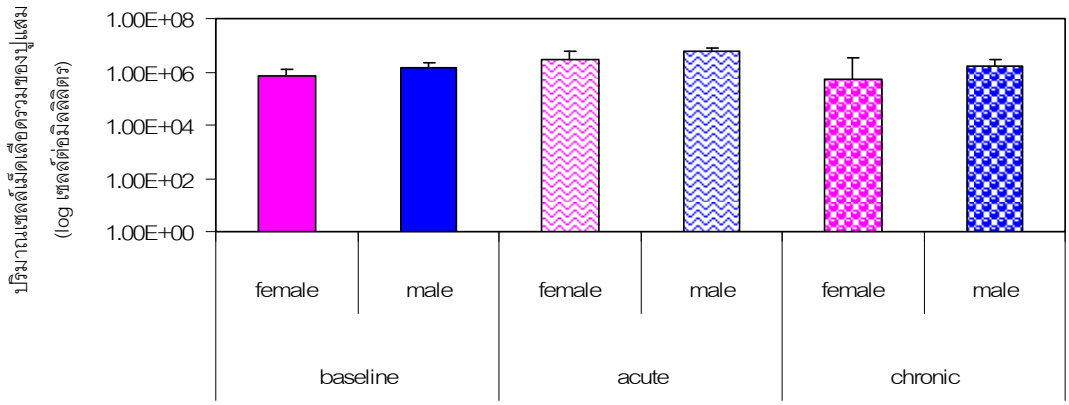
ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะยาว

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ ซึ่งการตอบสนองของปูแสมในระยะยาวปูแสมเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติ ปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $5.04\times10^{5}\pm 2.88\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าในปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $1.57\times10^{6}\pm 1.44\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 69) ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสมเพศเมียและเพศผู้ที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ ไม่มีความแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 69 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ

จากการศึกษาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำพบว่า ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม สามารถปรับตัวที่การทดลองระยะยาวเพื่อให้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วขึ้น ใกล้เคียงกับปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นของปูแสมบ้านคลองโคน คือ large granular cell แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติ และปูแสมอ่าวปากพนังที่มีเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น คือ small granular cell ปูแสมบ้านคลองโคนมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมมากกว่าปูแสมอ่าวปากพนัง

การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

1. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสมป่าชายเลนบ้านคลองโคนที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนเทียบกับปูแสมในธรรมชาติดังตารางที่ 22 แสดงให้เห็นรูปแบบการตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาเช่นเดียวกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำโดยที่ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวมีค่าใกล้เคียงกับธรรมชาติ แต่ large granular cell มีบทบาทสำคัญในการตอบสนองต่อระดับปริมาณออกซิเจนที่เปลี่ยนแปลงไปและปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมมีค่าลดลงอย่างมาก

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน

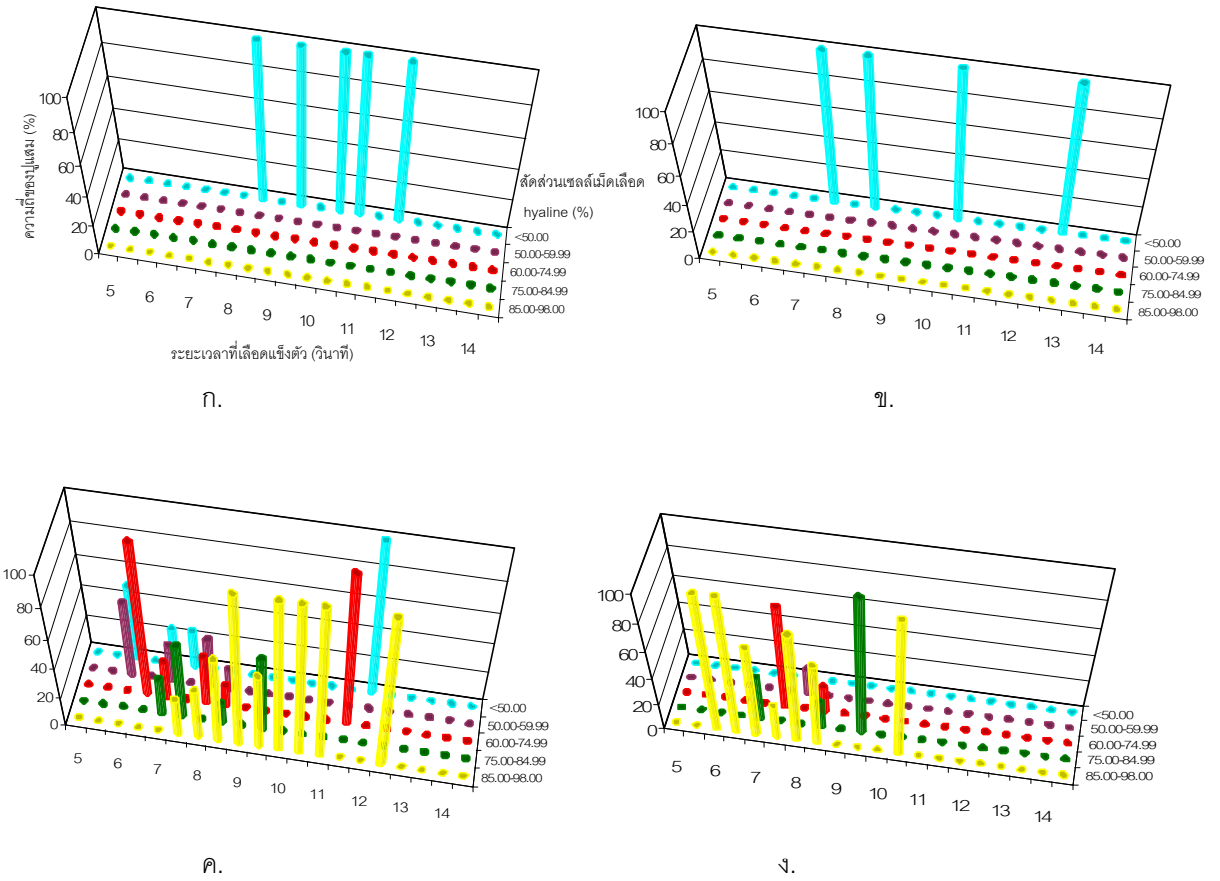
ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	ปูแสมในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน		ปูแสมป่าชายเลนบ้านคลองโคนที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลาย	
	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	8.64±1.59	7.64±1.10	9.88±2.43	8.67±1.24
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 75	hyaline cell ร้อยละ 84	large granular cell ร้อยละ 50	large granular cell ร้อยละ 51
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79\times10^{5}\pm3.01\times10^{5}$	$8.58\times10^{5}\pm5.57\times10^{5}$	$2.60\times10^{5}\pm2.03\times10^{5}$	$2.18\times10^{5}\pm1.16\times10^{5}$

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 10.30±1.35 วินาที เพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.88±2.43 วินาที ทั้งปูแสมเพศเมียและเพศผู้พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด large granular cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 70) เช่นเดียวกับการตอบสนองของปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ ปูแสมเพศเมียพบในสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด large granular cell ร้อยละ 64 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ร้อยละ 35 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ small granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ซึ่งแตกต่างจากปูแสมเพศเมียในธรรมชาติที่พบเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น ส่วนปูแสมเพศผู้พบในสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด large granular cell ร้อยละ 62 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ร้อยละ 37 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ small granular cell พบสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะยาวที่ระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกว่ากับปูแสมที่เลี้ยงในระยะสั้น โดยไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.88±2.43 วินาที เพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.67±1.24 วินาที พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด large granular cell พบเป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 71) ทั้งเพศเมียและเพศผู้คือ เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 50 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 45 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ small granular cell พบสัดส่วนร้อยละ 5 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด มากกว่าในการทดลองระยะสั้น ส่วนปูแสมเพศผู้พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด large granular cell สัดส่วนร้อยละ 51

ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 44 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ small granular cell พบสัดส่วนร้อยละ 5 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด



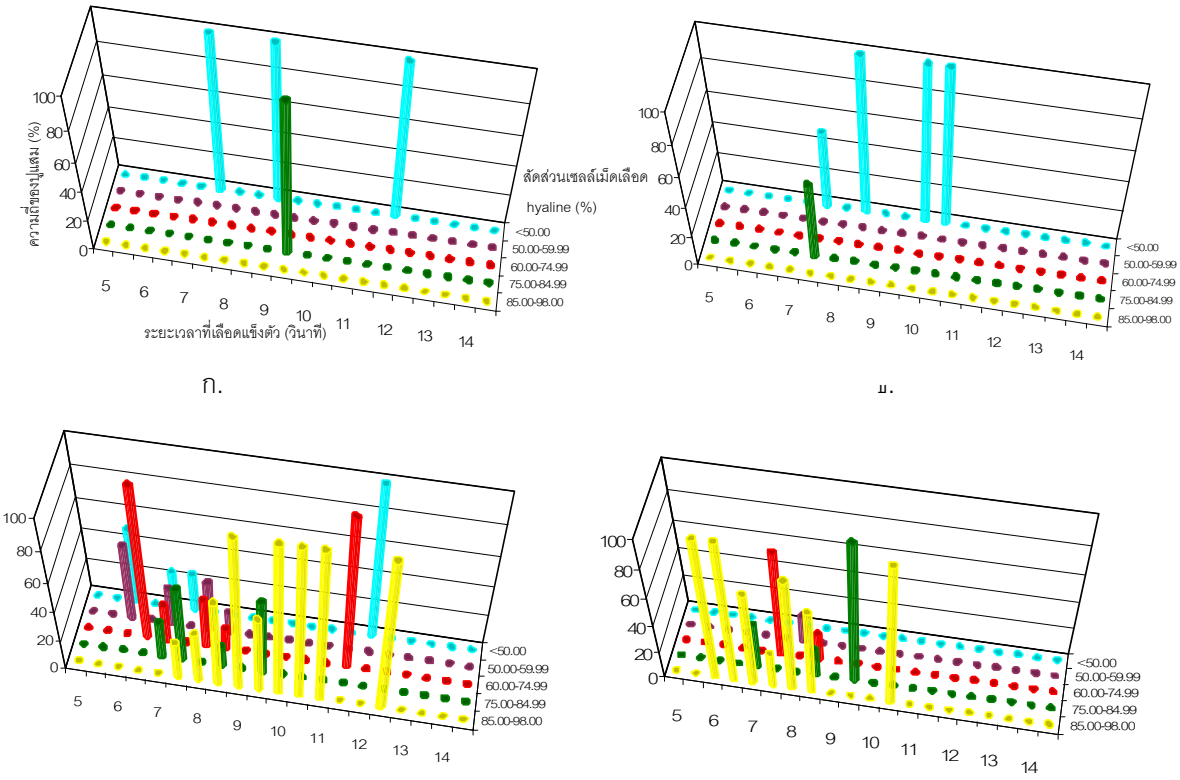
รูปที่ 70 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ข. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม



ก. ข.

ค. ง.

รูปที่ 71 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

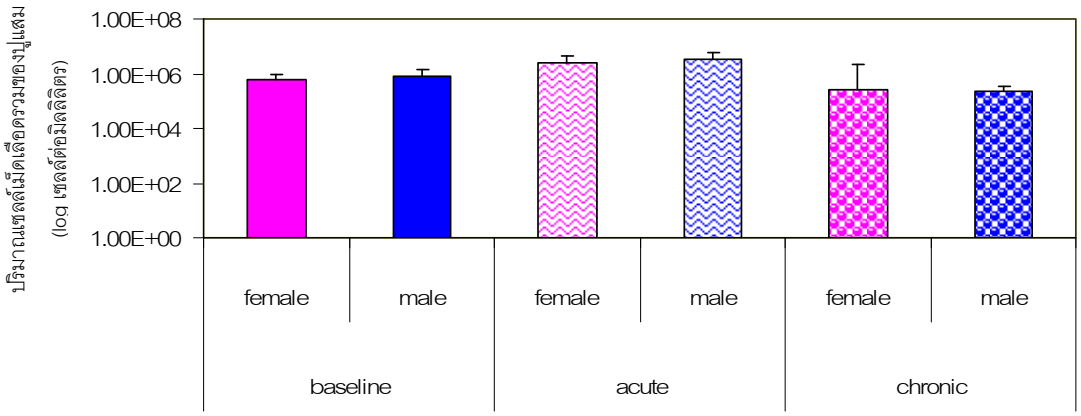
ข. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ ซึ่งการตอบสนองของปูแสมในระยะยาวปูแสมเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลง ปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $2.60\times10^{5}\pm 2.03\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $2.18\times10^{5}\pm 1.16\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 72) โดยปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสมเพศเมียและเพศผู้ที่เลี้ยงที่ระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำไม่มีความแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 72 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

2. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ตารางที่ 23 แสดงให้เห็นรูปแบบการตอบสนองค่าโลหิตวิทยาของปูแสมอ่าวปากพนังที่เลี้ยงในระดับปริมาณไม่มีออกซิเจนจะคล้ายกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนต่ำเมื่อเทียบกับปูแสมในธรรมชาติ โดยที่ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวจะเร็วกว่าและปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงเช่นเดียวกับสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นที่มีความแตกต่างกัน

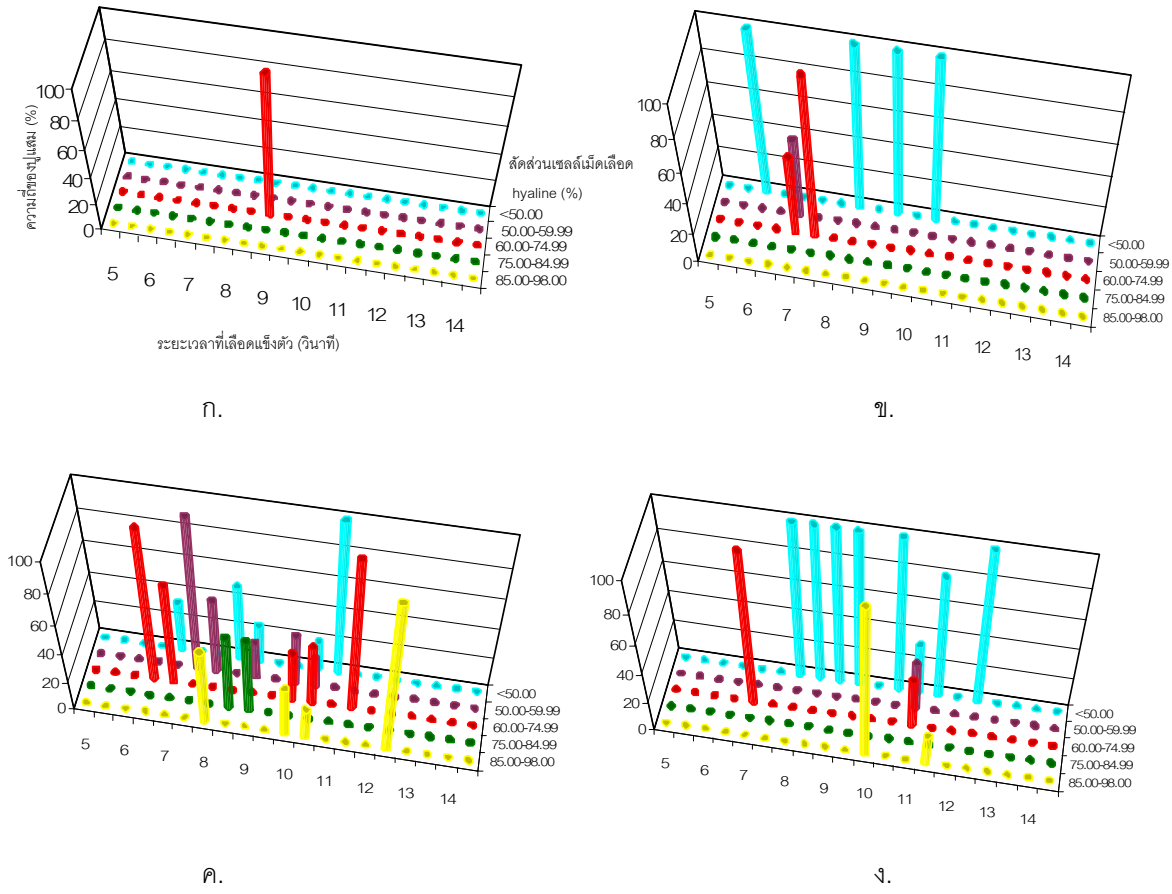
ตารางที่ 23 เปรียบเทียบค่าทางโลหิตวิทยาของปูแสม *N. mederi* ในธรรมชาติกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณไม่มีออกซิเจนละลายน้ำบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง

ค่าทางโลหิตวิทยาที่เป็นดัชนีในการประเมินสุขภาพของปูแสม	ปูแสมในธรรมชาติบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช		ปูแสมป่าชายเลนอ่าวปากพนังที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ	
	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้
ระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัว (วินาที)	9.36±1.69	10.10±1.55	8.13±1.51	7.40±0.70
สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่น	hyaline cell ร้อยละ 63	small granular cell ร้อยละ 58	small granular cell ร้อยละ 80	hyaline cell ร้อยละ 78
ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	$5.79\times10^5 \pm 3.01\times10^5$	$8.58\times10^5 \pm 5.57\times10^5$	$9.61\times10^5 \pm 5.63\times10^5$	$5.63\times10^5 \pm 4.31\times10^5$

ก. สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่พบในปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับปริมาณไม่มีออกซิเจนละลาย พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว 9.00 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.60±1.50 วินาที ปูแสมเพศเมียพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่นแตกต่างจากปูแสมเพศเมียในธรรมชาติที่พบเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 73) พบสัดส่วนร้อยละ 58 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 40 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell สัดส่วนร้อยละ 2 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ปูแสมเพศผู้มีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดเช่นเดียวกับปูแสมเพศเมียสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น พบสัดส่วนร้อยละ 56 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 43 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell สัดส่วนร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะยาวที่ระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวใกล้เคียงกับการทดลองในระยะสั้น โดยไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.13±1.51 วินาที เพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.40±0.70 วินาที ทั้งปูแสมเพศเมียและเพศผู้พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 74) เช่นเดียวกับปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 80 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 18 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell สัดส่วนร้อยละ 2 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ส่วนเพศผู้พบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell ในสัดส่วนร้อยละ 78 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด รองลงมาคือ เซลล์เม็ดเลือด hyaline cell สัดส่วนร้อยละ 21 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือ large granular cell สัดส่วนร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด



ก. ข.

ค. ง.

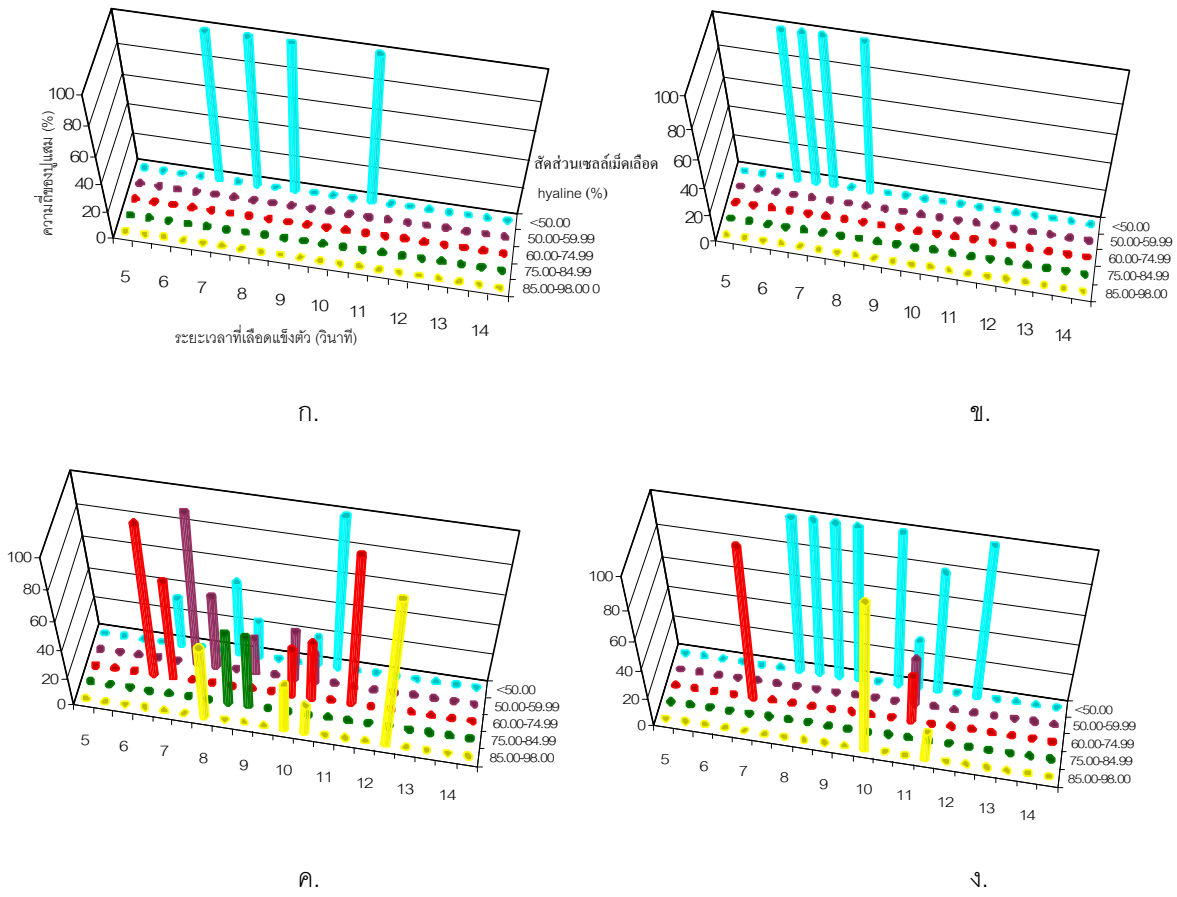
รูปที่ 73 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะสั้น

ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะสั้น

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช



ก. ข.

ค. ง.

รูปที่ 74 ค่าทางโลหิตวิทยาโดยเฉพาะระยะเวลาที่เลือดใช้ในการแข็งตัวและสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ของปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

ก. ปูแสมเพศเมียในการทดลองระยะยาว

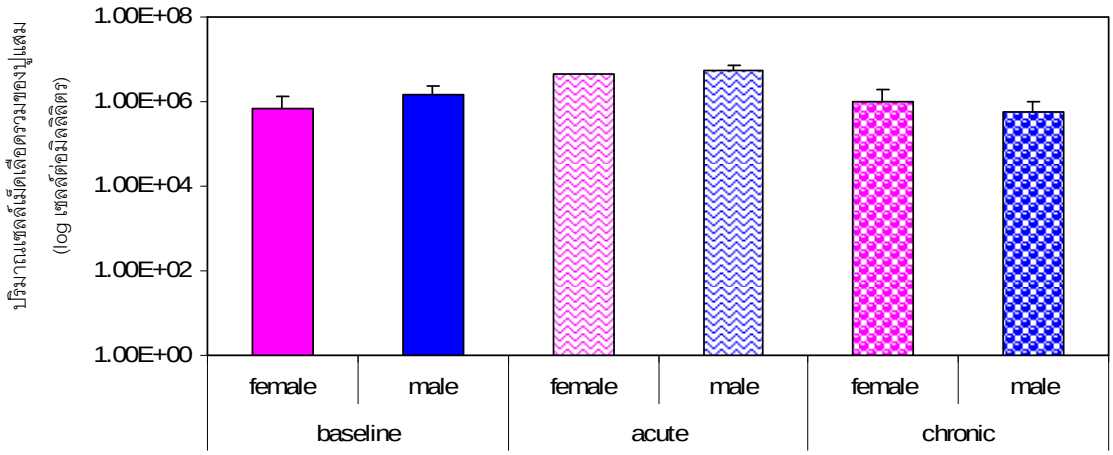
ข. ปูแสมเพศผู้ในการทดลองระยะยาว

ค. ปูแสมเพศเมียในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ง. ปูแสมเพศผู้ในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ข. ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม

การตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ในการทดลองระยะสั้นที่ระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ พบว่าปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ ซึ่งการตอบสนองของปูแสมในระยะยาวปูแสมเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงใกล้เคียงปูแสมในธรรมชาติ ปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $9.61\times10^{5}\pm 5.63\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าในปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $5.63\times10^{5}\pm 4.31\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 75) โดยปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสมเพศผู้ที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำไม่มีความแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 75 ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสม *N. mederi* บริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

จากการศึกษาปูแสมเพศเมียและเพศผู้ในธรรมชาติพบว่า ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม มีการปรับตัวในการใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวช้ากว่าปูธรรมชาติ ส่วนปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชมีการปรับตัวในการใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกว่าปูธรรมชาติ ซึ่งเซลล์เม็ดเลือดที่เป็นกลุ่มเด่นในปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน คือ large granular cell ซึ่งแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติที่พบว่าเซลล์เม็ดเลือดที่เป็นกลุ่มเด่น คือ hyaline cell เซลล์เม็ดเลือดที่เป็นกลุ่มเด่นในปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังคือ small granular cell โดยปูแสมป่าชายเลนบริเวณบ้านคลองโคนมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมน้อยกว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง

ปริมาณแบคทีเรียที่พบในบริเวณที่ทำการศึกษา

จากการศึกษาตัวอย่างดินและน้ำบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม พบว่า แบคทีเรียที่เป็นกลุ่มเด่นในดิน คือ enteric bacteria ซึ่งมีปริมาณมากที่สุด 2.74×10^{3} cfu/ml แบคทีเรียในกลุ่มวิบริโอมีปริมาณมากที่สุด 9.08×10^{2} cfu/ml ส่วนแบคทีเรียที่เป็นกลุ่มเด่นในน้ำคือ แบคทีเรียในกลุ่มวิบริโอมีปริมาณมากที่สุด 2.30×10^{2} cfu/ml โดยพบ enteric bacteria ปริมาณ 90 cfu/ml (ตารางที่ 24) ซึ่งแบคทีเรียที่พบในดินและน้ำบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม มีปริมาณสูงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง (รูปที่ 77)

ตารางที่ 24 ปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างดินและน้ำ บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

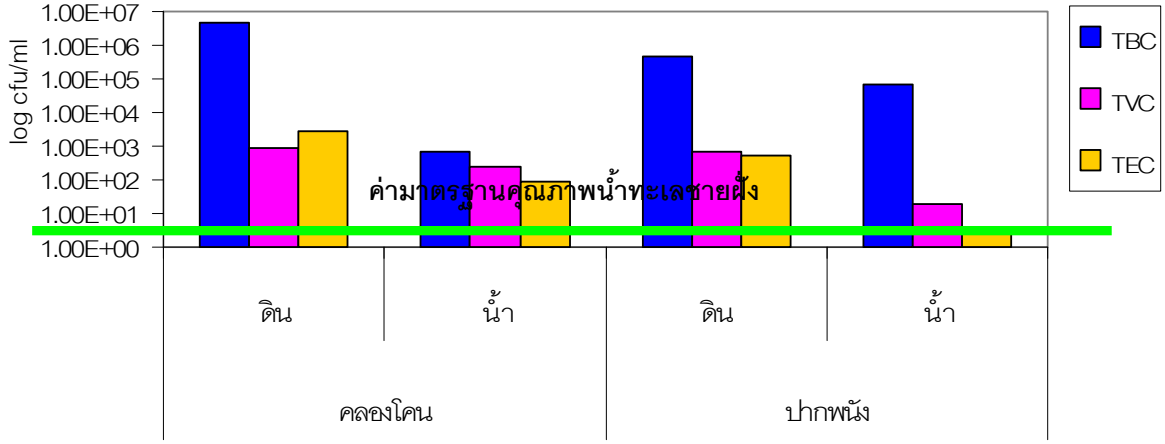
ชนิดของแบคทีเรีย	ดิน (cfu/ml)	น้ำ (cfu/ml)
แบคทีเรียรวม	4.40×10^{6}	6.70×10^{2}
วิบริโอรวม	9.08×10^{2}	2.30×10^{2}
วิบริโอที่ใช้น้ำตาล	2.04×10^{2}	1.70×10^{2}
วิบริโอที่ไม่ใช้น้ำตาล	7.04×10^{2}	60
enteric bacteria รวม	2.74×10^{3}	90
enteric bacteria ที่ใช้น้ำตาล	5.04×10^{2}	80
enteric bacteria ที่ไม่ใช้น้ำตาล	2.24×10^{3}	10

จากการศึกษาตัวอย่างดินและน้ำบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช แบคทีเรียที่เป็นกลุ่มเด่นในดิน คือ แบคทีเรียในกลุ่มวิบริโอมีปริมาณมากที่สุด 7.00×10^{2} cfu/ml ส่วน enteric bacteria มีปริมาณมากที่สุด 5.00×10^{2} cfu/ml แบคทีเรียที่เป็นกลุ่มเด่นในน้ำ คือ แบคทีเรียในกลุ่มวิบริโอมีปริมาณมากที่สุด 20 cfu/ml (ตารางที่ 25) โดยไม่พบ enteric bacteria ซึ่งแบคทีเรียที่พบในดินบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีปริมาณสูงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง (รูปที่ 76) ตัวอย่างดินบริเวณที่ทำการศึกษามีปริมาณแบคทีเรียสูงกว่าในน้ำ เนื่องจากดินมีภาวะปริมาณอินทรีย์สารสูงกว่าในน้ำ ลักษณะดินเป็นสีดำ มีกลิ่นเหม็น มีกิจกรรมการย่อยสลายของแบคทีเรียค่อนข้างสูง

เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างดินและน้ำระหว่าง 2 พื้นที่ ได้แก่ ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม และป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามมีปริมาณแบคทีเรียสูงกว่าป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยบริเวณทั้งสองมีความแตกต่างของปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างดินและน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยในดินมีแบคทีเรียกลุ่มเด่นคือ แบคทีเรียวิบริโอและ enteric bacteria น้ำมีแบคทีเรียวิบริโอเป็นกลุ่มเด่น (รูปที่ 76)

ตารางที่ 25 ปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างดินและน้ำ บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ชนิดของแบคทีเรีย	ดิน (cfu/ml)	น้ำ (cfu/ml)
แบคทีเรียรวม	4.80×10^{5}	7.00×10^{4}
วิบริโอรวม	7.00×10^{2}	20
วิบริโอที่ใช้น้ำตาล	2.00×10^{2}	20
วิบริโอที่ไม่ใช้น้ำตาล	5.00×10^{2}	ไม่พบ
enteric bacteria รวม	5.00×10^{2}	ไม่พบ
enteric bacteria ที่ใช้น้ำตาล	4.00×10^{2}	ไม่พบ
enteric bacteria ที่ไม่ใช้น้ำตาล	1.00×10^{2}	ไม่พบ

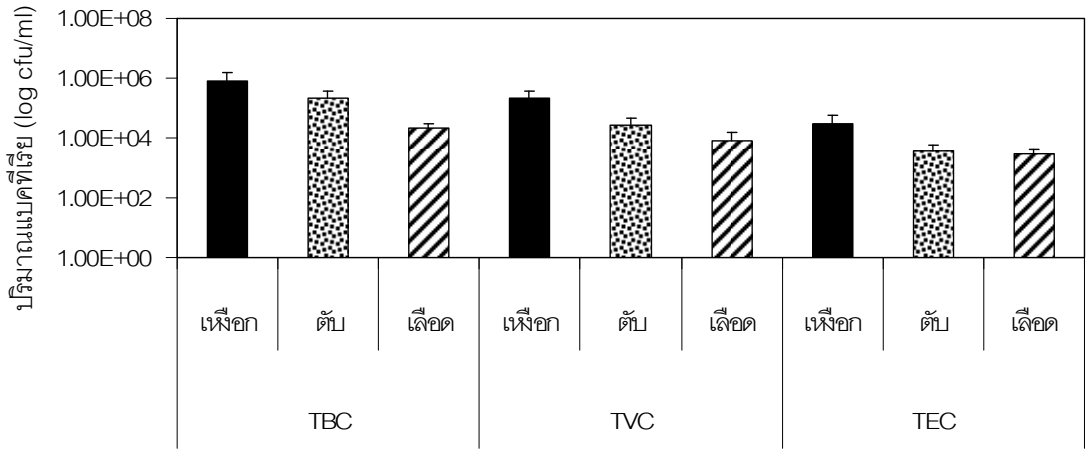


รูปที่ 76 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในบริเวณที่ทำการศึกษา บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม และบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

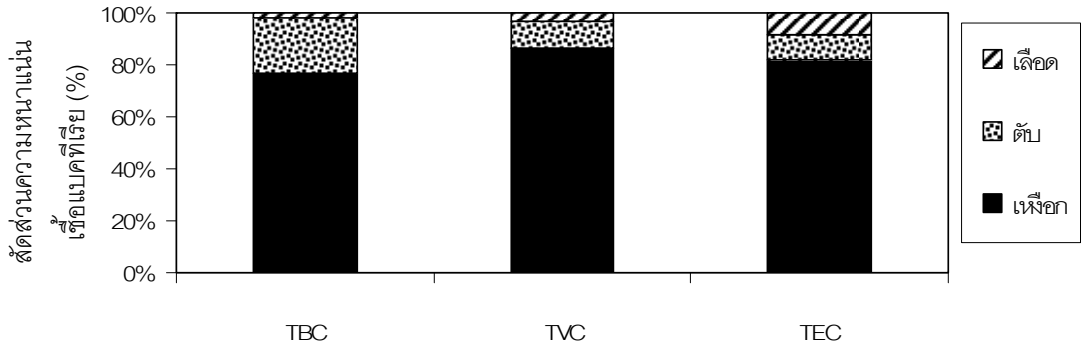
ภาวะการติดเชื้อในปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม พบว่า ปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง 1.30×10^{3} – 7.73×10^{5} cfu/ml ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในดินบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน ซึ่งปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง 7.53×10^{3} – 2.17×10^{5} cfu/ml (รูปที่ 77) โดยเหงือกปูแสมเป็นอวัยวะที่มีการติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด รองลงมาคือตับ-ตับอ่อน ส่วนเลือดเป็นส่วนที่ติดเชื้อแบคทีเรียน้อยที่สุด พบอยู่ในช่วงร้อยละ 2-8 (รูปที่ 78) โดยระดับปริมาณแบคทีเรียไม่พบว่าทำให้ปูแสมเกิดโรค



รูปที่ 77 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

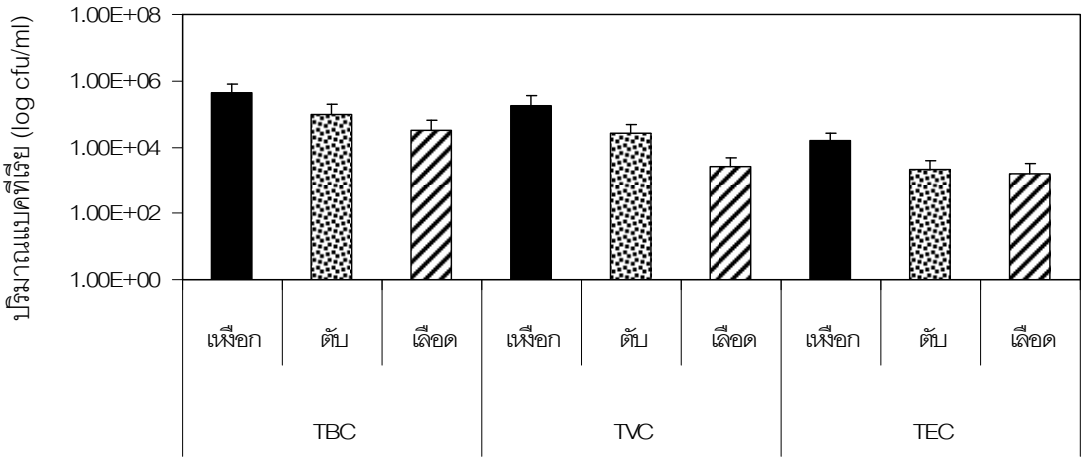


รูปที่ 78 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

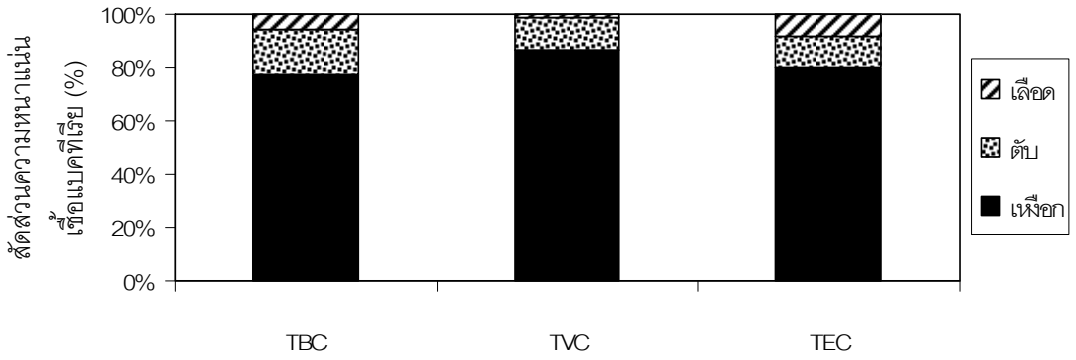
ภาวะการติดเชื้อในปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง 1.47×10^{3} – 4.51×10^{5} cfu/ml ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในดินบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ซึ่งปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง 1.95×10^{3} – 1.80×10^{5} cfu/ml (รูปที่ 79) เหงือกปูแสมเป็นอวัยวะที่มีการติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด รองลงมาคือตับ-ตับอ่อน ส่วนเลือดพบติดเชื้อแบคทีเรียน้อยที่สุดอยู่ในช่วงร้อยละ 1-8 (รูปที่ 80)



รูปที่ 79 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts



รูปที่ 80 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

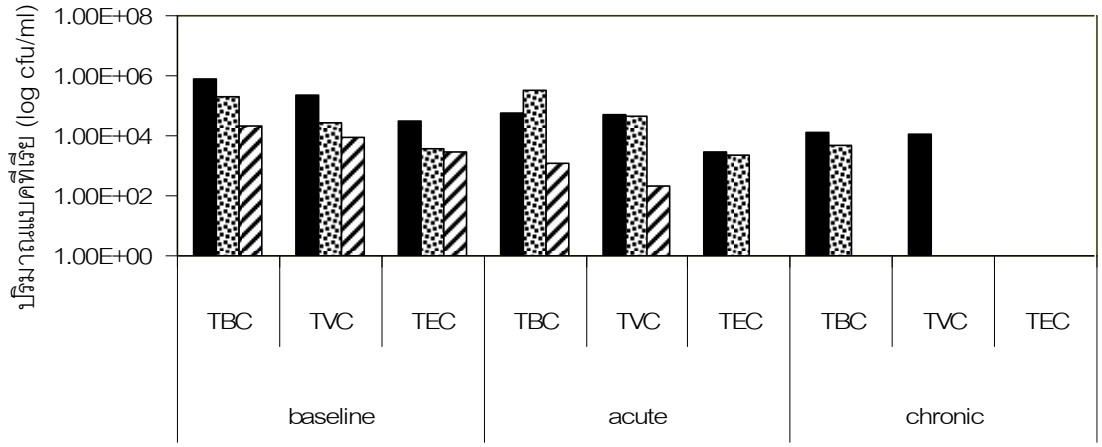
จากการศึกษาภาวะการติดเชื้อแบคทีเรียในอวัยวะปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามและปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าปริมาณแบคทีเรียรวมมีปริมาณอยู่ในช่วงเดียวกันคือ 10^3-10^5 cfu/ml ซึ่งปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนมีปริมาณมากกว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง เมื่อพิจารณาการติดเชื้อในอวัยวะต่างๆ พบว่าเหงือกเป็นบริเวณที่พบแบคทีเรียมากที่สุด รองลงมาคือตับ-ตับอ่อน โดยพบแบคทีเรียในเลือดของปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนมีปริมาณน้อยกว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง

ภาวะติดเชื้อของปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม

1. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

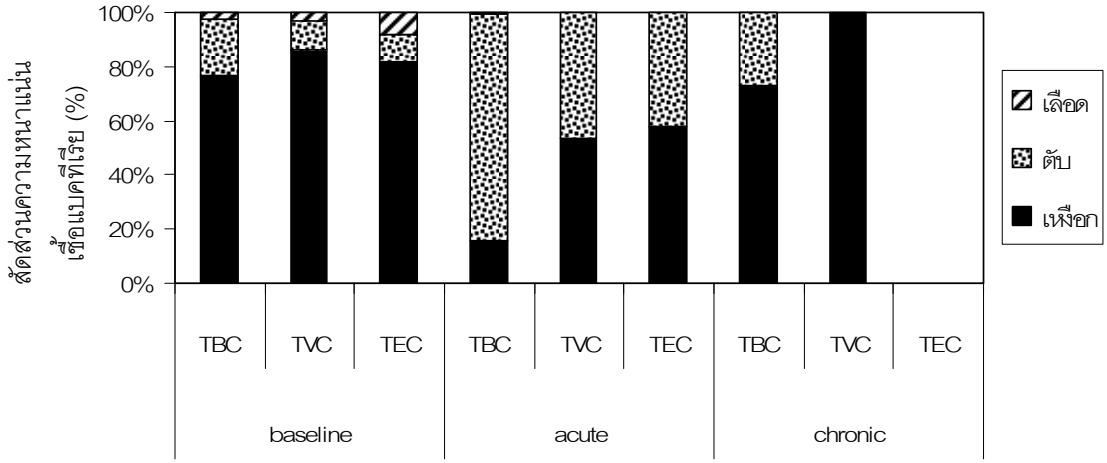
ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม คือ 20-25 psu. ในการทดลองระยะสั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ– 3.16×10^5 cfu/ml ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมในธรรมชาติ บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน ซึ่งปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง 2.00×10^2 – 5.30×10^4 cfu/ml (รูปที่ 81) เหงือกปูแสมเป็นอวัยวะที่มีการติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด รองลงมาคือตับ-ตับอ่อน ส่วนเลือดติดเชื้อแบคทีเรียน้อยที่สุด พบอยู่ในช่วงร้อยละ 2-8 (รูปที่ 82)

ในการทดลองระยะยาวพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ– 1.28×10^4 cfu/ml ซึ่งมีปริมาณน้อยลงเมื่อเทียบกับการทดลองในระยะสั้น ซึ่งปริมาณแบคทีเรียวิบริโอพบได้เฉพาะในเหงือกของปูแสมเท่านั้นมีปริมาณ 1.20×10^4 cfu/ml และไม่พบปูแสมติดเชื้อแบคทีเรียแอนเทอริคเลย (รูปที่ 81) เหงือกปูแสมเป็นอวัยวะที่มีการติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด รองลงมาคือตับ-ตับอ่อน ไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียในเลือด (รูปที่ 82)



รูปที่ 81 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts



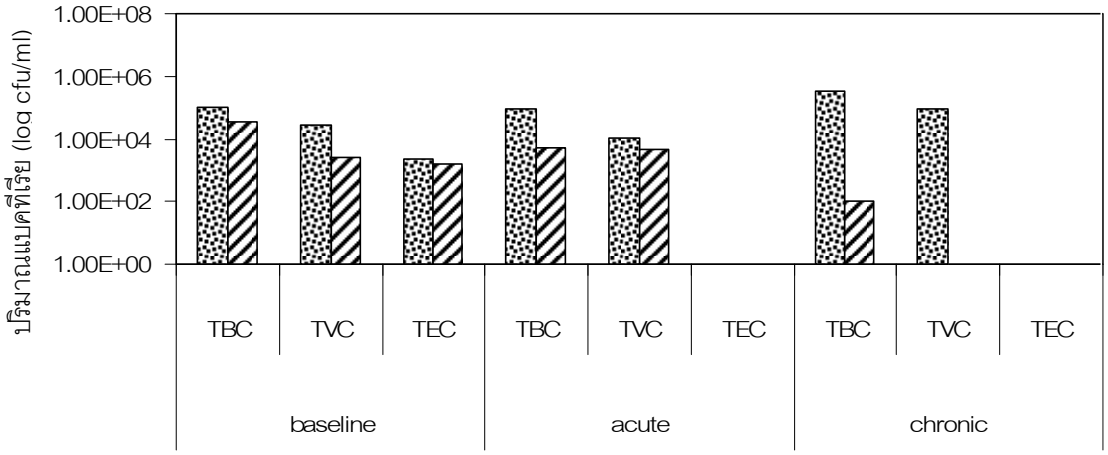
รูปที่ 82 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

2. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

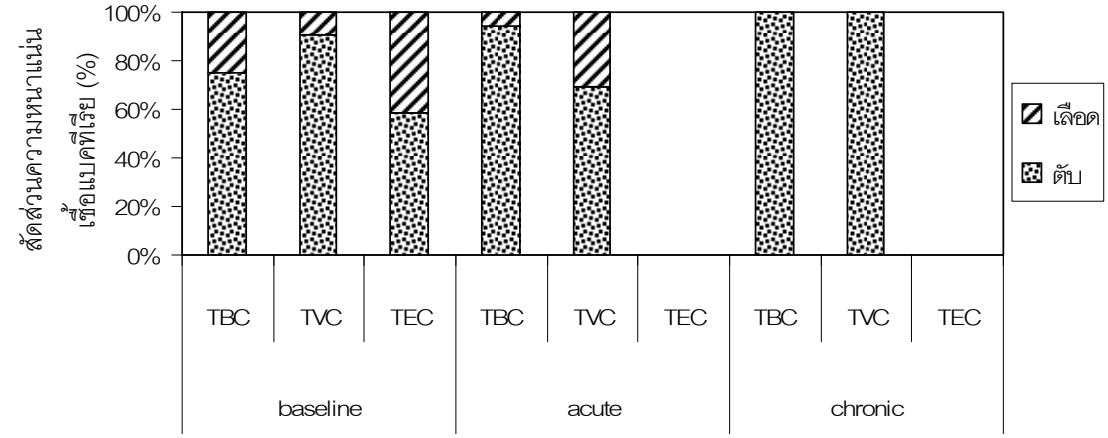
ปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม คือ 25-30 psu. ในการทดลองระยะสั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 8.50×10^{4} cfu/ml ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมในธรรมชาติ บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ซึ่งปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง 4.90×10^{3} – 1.10×10^{4} cfu/ml และไม่พบปูแสมติดเชื้อแบคทีเรียแอนเทอริคเลย (รูปที่ 83) ตับ-ตับอ่อนมีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอร้อยละ 70 ส่วนเลือดมีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอร้อยละ 30 (รูปที่ 84)

ในการทดลองระยะยาวพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 3.15×10^{5} cfu/ml โดยไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดของปูแสมและไม่พบปูแสมติดเชื้อแบคทีเรียแอนเทอริคเลย (รูปที่ 84)



รูปที่ 83 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts



รูปที่ 84 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

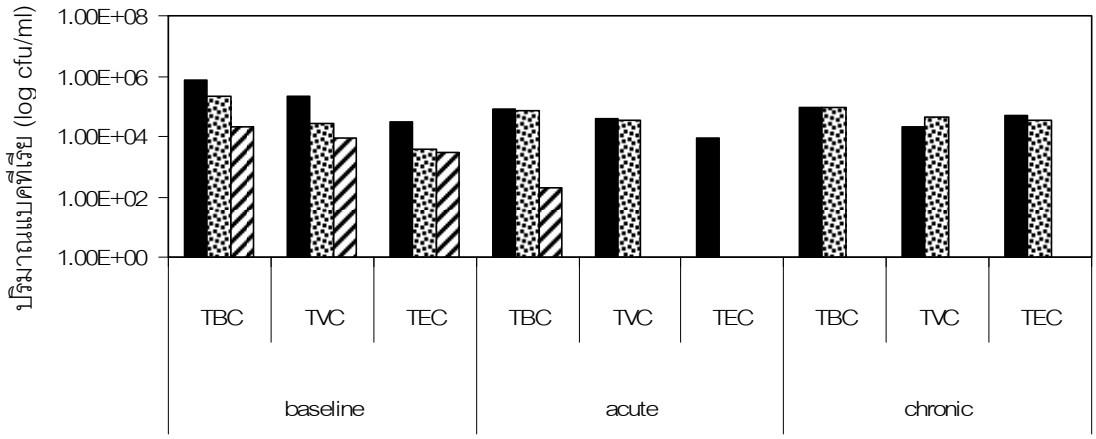
จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามและปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสมไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียในเลือด โดยเหงือกและตับ-ตับอ่อนสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งหมด

ภาวะติดเชื้อของปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ

1. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

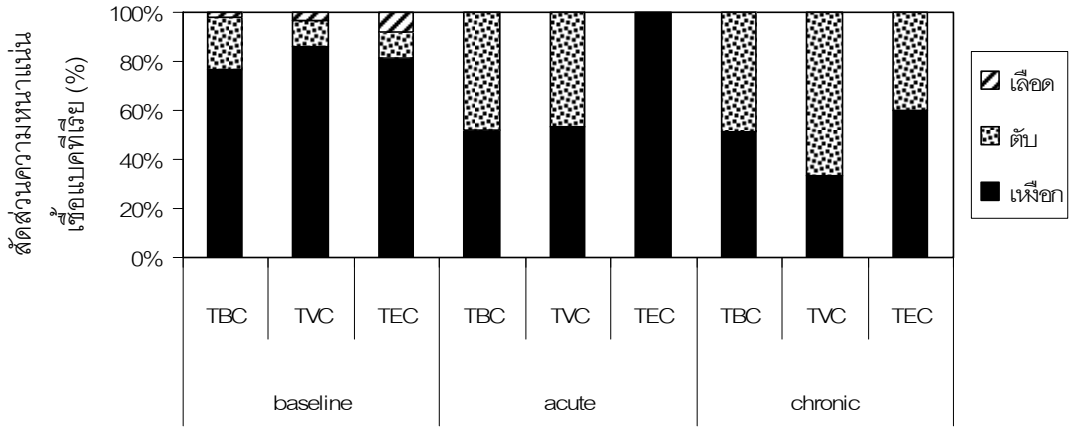
ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ คือ 0 psu. ในการทดลองระยะสั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 7.70×10^4 cfu/ml ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณแบคทีเรียในปูแสมในธรรมชาติ บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน ซึ่งปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 4.00×10^4 cfu/ml (รูปที่ 85) เหงือกปูแสมเป็นอวัยวะที่มีการติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด รองลงมาคือตับ-ตับอ่อน ซึ่งพบปริมาณแบคทีเรียวิบริโอสูงกว่าปูแสมในธรรมชาติ แต่ในเลือดไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอเลย (รูปที่ 86)

ในการทดลองระยะยาวพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 9.50×10^4 cfu/ml ซึ่งมีปริมาณมากขึ้นเมื่อเทียบกับการทดลองในระยะสั้น ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอพบในตับ-ตับอ่อนมากกว่าในเหงือกของ ปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 4.40×10^4 cfu/ml (รูปที่ 85) เหงือกปูแสมเป็นอวัยวะที่มีการติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุดและไม่พบปูแสมติดเชื้อแบคทีเรียในเลือดเลย (รูปที่ 86)



รูปที่ 85 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่ำ

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts



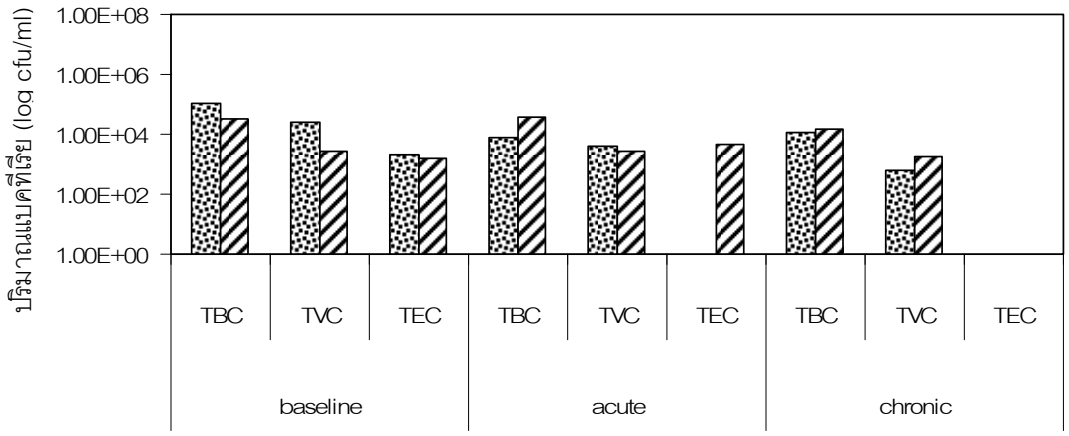
รูปที่ 86 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่ำ

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

2. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

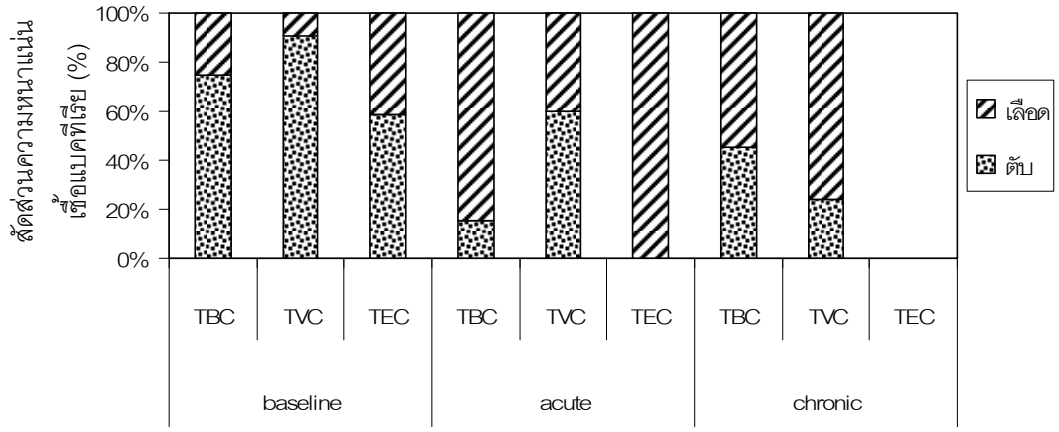
ปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ คือ 0 psu ในการทดลองระยะสั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 3.89×10^{4} cfu/ml ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณแบคทีเรียในปูแสมในธรรมชาติ บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง ซึ่งปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง 2.73×10^{3} – 4.10×10^{3} cfu/ml (รูปที่ 87) โดยพบว่าปูแสมมีการติดเชื้อทั้งในตับ-ตับอ่อนและเลือด (รูปที่ 88)

ในการทดลองระยะยาวพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 1.46×10^{4} cfu/ml ซึ่งมีปริมาณน้อยลงเมื่อเทียบกับการทดลองในระยะสั้น ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอพบในเลือดมากกว่าในตับ-ตับอ่อนของปูแสมอยู่ในช่วง 6.00×10^{2} – 1.90×10^{3} cfu/ml ไม่มีการติดเชื้อแบคทีเรียแอนเทอริค (รูปที่ 87) ปูแสมมีการติดเชื้อแบคทีเรียในเลือดมากกว่าในตับ-ตับอ่อน (รูปที่ 88)



รูปที่ 87 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่ำ

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts



รูปที่ 88 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ต่ำ

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียในเลือด โดยเหงือกและตับ-ตับอ่อนสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งหมด แต่ปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบปริมาณแบคทีเรียลดลงในการทดลองระยะยาวซึ่งมีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดปริมาณ 1.90×10^{3} cfu/ml โดยตับ-ตับอ่อนไม่สามารถกำจัดแบคทีเรียได้หมด

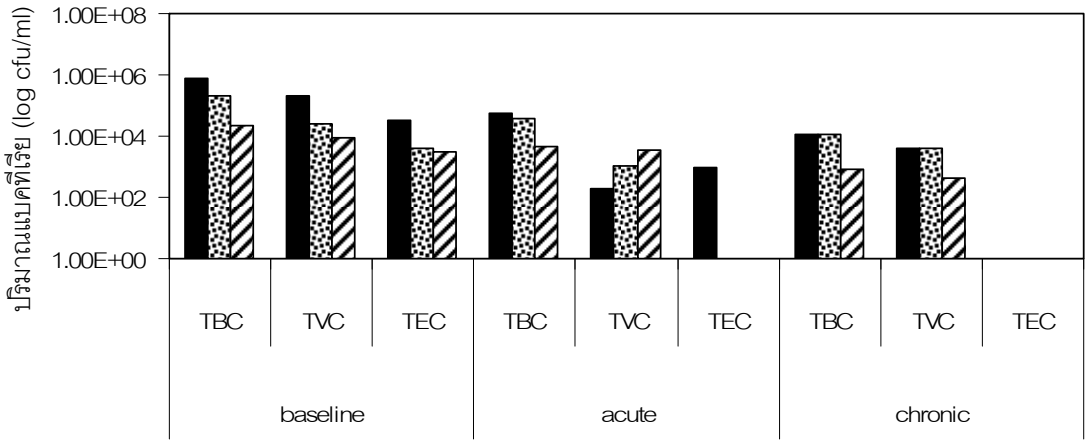
ภาวะติดเชื้อของปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง

1. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

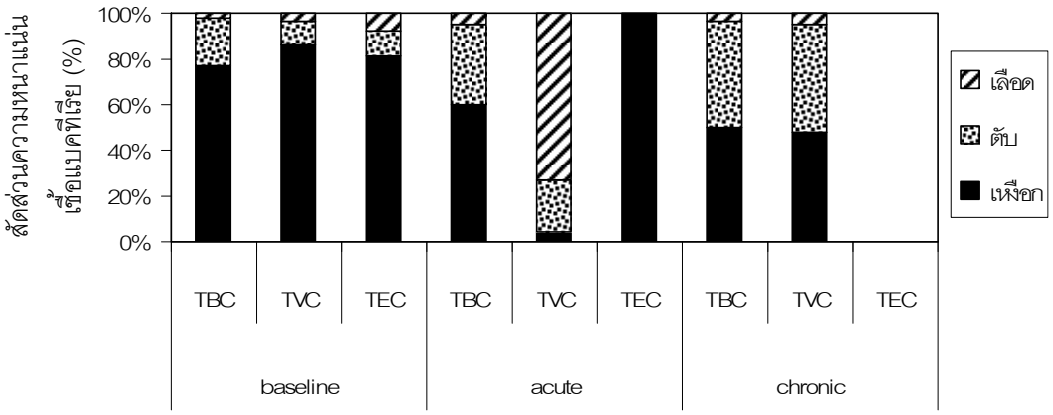
ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูงคือ 30- 40 psu ในการทดลองระยะสั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 5.90×10^{4} cfu/ml ซึ่งน้อย

กว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมในธรรมชาติ บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน มีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง 2.00×10^{2}– 3.50×10^{3} cfu/ml (รูปที่ 89) โดยเลือดเป็นส่วนที่ติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอสูงที่สุดถึงร้อยละ 73 เหงือกปูแสมเป็นอวัยวะที่มีการติดเชื้อแบคทีเรียเอนเทอริค (รูปที่ 90)

ในการทดลองระยะยาวพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ– 1.18×10^{4} cfu/ml ซึ่งมีปริมาณน้อยลงเมื่อเทียบกับการทดลองในระยะสั้น ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอพบในเลือดมีปริมาณน้อยลงเมื่อเทียบกับการทดลองในระยะสั้นอยู่ในช่วง 4.00×10^{2} – 4.00×10^{3} cfu/ml (รูปที่ 89) โดยเหงือกปูแสมเป็นอวัยวะที่มีการติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด เลือดมีการติดเชื้อน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 3-4 และไม่พบปูแสมมีการติดเชื้อแบคทีเรียแอน-เทอริคเลย (รูปที่ 90)



รูปที่ 89 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่สูง TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts



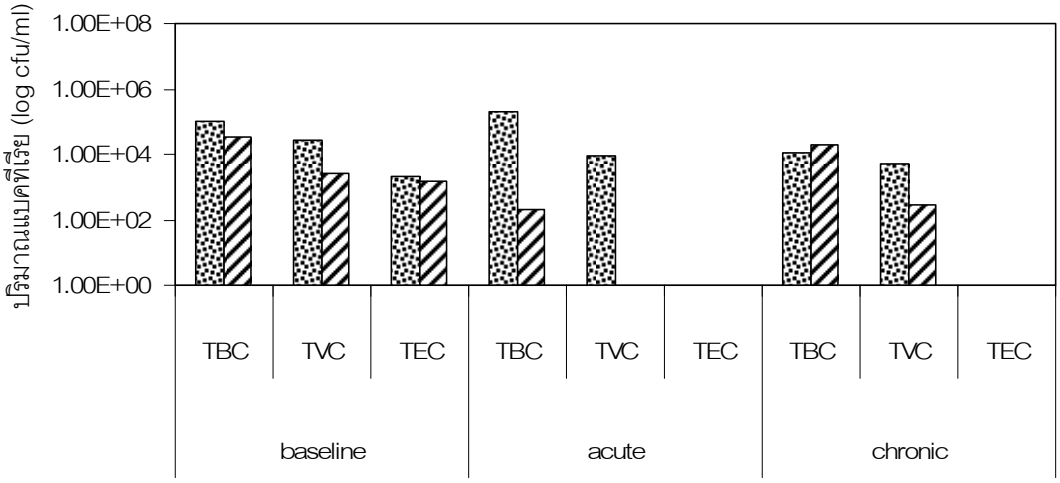
รูปที่ 90 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* บ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่สูง

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

2. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

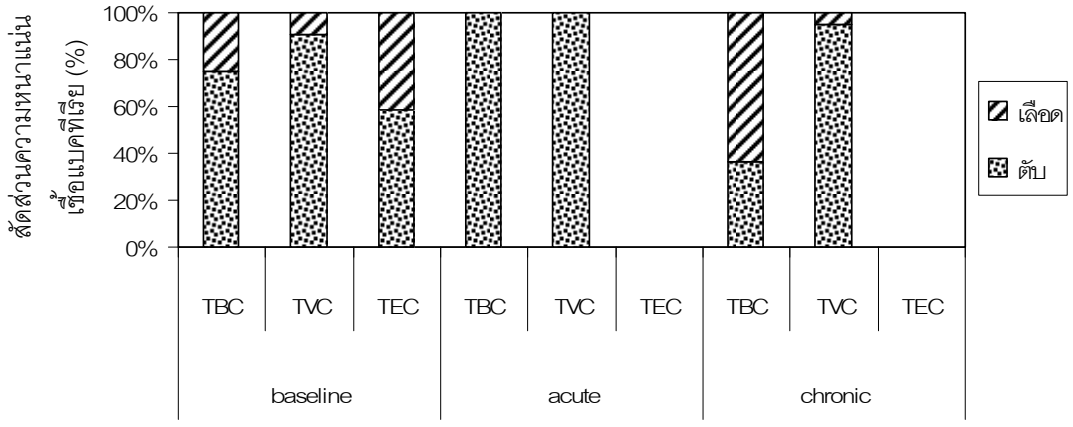
ปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูงคือ 40 psu. ในการทดลองระยะสั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ– 1.99×10^{5} cfu/ml ซึ่งมากกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมในธรรมชาติ บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง พบแบคทีเรียวิบริโอในตับ-ตับอ่อนของปูแสม 9.00×10^{3} cfu/ml (รูปที่ 91) โดยตับ-ตับอ่อนเป็นส่วนที่ติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุดและไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียในเลือดเลย (รูปที่ 92)

ในการทดลองระยะยาวพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 1.98×10^{4} cfu/ml ซึ่งมีปริมาณน้อยลงเมื่อเทียบกับการทดลองในระยะสั้น ปริมาณแบคทีเรียวิบริโออยู่ในช่วง 3.00×10^{2} – 5.40×10^{3} cfu/ml โดยปูแสมมีการติดเชื้อแบคทีเรียในเลือดมากขึ้นเมื่อเทียบกับการทดลองในระยะสั้น (รูปที่ 92)



รูปที่ 91 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric count



รูปที่ 92 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่สูง

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

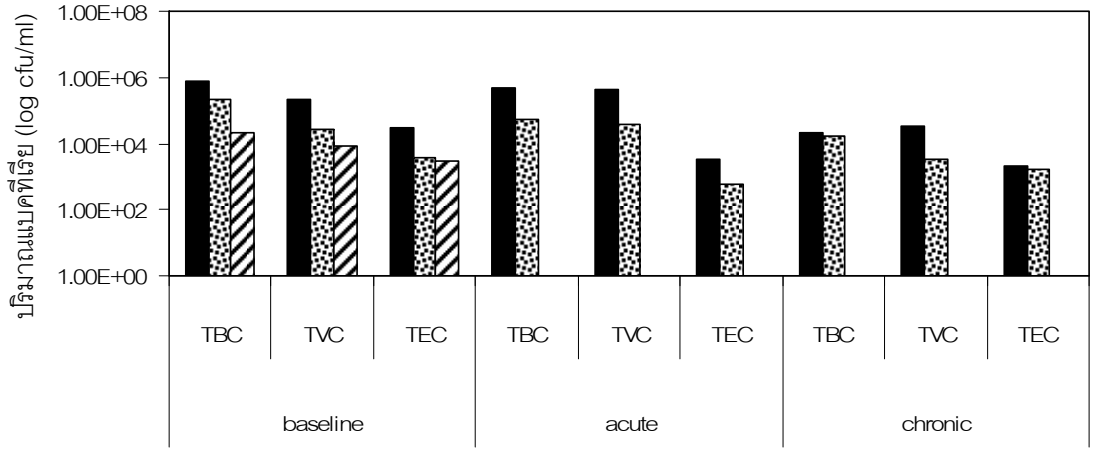
จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามและปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง พบปริมาณแบคทีเรียในอวัยวะต่างๆ มีปริมาณลดลงในการทดลองระยะยาวพบการติดเชื้อแบคทีเรียในเลือด โดยเหงือกและตับ-ตับอ่อนไม่สามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งหมด การติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดของปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนมีปริมาณมากกว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง โดยมีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในเลือดเท่ากับ 4.00×10^{2} และ 3.00×10^{2} cfu/ml ซึ่งตับ-ตับอ่อนไม่สามารถกำจัดแบคทีเรียได้หมด

ภาวะติดเชื้อของปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม

1. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

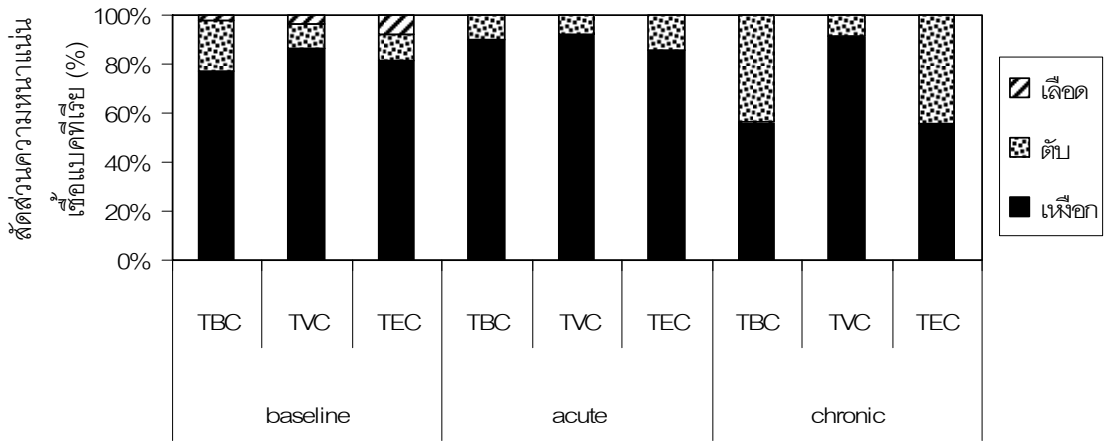
ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม คือ มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 4-6 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการทดลองระยะสั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ– 5.11×10^{5} cfu/ml ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมในธรรมชาติ บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน มีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 4.22×10^{5} cfu/ml (รูปที่ 93) โดยเหงือกเป็นอวัยวะที่ติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด ไม่พบว่ามีการติดเชื้อแบคทีเรียในเลือด (รูปที่ 94)

ในการทดลองระยะยาวพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 3.50×10^{4} cfu/ml ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมที่ทำการทดลองในระยะสั้น มีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 3.50×10^{4}cfu/ml (รูปที่ 93) โดยเหงือกเป็นอวัยวะที่ติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด ไม่พบว่ามีการติดเชื้อแบคทีเรียในเลือด (รูปที่ 94)



รูปที่ 93 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts



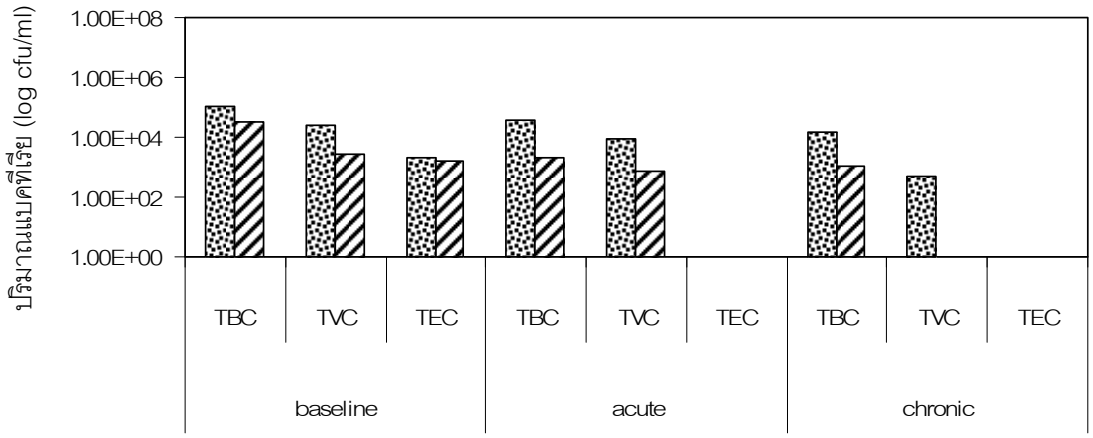
รูปที่ 94 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

2. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

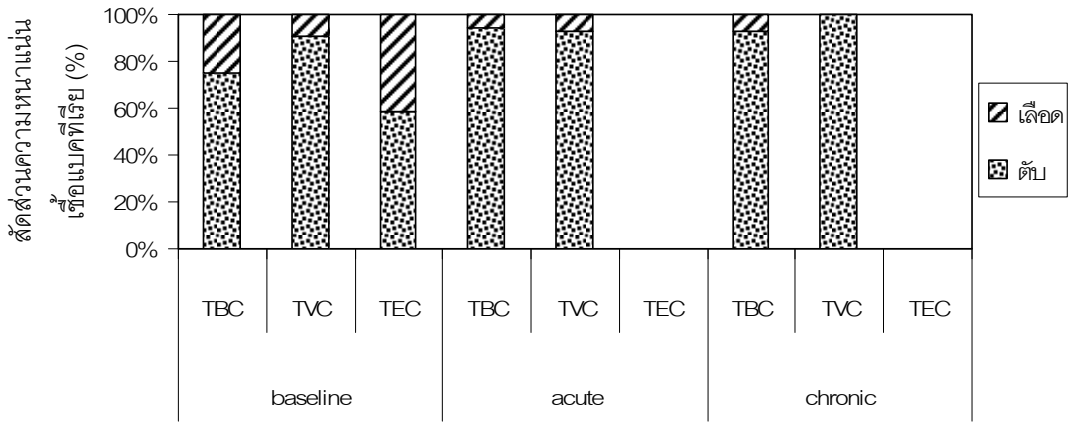
ปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม คือ มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 4-6 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการทดลองระยะสั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 3.60×10^{4} cfu/ml ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมในธรรมชาติ บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง มีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง 9.00×10^{3} – 7.00×10^{2} cfu/ml ไม่พบว่ามีการติดเชื้อแบคทีเรียแอนเทอริคในปูแสม (รูปที่ 95) โดยตับ-ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่ติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด (รูปที่ 96)

ในการทดลองระยะยาวพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 1.40×10^{4} cfu/ml ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมที่ทำการทดลองในระยะสั้น ตับ-ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่ติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโออยู่ในช่วง 5.00×10^{2}cfu/ml ไม่พบว่ามีการติดเชื้อแบคทีเรียแอนเทอริคในปูแสม (รูปที่ 95) ไม่พบว่ามีการติดเชื้อแบคทีเรีย วิบริโอในเลือด (รูปที่ 96)



รูปที่ 95 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts



รูปที่ 96 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

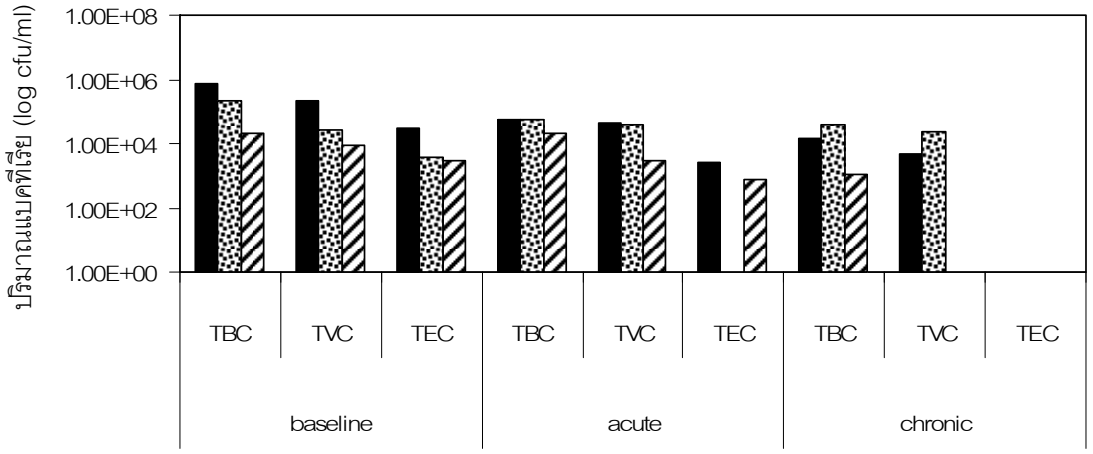
จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามและปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม ไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือด โดยเหงือกและตับ-ตับอ่อนสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียออกจากร่างกายได้หมด

ภาวะติดเชื้อของปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ

1. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

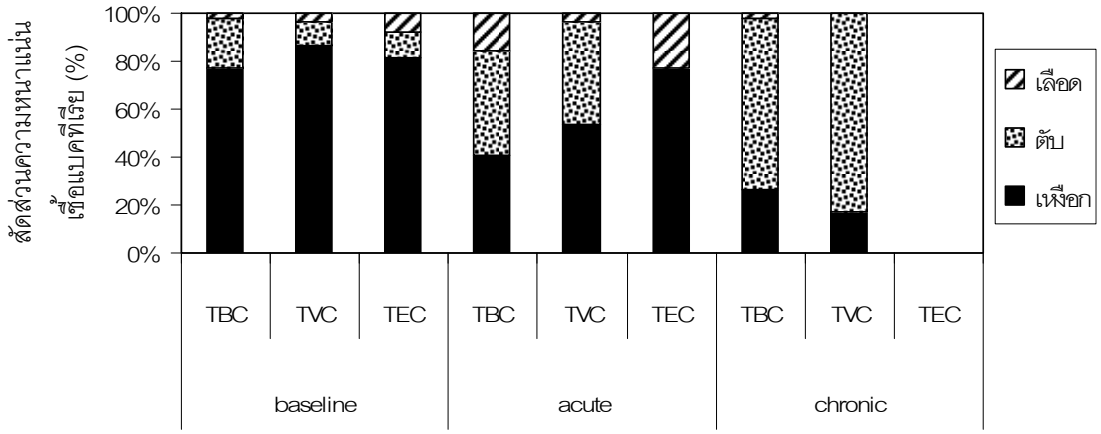
ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 2-4 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการทดลองระยะสั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 5.40×10^{4} cfu/ml ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมในธรรมชาติ บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน มีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง 2.90×10^{3} – 4.60×10^{4} cfu/ml (รูปที่ 97) โดยเหงือกและตับ-ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่ติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด เลือดมีการติดเชื้อแบคทีเรียอยู่ในช่วงร้อยละ 3-15 (รูปที่ 98)

ในการทดลองระยะยาวพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 3.80×10^{4} cfu/ml ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมที่ทำการทดลองในระยะสั้น มีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 2.40×10^{4}cfu/ml (รูปที่ 97) โดยตับ-ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่ติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด รองลงมาคือเหงือก ไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดปูแสม (รูปที่ 98)



รูปที่ 97 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำ

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts



รูปที่ 98 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำ

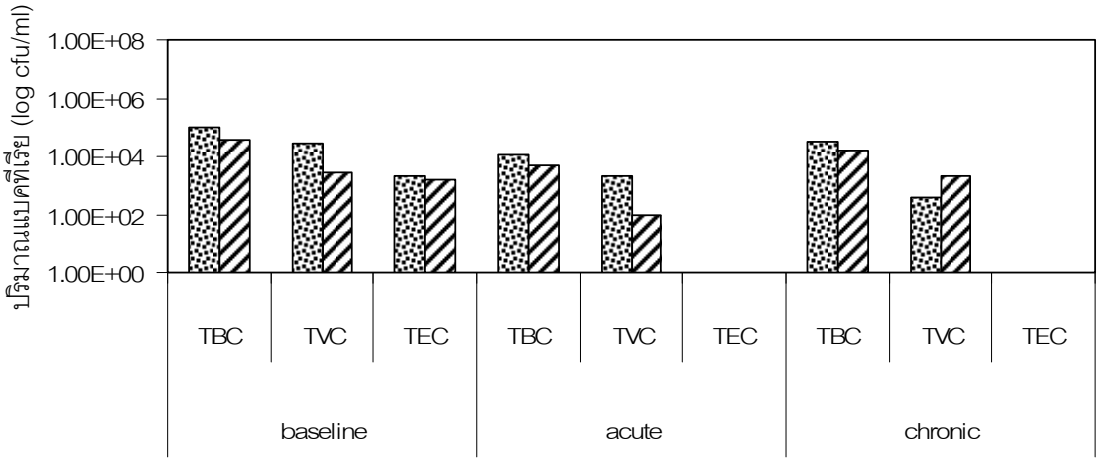
TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

2. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ ในการทดลองระยะสั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 1.20×10^{4} cfu/ml ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมในธรรมชาติ บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังมีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง 2.00×10^{3} – 1.00×10^{2} cfu/ml ไม่พบว่ามีการติดเชื้อแบคทีเรียแอนเทอริคในปูแสม (รูปที่ 99) โดยตับ-ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่ติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด (รูปที่ 100)

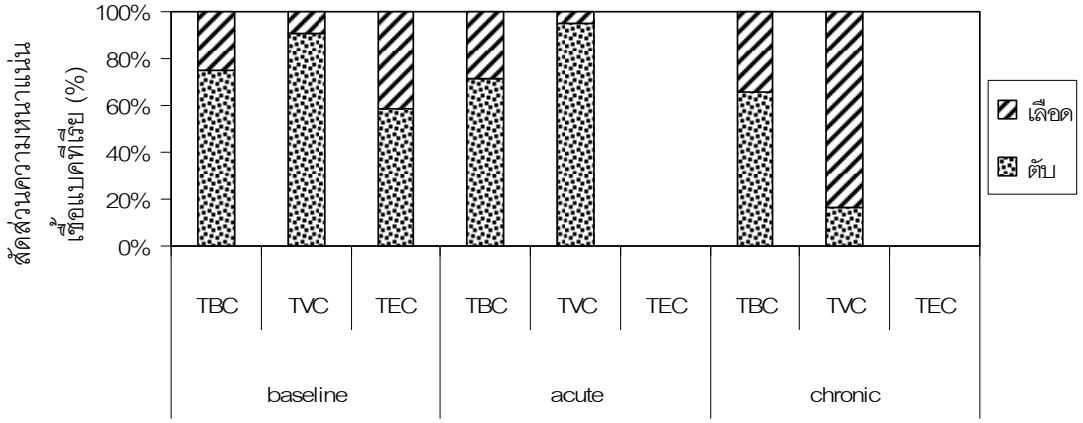
ในการทดลองระยะยาวพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ– 2.90×10^{4} cfu/ml ซึ่งมากกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมที่ทำการทดลองในระยะสั้น มีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของ

ปูแสมอยู่ในช่วง $2.00\times10^{3} - 4.00\times10^{2}$ cfu/ml (รูปที่ 99) เลือดติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอสูงถึงร้อยละ 83 ไม่พบว่ามีการติดเชื้อแบคทีเรียแอนเทอริคในปูแสม (รูปที่ 100)



รูปที่ 99 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำ

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts



รูปที่ 100 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำ

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

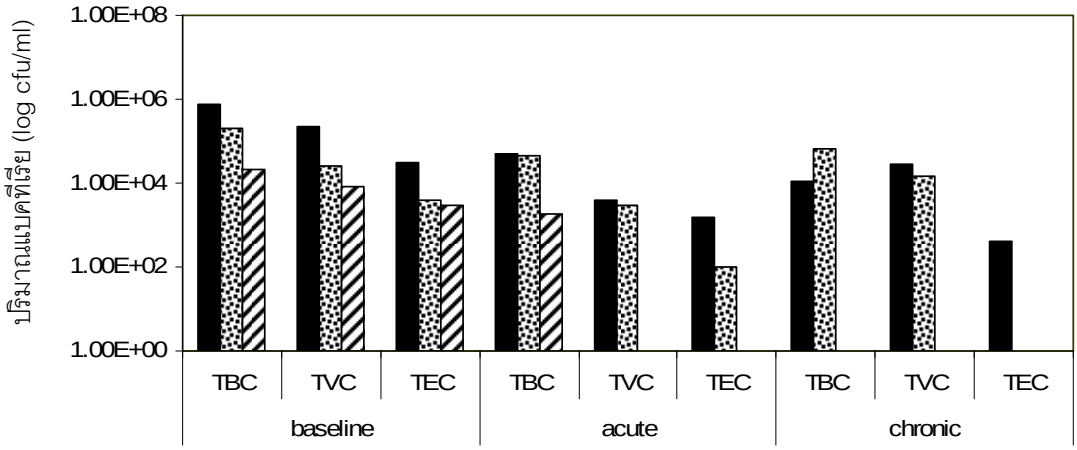
จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูงไม่พบมีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือด ซึ่งเหงือกและตับ-ตับอ่อนปูแสมสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอได้ในการทดลองระยะสั้นแต่ปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชพบมีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในอวัยวะต่างๆ ทั้งในทดลองระยะสั้นและระยะยาว โดยตับ-ตับอ่อนไม่สามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียได้หมดพบปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในเลือดเท่ากับ 2.00×10^{3} cfu/ml

ภาวะติดเชื้อของปูแสมที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

1. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

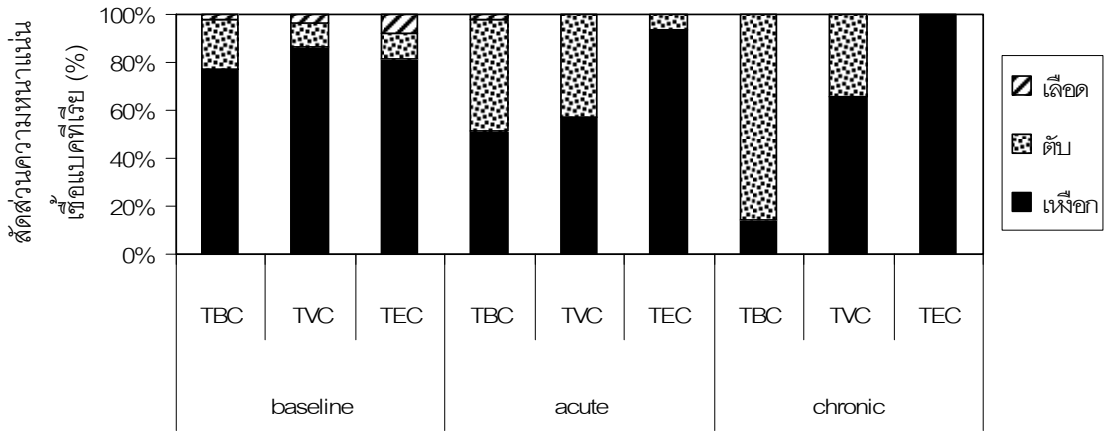
ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในการทดลองระยะสั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ– 4.80×10^{4} cfu/ml ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมในธรรมชาติ บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน มีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ– 4.00×10^{3} cfu/ml (รูปที่ 101) โดยเหงือกและตับ-ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่ติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด ไม่มีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอและเอนเทอริคในเลือด (รูปที่ 102)

ในการทดลองระยะยาวพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ– 6.80×10^{4} cfu/ml ซึ่งมากกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมที่ทำการทดลองในระยะสั้น มีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ– 2.90×10^{4}cfu/ml (รูปที่ 101) โดยเหงือกและตับ-ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่ติดเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด ไม่มีการติดเชื้อแบคทีเรียในเลือด(รูปที่ 102)



รูปที่ 101 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts



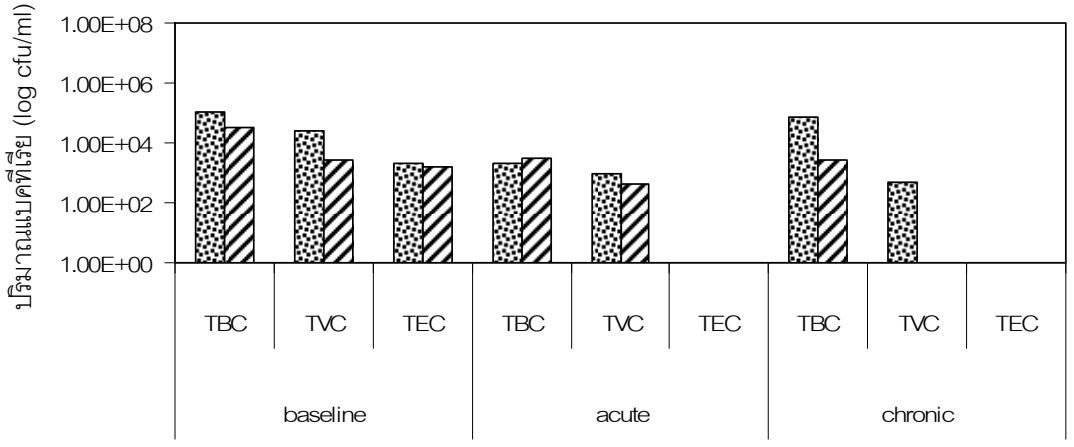
รูปที่ 102 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

2. ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

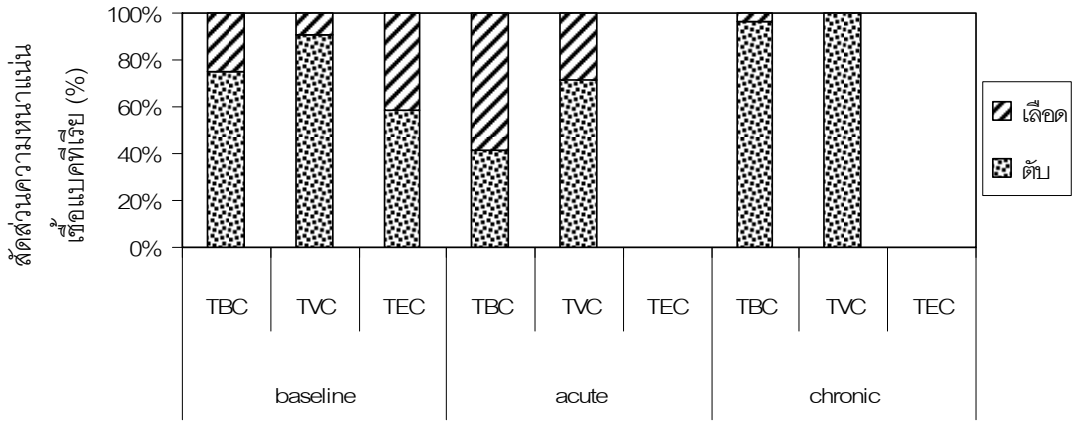
ปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในการทดลองระยะสั้นพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 2.20×10^{3}cfu/ml ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมในธรรมชาติ บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง มีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง 4.00×10^{2} – 1.00×10^{3} cfu/ml ไม่พบว่ามีการติดเชื้อแบคทีเรียแอนเทอริคในปูแสม (รูปที่ 103) มีการติดเชื้อในตับ-ตับอ่อนและเลือด โดยตับ-ตับอ่อนมีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอร้อยละ 71 (รูปที่ 104)

ในการทดลองระยะยาวพบปริมาณแบคทีเรียที่พบในร่างกายของปูแสมอยู่ในช่วง ไม่พบ – 7.18×10^{4} cfu/ml ซึ่งมากกว่าปริมาณแบคทีเรียในปูแสมที่ทำการทดลองในระยะสั้น (รูปที่ 103) ตับ-ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่พบว่ามีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอ 5.00×10^{2} cfu/ml ไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอและเอนเทอริคในเลือด (รูปที่ 104)



รูปที่ 103 ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts



รูปที่ 104 สัดส่วนความหนาแน่นของเชื้อแบคทีเรียที่พบในอวัยวะปูแสม *N. mederi* ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

TBC – Total bacterial counts, TVC- Total vibrio counts, TEC- Total enteric counts

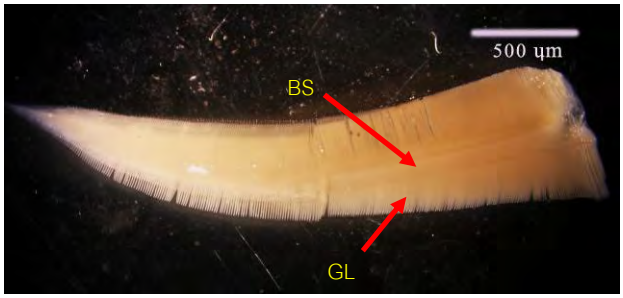
จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียในเลือด โดยเหงือกและตับ-ตับอ่อนสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งหมดแต่ปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชพบปริมาณแบคทีเรียลดลงในการทดลองระยะยาว ซึ่งในการทดลองระยะสั้นพบมีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดแต่เมื่อระยะยาวตับ-ตับอ่อนสามารถกำจัดแบคทีเรียได้หมดจึงไม่พบมีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดปูแสม

การศึกษาทางลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาในปูแสม ที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มในระยะยาว

เมื่อพิจารณาผลของระดับความเค็มที่ทำให้ปูแสมเกิดภาวะเครียด พบว่าที่ระดับความเค็มที่ทำให้เกิดภาวะเครียด คือ ระดับความเค็มต่ำ 0 psu และระดับความเค็มสูง 40 psu ปูแสมมีอัตราการตายสูง เมื่อทำการศึกษาการตอบสนองทางโลหิตวิทยาพบว่า ผลการตอบสนองของปูแสมที่อาศัยอยู่ในระดับความเค็มที่ทำให้เกิดภาวะเครียดเห็นได้ชัดจากผลการทดลองในระยะยาว จึงทำการศึกษาลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยาของปูแสมในภาวะปกติคือ ระดับความเค็มที่เหมาะสมเปรียบเทียบกับปูแสมที่เกิดภาวะเครียด โดยลักษณะเนื้อเยื่อในอวัยวะที่ได้รับผลกระทบคือ เหงือกและตับ-ตับอ่อนของปูแสมดังต่อไปนี้

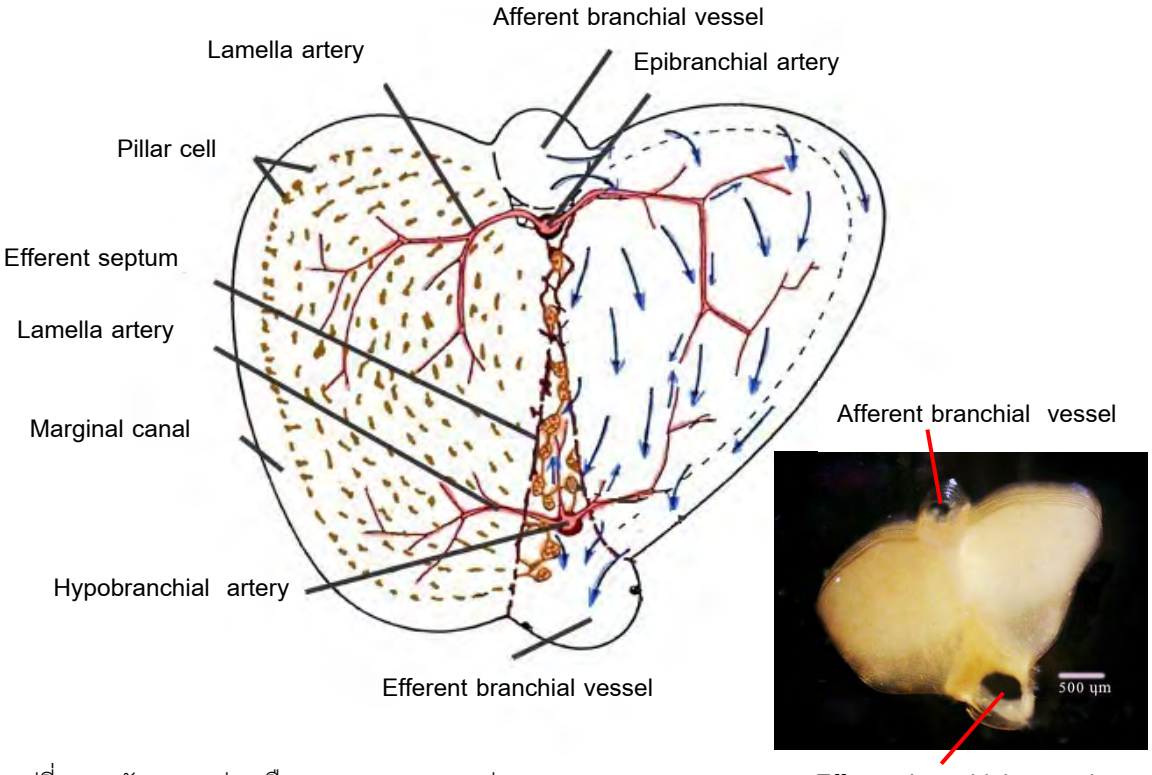
ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาเหงือกของปูแสม

ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกปูแสมมีทั้งหมด 6 คู่ เป็นแบบ phyllobranchiate gills (รูปที่ 105) ซึ่งมีลักษณะคล้ายขนนก ซึ่งมีแกนกลางหรือ branchial stem ทำหน้าที่ยึดแผ่นเหงือก (gill lamella) จำนวนมากที่เรียงซ้อนกันอยู่ แผ่นเหงือกมีลักษณะเป็นแผ่นแบน (รูปที่ 106) บริเวณตรงกลางแผ่นทั้งด้านนอกและในของแผ่นเป็นเส้นเลือด โดยเส้นเลือด afferent branchial vessel ที่รับเลือดจากแอ่งเลือดในตัวมายังเหงือกอยู่ทางด้านนอก ส่วน efferent branchial vessel ที่นำเลือดที่มีออกซิเจนสูงจากเหงือกเข้าสู่หัวใจอยู่ทางด้านใน

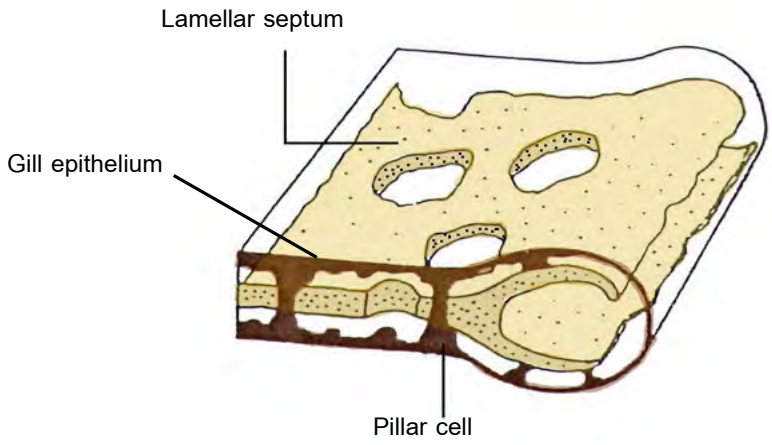


รูปที่ 105 เหงือกแบบ phyllobranchiate ของปูแสม *N. mederi* (BS - branchial stem, GL- gill lamella)

ลักษณะทางเนื้อเยื่อของแผ่นเหงือกเมื่อตัดsection เหงือกทั้งอันตามแนวยาวของเหงือก ซึ่งจะทำให้เห็นภาพตัดขวาง (cross section) ของแผ่นเหงือก ซึ่งประกอบด้วยเยื่อบุผิวที่มีลักษณะแบนบางชั้นเดียว (simple squamous epithelium) ที่หุ้มช่องเลือด (haemocoelic space) ไว้ ทางด้านฐานของเยื่อบุผิว (basement membrane) ซึ่งเป็นผิวด้านนอกของแผ่นเหงือก มีชั้นสารนอกเซลล์ cuticle (chitinous cuticle) บางๆปกคลุม ทำหน้าที่ป้องกันเยื่อบุผิว แผ่นเหงือกสามารถคงสภาพให้มีช่องเลือด (hoemocoel) อยู่ได้ด้วยการค้ำจุนของ pillar cell ซึ่งพบเป็นเซลล์ 2 เซลล์ยึดติดกันตามขวางของแผ่นเหงือก (รูปที่ 107) ขอบด้านนอกของแผ่นเหงือกมีลักษณะโป่งออกเป็นส่วนของ marginal canal ภายใน branchial stem พบช่องเลือดที่ถูกตัดตามขวาง 2 ช่อง ช่องเลือดทางด้านโคนของเหงือกซึ่งจะไปยึดติดกับผนังลำตัวกว้างกว่าบริเวณอื่น ช่องเลือดทั้งสอง ได้แก่ afferent และ efferent branchial vessels (รูปที่ 107) ซึ่งแยกแขนงเข้าไปในแผ่นเหงือกแต่ละแผ่น ภายในช่องเลือด พบมีเซลล์เม็ดเลือดอยู่ภายใน marginal canal ที่ส่วนปลายของ gill lamella ที่โป่งพองออก สามารถสังเกตเห็นเยื่อบุผิวของเหงือก (gill epithelium) ได้ชัดเจน ช่องภายใน marginal canal พบเซลล์เม็ดเลือดน้อยกว่าในแผ่น gill lamella



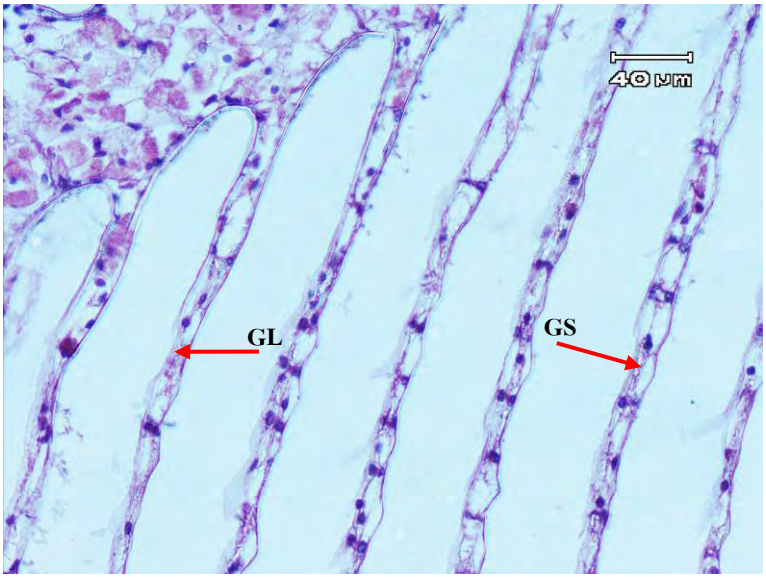
รูปที่ 106 ลักษณะแผ่นเหงือก gill lamella ของปูแสม *N. mederi*
(ดัดแปลงจาก Harrison and Humes, 1991)



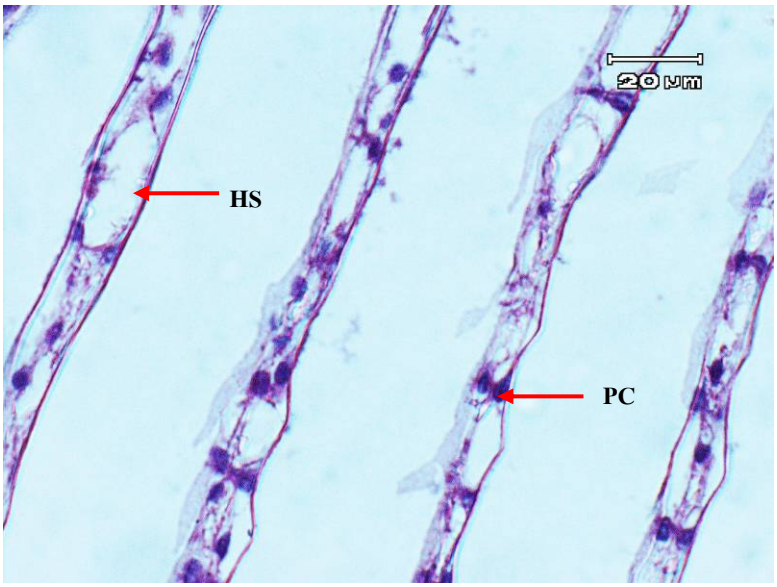
รูปที่ 107 ลักษณะของ pillar cell ที่ค้ำจุนให้ช่องเลือดของเหงือกปูแสม *N. mederi* สามารถคงสภาพอยู่ได้ (ดัดแปลงจาก Harrison and Humes, 1991)

ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของเหงือกปูแสม ในระดับความเค็มที่เหมาะสม

ที่ระดับความเค็มที่เหมาะสม พบว่าส่วนของ cuticle สมบูรณ์ไม่มีการฉีกขาด (รูปที่ 108) ในแต่ละ pillar cell ด้านบนและด้านล่างเชื่อมต่อกันพอดีซึ่งทำให้ haemocoelic space คงรูปไว้ได้ (รูปที่ 109) ซึ่งช่วยให้การไหลเวียนของเลือดมีประสิทธิภาพ ทำให้ลักษณะของแผ่นเหงือกมีขนาดเท่ากันและผิวเรียบสม่ำเสมอในแต่ละซี่ โดยปูแสมปกติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม พบลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกเป็นปกติคิดเป็นร้อยละ 75 โดยร้อยละ 25 พบว่า cuticle มีการฉีกขาดไม่เกิน 30% ของพื้นที่เหงือกทั้งหมด (รูปที่ 110) เหงือกยังคงทำงานได้ตามปกติ ซึ่งแตกต่างจากปูแสมจากบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่พบว่าลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกของปูแสมไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพ



รูปที่ 108 ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ในสภาพปกติ เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือกที่กำลังขยาย 200X (GL - gill lamella, GS - gill septum)

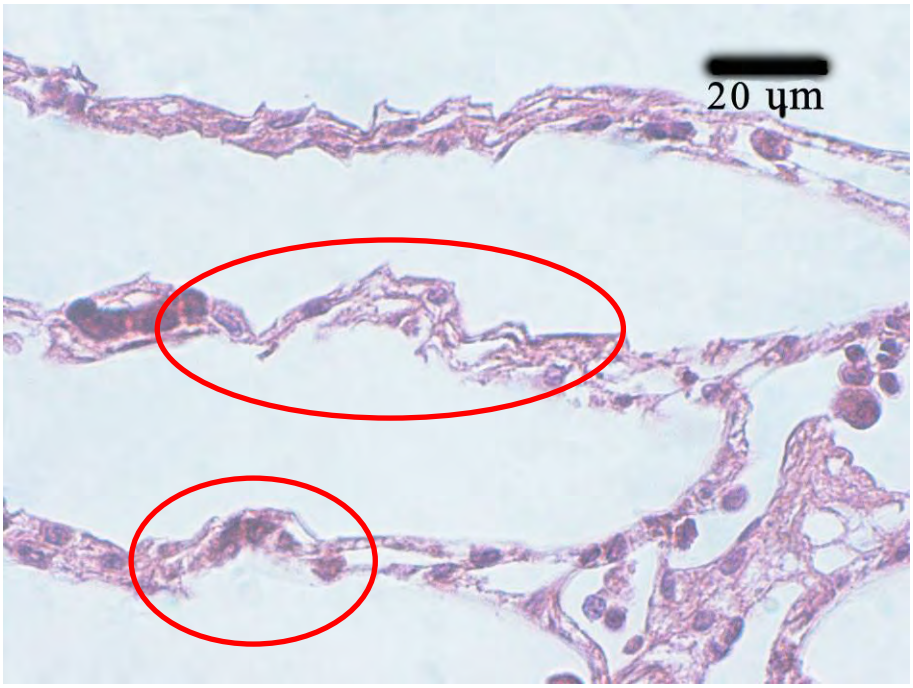


รูปที่ 109 ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ในสภาพปกติ เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือกที่กำลังขยาย 400X (PC- pillar cells, HS - haemocoelic space)

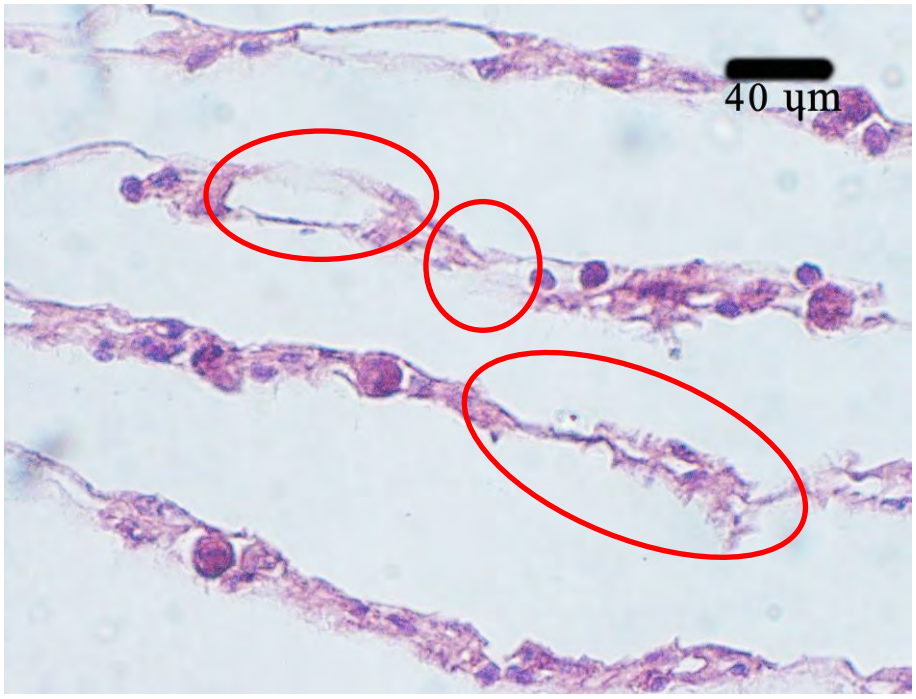
รูปที่ 110 ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือก ที่กำลังขยาย 400X แสดงการฉีกขาดของ cuticle ในวงกลมสีแดง

ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของเหงือกปูแสม ในระดับความเค็มต่ำ

gill lamella ของเหงือกปูแสมมีลักษณะไม่ต่อเนื่องเป็นแผ่นเรียบแต่มีการพับซ้อนกันผิดไปจากสภาพปกติ (lamellae distortion) ทำให้มีลักษณะไม่เรียบ (zigzag) (รูปที่ 111) ส่วนของ cuticle มีการฉีกขาดมากกว่า 80% ของพื้นที่เหงือกทั้งหมด (รูปที่ 112) ของ มีขนาดไม่สม่ำเสมอกันตลอดแนว สาเหตุของความผิดปกติของ gill lamella ที่สังเกตเห็นเนื่องจากเซลล์ที่ทำหน้าค้ำจุนโครงสร้างของ gill lamella (pillar cell) ถูกทำลาย เป็นผลให้ haemocoelic space ไม่สามารถคงรูปร่างอยู่ได้ดังเดิม ไม่ปรากฏส่วนของ gill septum ที่กั้นระหว่างช่องเลือดเข้า-ออกภายในเหงือก พบเซลล์เม็ดเลือดที่บวมกว่าสภาพปกติ เช่น hyaline cell ปกติมีขนาด 6.19-7.73 ไมครอน แต่เมื่อเซลล์เม็ดเลือดบวมพบว่ามีขนาดมากกว่า 7.93 ไมครอน (รูปที่ 113) ปูแสมจากพื้นที่ทั้ง 2 บริเวณ ได้แก่ ป่าชาย-เลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามและปูแสมจากบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชทุกตัวที่อาศัยอยู่ในระดับความเค็มต่ำ 0 psu มีลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกผิดปกติทำให้ไม่สามารถทำงานได้ เมื่อปูแสมอาศัยอยู่ที่ระดับความเค็มต่ำในระยะยาวส่งผลกระทบโดยตรงต่อเนื้อเยื่อเหงือกและตับ-ตับอ่อน เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการตายระหว่างที่ทำการทดลอง



รูปที่ 111 ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือก ที่กำลังขยาย 400X แสดงลักษณะผิดปกติของ gill lamella (lamella distortion) ในวงกลมสีแดง

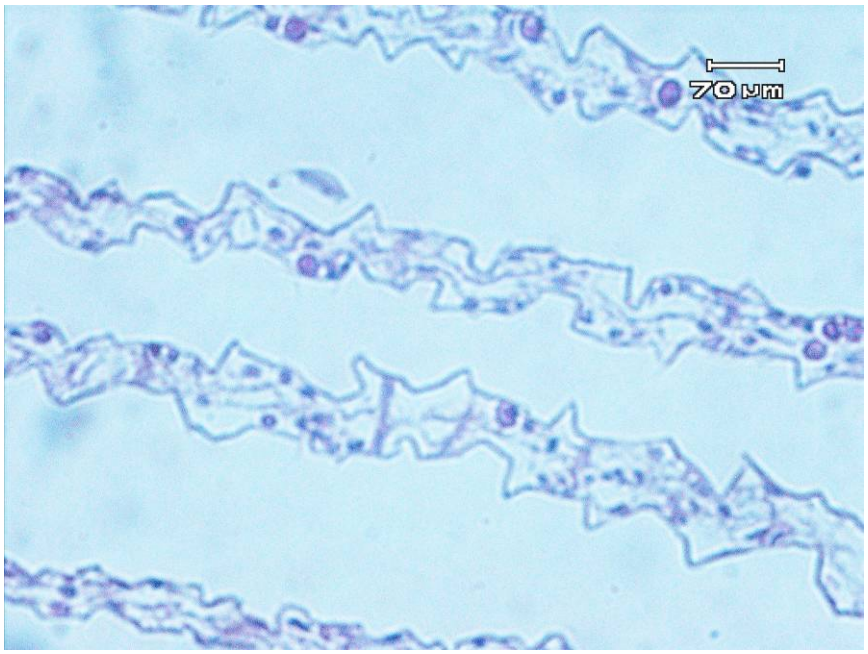


รูปที่ 112 ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือก ที่กำลังขยาย 200X แสดงการฉีกขาดของ cuticle ในวงกลมสีแดง

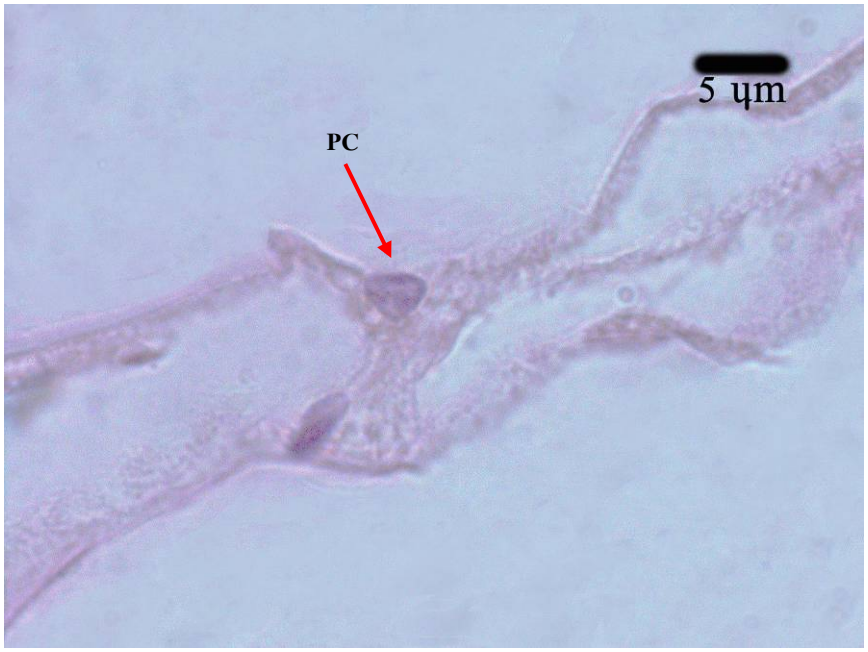
รูปที่ 113 ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือก ที่กำลังขยาย 1000X แสดงเซลล์เม็ดเลือดที่มีลักษณะบวมโตกว่าปกติ (H - hemocyte)

ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของเหงือกปูแสม ในระดับความเค็มสูง

พบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ gill lamella เกิดความผิดปกติ (lamellae distortion) ในลักษณะเช่นเดียวกับที่เกิดเมื่อเลี้ยงปูแสมที่ระดับความเค็มต่ำ ทำให้สังเกตเห็น gill lamella มีลักษณะไม่เรียบ (zigzag) พบ cuticle มีการฉีกขาดถึง 50% ของพื้นที่เหงือกทั้งหมด (รูปที่ 114) พบ pillar cell ถูกทำลายเช่นเดียวกับปูที่เลี้ยงในความเค็มต่ำ (รูปที่ 115) เป็นผลให้ haemocoelic space ไม่สามารถคงรูปร่างอยู่ได้ดังเดิม ไม่ปรากฏส่วนของ gill septum ที่กั้นระหว่างช่องเลือดเข้า-ออกภายในเหงือก ส่งผลโดยตรงต่อการหมุนเวียนของเลือดภายในร่างกายของปูแสม โดยปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามทุกตัวมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกที่ผิดสภาพไป แต่ไม่พบการบวมของเซลล์เม็ดเลือดซึ่งปูแสมบ้านคลองโคนได้รับผลกระทบต่อเนื้อเยื่อเหงือกมากกว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชได้รับผลกระทบต่อเนื้อเยื่อเหงือกมีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกที่ผิดสภาพไป คิดเป็นร้อยละ 75 ซึ่งร้อยละ 25 ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือก cuticle มีการฉีกขาดไม่เกิน 30% ของพื้นที่เหงือกทั้งหมดและไม่พบการบวมของเซลล์เม็ดเลือดเช่นเดียวกับปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสม



รูปที่ 114 ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็มสูง เมื่อตัด section ตามยาวของเหงือกที่กำลังขยาย 100X แสดงลักษณะผิดปกติของของ gill lamella ที่มีลักษณะไม่เรียบ (zigzag)



รูปที่ 115 ลักษณะทางเนื้อเยื่อของเหงือกปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็มสูงเมื่อตัด section ตามยาวของเหงือก ที่กำลังขยาย 100X แสดง pillar cell ถูกทำลายทำให้ไม่สามารถค้ำจุนโครงสร้างของ gill lamellar ได้ (PC - pillar cell)

ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาตับ-ตับอ่อนของปูแสม

ตับ-ตับอ่อนหรือ hepatopancreas ของปูแสมมีลักษณะเช่นเดียวกับในปูชนิดอื่นๆ เมื่อผ่าตัดเปิดกระดองทางด้าน dorsal ออก และหลังจากลอกเนื้อเยื่อที่ปกคลุมอวัยวะภายในออก พบตับ-ตับอ่อนอยู่ใต้อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (gonad) เมื่ออวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ไม่ว่าจะเป็นรังไข่หรืออัณฑะยังไม่เจริญจะสามารถสังเกตตับ-ตับอ่อนได้ชัดเจน โดยพบตับ-ตับอ่อนมีการจัดเรียงตัวทางด้านหน้าชิดขอบกระดองทั้งสองข้างขวาซ้ายในลักษณะใกล้เคียงกับการจัดเรียงตัวของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ตับ-ตับอ่อนทั้งด้านขวาและซ้ายจะมีท่อเปิดเข้าสู่กระเพาะและทางเดินอาหารส่วนกลาง เมื่อผ่าตัดยกตับ-ตับอ่อนออกมาพบว่ามีลักษณะเป็นถุงตัน (hepatopancreatic tubules) (รูปที่ 116) จำนวนมากที่เรียงตัวรอบช่องเปิดตรงกลาง ทำให้เห็นลักษณะของตับ-ตับอ่อนเป็นพู่รอบช่องเปิดตรงกลาง ลักษณะเนื้อเยื่อของตับ-ตับอ่อนปูแสม หากตัดตามแนวยาวของ hepatopancreatic tubules จะพบมีการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อบุผิวรูปทรงสูงเพียง1ชั้น (simple columnar epithelium) รอบๆ ท่อ (lumen) ตรงกลาง โดยมีชั้นเยื่อ basement membrane หุ้มอยู่ด้านนอกของเยื่อบุผิว และมีชั้นกล้ามเนื้อตามยาว (longitudinal muscle) และกล้ามเนื้อรอบวง(circular muscle) หุ้มโดยรอบ สามารถจัดแบ่ง hepatopancreatic tubules ออกเป็น 3 ส่วนตามระยะห่างจากท่อตรงกลางของ hepatopancreatic tubules ไปเปิดเข้า ได้แก่ ส่วนต้น (proximal region) ส่วนกลาง (mid- region) และส่วนปลาย (distal region) (รูปที่ 117)

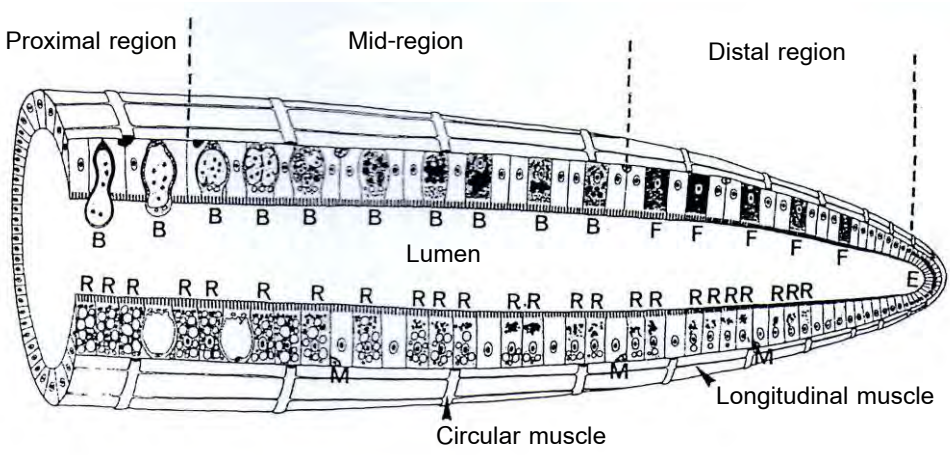
รูปที่ 116 ลักษณะของตับ-ตับอ่อนปูแสม *N. mederi* เมื่อผ่าตัดยกมาจากช่องลำตัว (HT- hepatopancreatic tubules)

ลำดับการเจริญของเซลล์ในแต่ละ hepatopancreatic tubules เกิดจากส่วนปลายที่เป็นถุงตัน เซลล์ที่พบในบริเวณนี้เป็นเซลล์เอ็มบริโอ (embryonic cell – E-cell) และเป็นเซลล์เพียงชนิดเดียวที่สามารถแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนทดแทนเซลล์อื่นๆได้ E –cell เป็นเซลล์ขนาดเล็ก มีนิวเคลียสเกือบเต็มเซลล์

Fibrillar cell (F-cell) พบในตำแหน่งที่ถัดจาก E-cell เข้ามา นิวเคลียสอยู่ชิดกับทางด้าน basement membrane เมื่อเซลล์ชนิดนี้มีอายุมากขึ้นจะพบเยื่อหุ้มนิวเคลียสมีลักษณะไม่เรียบ ลักษณะพิเศษของเซลล์ชนิดนี้เมื่อศึกษาภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องผ่าน (transmission electron microscope) จะพบ supranuclear vacuoles อยู่ใกล้นิวเคลียส supranuclear vacuoles เป็นแหล่งเก็บเอ็นไซม์ที่ใช้ย่อยอาหารและจะขยายขนาดเป็น vacuoles ขนาดใหญ่เมื่อ F-cell เปลี่ยนแปลงเป็น B -cell เยื่อหุ้มเซลล์ด้าน lumen มีลักษณะเป็น microvilli F-cell ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์และหลั่งเอนไซม์เพื่อย่อยอาหารแบบ extracellular digestion และดูดซึมสารอาหารและของเหลว

Blisterlike cell (B-cell) เป็นเซลล์ที่มีการเจริญต่อเนื่องมาจาก F-cell เป็นเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด พบบริเวณส่วนต้นไปจนถึงส่วนกลางของ hepatopancreatic tubules นิวเคลียสอยู่ชิด basement membrane พบ vacuoles จำนวนมากภายในเซลล์ ทำให้ไซโทพลาซึมเหลือเพียงส่วนน้อยถูกเบียดไปชิดด้าน basement membrane เยื่อหุ้มเซลล์ด้าน lumen พบ microvilli น้อยกว่าใน F-cell B-cell ทำหน้าที่สังเคราะห์ สะสมและหลั่งและหลั่งเอ็นไซม์ รวมทั้งดูดซึมสารอาหารและของเหลว

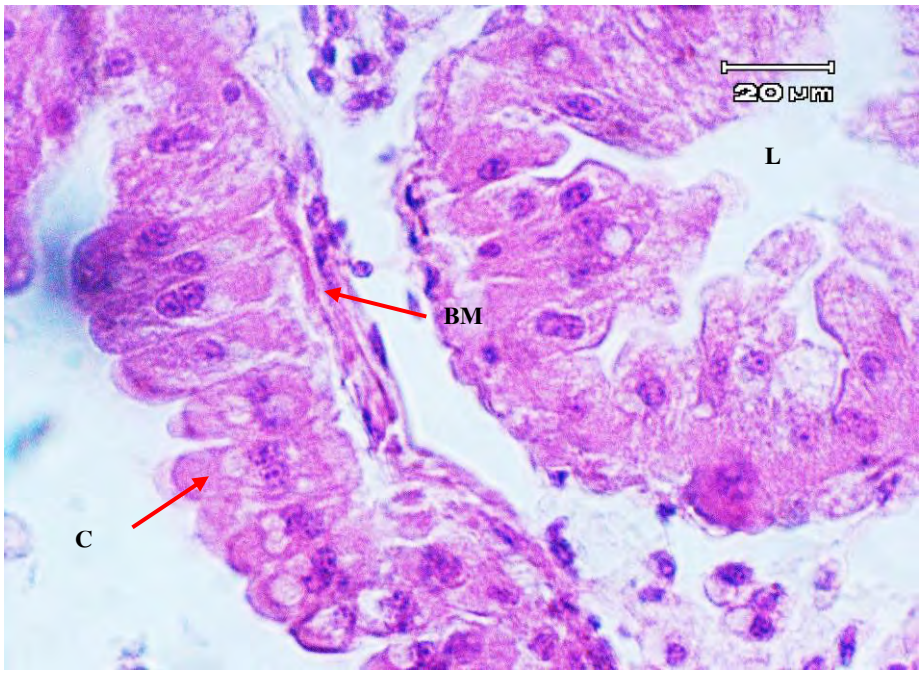
Resorptive- cell (R-cell) เป็นเซลล์ที่พบได้มากที่สุดในตับ-ตับอ่อน นิวเคลียสอยู่ชิดด้านฐาน เยื่อหุ้มเซลล์ด้านฐานมีการบุ๋มตัว (invagination) เข้ามาภายในเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ด้าน lumen มี micrivilli จำนวนมาก R-cell ทำหน้าที่สะสมไขมันและ glycogen และ intracellular digestion



รูปที่ 117 การจัดเรียงตัวของ hepatopancreatic cells ชนิดต่างๆใน hepatopancreatic tubule (ดัดแปลงจาก Harrison and Humes, 1991)

ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของตับ-ตับอ่อนปูแสม ในระดับความเค็มที่เหมาะสม

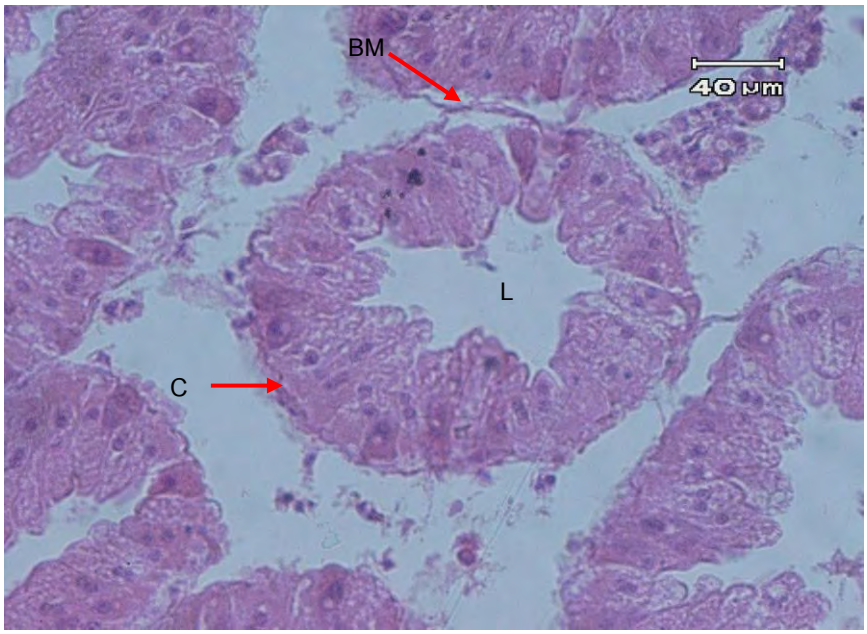
มักพบลักษณะของ hepatopancreatic tubules ที่ถูกตัดตามแนวขวางมากกว่าตามแนวยาวดังเช่นที่แสดงในรูปที่ 13 เซลล์ภายใน hepatopancreatic tubules พบเป็นเซลล์เยื่อบุผิวที่มีลักษณะเป็นแท่งสูงเรียงตัวเพียงชั้นเดียว(simple columnar epithelium) จัดเรียงตัวอยู่บน basement membrane อย่างเป็นระเบียบ ภายในเซลล์สังเกตเห็นนิวเคลียสได้อย่างชัดเจน พบแวคิวโอล (vacuole) ขนาดใหญ่ภายในเซลล์ เซลล์ที่พบส่วนใหญ่มีลักษณะของ B-cell (รูปที่ 118) บริเวณ lumen เป็นช่องว่างชัดเจน ชั้นกล้ามเนื้อภายนอกของ hepatopancreatic tubules เรียงตัวเป็นระเบียบไม่มีการฉีกขาด หรือหลุดออกจาก basement membrane ทั้งในปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม และปูแสมจากบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 118 ลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยาของตับ-ตับอ่อนปูแสม *N. mederi* ตัดตามขวางของ hepatopancreatic tubules ที่กำลังขยาย 400X (BM - basement membrane C - columnar cell L - Lumen)

ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของตับ-ตับอ่อนปูแสม ในระดับความเค็มต่ำ

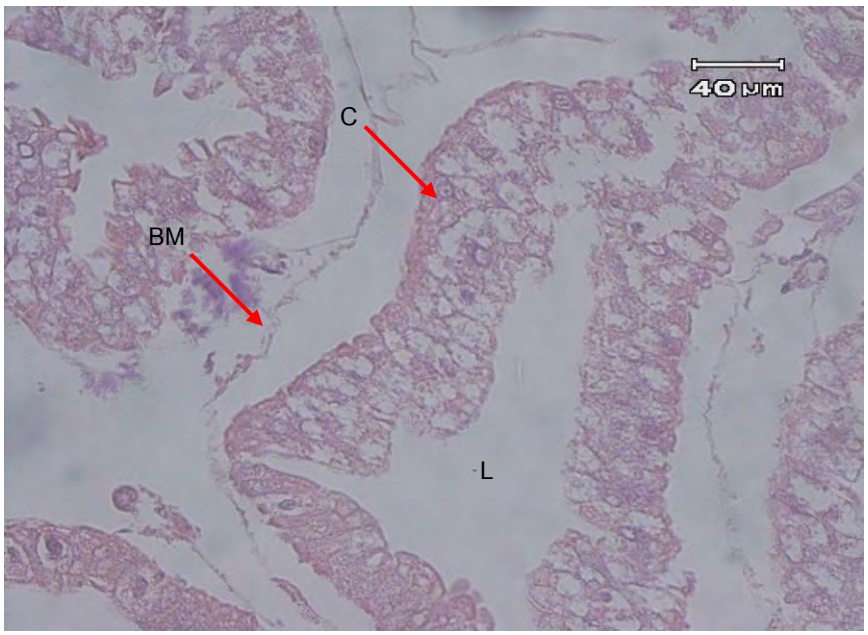
พบว่าส่วนของ basement membrane และชั้นกล้ามเนื้อมีการหลุดลอกออกไปแยกออกจากเยื่อบุผิวของ hepatopancreatic tubules อย่างไรก็ดีพบเยื่อบุผิวยังคงลักษณะของ columnar cell และยังยังคงยึดติดกับเซลล์ข้างเคียงได้ดีและเป็นระเบียบเช่นเดียวกับในตับ-ตับอ่อนสภาพปกติ แต่ในบางตำแหน่งพบว่ามีขอบเขตระหว่างเซลล์ไม่ชัดเจน เกิดลักษณะของ columnar cell รวมตัวกัน สามารถสังเกตเห็นนิวเคลียสได้อย่างชัดเจน แวคิวโอล (vacuole) มีขนาดใหญ่ภายในเซลล์ (รูปที่ 119) ลักษณะเนื้อเยื่อตับ-ตับอ่อนที่เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพปกติดังกล่าวจะพบในปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามทุกตัว และปูแสมจากบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบร้อยละ 80 ซึ่งลักษณะดังกล่าวพบว่าเกิดในปูแสมบ้านคลองโคนมากกว่าปูแสมอ่าวปากพนังการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างระดับเนื้อเยื่อภายในตับ-ตับอ่อนอาจส่งผลกระทบต่อดังนั้นส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบต่างๆของร่างกายรวมทั้ง ระบบภูมิคุ้มกันของปูแสมได้ และอาจเป็นสาเหตหนึ่งในการตายของปูแสมเมื่อทำการทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็มต่ำ



รูปที่ 119 ลักษณะเนื้อเยื่อของตับ-ตับอ่อนปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็มต่ำ ที่กำลังขยาย 200X (BM - basement membrane C - columnar cell L - Lumen)

ลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของตับ-ตับอ่อนปูแสม ในระดับความเค็มสูง

พบว่าส่วนของ basement membrane และชั้นกล้ามเนื้อมีการหลุดลอกออกไปจากแยกออกจากเยื่อบุผิวของ hepatopancreatic tubules อย่างชัดเจนพบ hepatopancreatic tubules แต่ละท่อเรียงตัวอยู่ห่างกันไม่รวมกันเป็นกลุ่มเช่นสภาพปกติ columnar cell ใน hepatopancreatic tubules เรียงตัวกันโดยมีขอบเขตไม่ชัดเจน เซลล์มีการสลายตัวในบางเซล์อาจพบ นิวเคลียสได้ พบแวคิวโอล (vacuole) ขนาดใหญ่มีการแตกออกสู่ช่อง lumen ภายในเซลล์โดยรวมพบการเสื่อมสภาพของเซลล์ของ hepatopancreatic tubules (รูปที่ 120) ตับ-ตับอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติดังกล่าวพบในปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ร้อยละ 80 และปูแสมจากบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบร้อยละ 50 พบลักษณะการเปลี่ยนแปลงในปูแสมบ้านคลองโคนรุนแรงกว่าปูแสมอ่าวปากพนัง การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของตับ-ตับอ่อนและการเสื่อมสภาพของเซลล์ใน hepatopancreatic tubules ดังที่พบเชื่อว่าจะมีผลต่อการทำงานของระบบต่างๆภายในร่างกายของปูแสมรวมทั้งระบบภูมิคุ้มกันด้วย



รูปที่ 120 ลักษณะทางเนื้อเยื่อของตับ-ตับอ่อนปูแสม *N. mederi* ที่ทำการทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็มสูง ที่กำลังขยาย 200X (BM - basement membrane C - columnar cell L- Lumen)

บทที่ 4

วิจารณ์ผลการศึกษา

การเจริญพันธุ์ในประชากรปูแสม *Neoepisesarma mederi*

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปูแสมเพศเมียที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ที่เริ่มสมบูรณ์เพศมีขนาดความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 28.27-38.51 มิลลิเมตร โดยมีความดกไข่อยู่ในช่วง 46,500-160,800 ฟอง ไข่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 224 ไมครอน ซึ่งขนาดของปูแสมเพศเมียที่เริ่มสมบูรณ์เพศมีขนาดใกล้เคียงกับการศึกษาของสุวรรณา จิตรสิงห์ (2519) บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองครุ จังหวัดสมุทรสาคร พบว่าปูแสมเพศเมียที่เริ่มสมบูรณ์เพศมีขนาดความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 26.00-39.90 มิลลิเมตร มีความดกไข่อยู่ในช่วง 10,125-81,150 ฟอง ไข่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 300-360 ไมครอน แสดงให้เห็นว่าเมื่อความดกไข่เพิ่มขึ้น การสะสมของไข่แดง (yolk) จะลดลง ไข่แดงที่สะสมอยู่จะเป็นแหล่งอาหารของเอ็มบริโอในระหว่างที่มีการพัฒนาอยู่ในไข่ ซึ่งปูแสมเพศเมียบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม มีการสะสมของไข่แดงมาก เป็นการเพิ่มโอกาสให้กับลูกปูแสม ในขณะที่ปูแสมเพศเมียที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่เริ่มสมบูรณ์เพศมีขนาดความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 24.36 -35.01 มิลลิเมตร โดยมีความดกไข่อยู่ในช่วง 82,400-194,500 ฟอง ไข่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 203 ไมครอน การศึกษาของบัญชา สบายตัว (2549) บริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าปูแสมเพศเมียที่เริ่มสมบูรณ์เพศมีขนาดความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 26.09-33.24 มิลลิเมตร มีความดกไข่อยู่ในช่วง 9,428-91,568 ฟอง ดังจะเห็นได้ว่าขนาดของไข่แดงมีความสำคัญกับประชากรปูแสม เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมปูแสมใช้พลังงานในการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป จากการศึกษาของ Pillay and Ono (1978) ทำการศึกษาความดกไข่ของปูแสม 2 ชนิด คือ *Hemigrapsus penillatus* และ *Sesarma (Parasesarma) pictum* ซึ่งมีแหล่งอาศัยอยู่บริเวณตอนบนใกล้แผ่นดินสูงจากระดับน้ำทะเล พบว่าปูมีจำนวนไข่น้อยแต่มีขนาดของไข่ใหญ่ขึ้น เมื่อฟักเป็นตัวอ่อนที่ดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอนจะใช้ระยะเวลาในการเจริญสั้นลง เป็นการเพิ่มโอกาสการอยู่รอดให้กับลูกปู ส่วนปู *H. penillatus* อาศัยอยู่บริเวณตอนล่างของเขตน้ำขึ้นน้ำลงใช้ระยะเวลาที่ตัวอ่อนดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอนนาน เนื่องจากไข่มีขนาดเล็กมีไข่แดง (yolk) น้อย ดังนั้นปูจึงจำเป็นต้องผลิตไข่เป็นจำนวนมากเพื่อเพิ่มอัตรารอดให้กับตัวอ่อน จากการศึกษาของ Newell (1976) พบว่าตัวอ่อนปูที่ได้รับอาหารจากไข่แดงจะมีช่วงเวลาในการเป็นแพลงก์ตอนสั้น การกระจายจึงถูกจำกัดแต่มีอัตรารอดของตัวอ่อนปูสูง

ปูแสมเพศผู้ทั้งสองบริเวณอยู่ในช่วงที่เจริญพันธุ์แล้วโดยอัณฑะขนาดใหญ่ มีน้ำอสุจิ (semen) ที่มีสีขาวขุ่น ท่อ vas deference มีการขดงอเป็นเกลียวแน่นมีการสะสมของสเปิร์ม (sperm) สามารถนำเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ไปเก็บไว้ในถุงเก็บสเปิร์มในเพศเมีย (spermatheca) ในช่วงที่มีการเข้าคู่ผสมพันธุ์กัน (mating) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sreenarayanan (1980); Mathad (1983); Varghese (1984); Sukumaran (1985) อ้างถึงใน Burggren and Mcmahon (1988)ในปู *Parathelphusa hydrodromus, Barytelphusa cunicularis* และ *Ocypode ceratophthalmus* พบว่าเพศผู้ที่มีความสมบูรณ์เพศมีการเก็บน้ำอสุจิไว้ในท่อ vas deference และยังพบใน ejaculation duct ซึ่งจะปล่อยให้ปูเพศเมียในช่วงที่มีการเข้าคู่ผสมพันธุ์ แสดงถึงความพร้อมของปูแสมเพศผู้ในการผสมพันธุ์กับเพศเมีย พบอัตราส่วนเพศของปูแสมที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ในฤดู

ระดับความเค็มที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสม

เนื่องจากป่าชายเลนบริเวณบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามและป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ทั้งสองบริเวณมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มในฤดูกาลที่แตกต่างกัน ป่าชายเลนบริเวณบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงแคบ ในขณะที่ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงกว้าง รูปแบบการตอบสนองต่อระดับความเค็มที่เหมาะสมไม่แตกต่างกันโดยปูแสมใช้ระยะเวลาในการแข็งตัวของเลือดใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติ แต่เซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นของทั้งสองบริเวณมีความแตกต่างกัน ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม พบเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่นในขณะที่ปูแสมอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่น เนื่องจากปูแสมเป็นพวก hyper-hypo osmoregulator เมื่ออยู่ในสภาพที่น้ำทะเลภายนอกมีความเค็มต่ำมันจะมีการปรับความเข้มข้นของเกลือแร่ภายในน้ำเลือดให้สูงกว่าความเข้มข้นของสารละลายภายนอก แต่เมื่ออยู่ในสภาพที่มีความเค็มสูง ปูจะปรับความเข้มข้นของเกลือแร่ให้ต่ำกว่าภายนอก ดังนั้นปูแสมสามารถควบคุมความเข้มข้นของเลือดให้คงที่ได้ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป (Mantel and Farmer, 1983; Jones, 1984; Greenway,1988) เมื่อปูแสมอาศัยอยู่ในช่วงที่สภาวะต่างๆ ในร่างกายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Biokinetic zone) มีการจัดสรรพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต การขับถ่ายของเสียและรวมถึงการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันภายในร่างกายปู

ปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงแคบบริเวณบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม มีระดับความเค็มที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-25 psu พบอัตราการตายของปูแสมอยู่ในช่วงร้อยละ 11-13 ปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 10.33±2.12 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.48±1.47 วินาที มีเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ hyaline cell เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 72 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด และเพศผู้พบในสัดส่วนร้อยละ 78 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด นอกจากนี้ยังพบว่าปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย 9.89 $\times 10^{5} \pm$ 4.98$\times 10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย 6.29 $\times 10^{6} \pm$ 14.21$\times 10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งไม่แตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติบริเวณป่าชายเลนบ้านคลอง-โคน ปูแสมที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เหมาะสมไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือด แสดงให้เห็นว่าปูแสมที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีความเค็มเหมาะสมสามารถปรับตัวต่อการดำรงชีวิตได้ดีระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปูแสมที่อาศัยบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าสามารถปรับตัวได้ดีและระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน ปูกลุ่มนี้มีระดับความเค็มที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25-30 psu พบอัตราการตายของปูแสมอยู่ในช่วงร้อยละ 7-8 ปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.65±1.11 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.23±1.15 วินาที สัดส่วนของเซลล์

ผลของความเค็มต่อระบบภูมิคุ้มกันและภาวะติดเชื้อในปูแสม

ในสภาพที่ระดับความเค็มไม่เหมาะสมทั้งที่ระดับความเค็มต่ำและสูงกว่าขอบเขตความทนทาน (zone of lethality) ของปูแสม การตอบสนองในระยะสั้นปูแสมสามารถหลบหลีกสภาพเหล่านี้ได้โดยการไม่สัมผัสกับน้ำโดยตรง อาศัยเพียงความชื้นให้กับเหงือกเพื่อไม่ให้เหงือกแห้งจนเสียสภาพในการทำงาน ซึ่งจากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าปูแสมสามารถอาศัยอยู่ในสภาพที่แห้งปราศจากน้ำได้เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ โดยรูปร่างของกระดองที่หนาสามารถป้องกันการแพร่ผ่านของน้ำและเกลือแร่ผ่านจากภายนอกเข้าออกจากตัวของปูแสม (Warner, 1977; Vernberg and Vernberg,1983; Burggren and Mcmahon, 1988) สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่าปูแสมมีพฤติกรรมหลีกเลี่ยงความเค็มที่ไม่เหมาะสมโดยอาศัยอยู่บริเวณเหนือน้ำ เกาะบนกล่องโฟม เช่นเดียวกับการศึกษาของบัญชา สบายตัว (2549) ปูแสมเกือบทุกตัวขุดรูอยู่ตอนบนของอ่างทดลอง หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับน้ำ สอดคล้องในครั้งนี้ที่พบว่าปูแสมมีการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในการตอบสนองต่อระดับความเค็มต่ำในระยะสั้นได้ดี ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกว่าที่พบในธรรมชาติ ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.94±1.88 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.95±2.77 วินาที การที่มีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวอย่างรวดเร็วเป็นการป้องกันไม่ให้เชื้อแบคทีเรียจากภายนอกเข้าสู่ร่างกาย และยังช่วยไม่ให้เกิดการสูญเสียเลือดออกจากตัวปู โดยเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น สัดส่วนที่พบในเพศเมียคือ ร้อยละ 77 น้อยกว่าในเพศผู้ที่พบในสัดส่วนร้อยละ 94 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ซึ่ง hyaline cell ทำหน้าที่สำคัญในการช่วยให้เกิดการแข็งตัวของเลือดปูแสม และยังมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนเซลล์เม็ดเลือดรวมมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $1.44 \times 10^{6} \pm 7.44 \times 10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $1.99 \times 10^{6} \pm 1.06 \times 10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เพื่อกำจัดแบคทีเรียในร่างกาย

ส่วนปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง มีการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในการตอบสนองต่อระดับความเค็มต่ำในระยะสั้นได้ดีเช่นกันทั้งปูแสมเพศเมียและเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกว่าปูแสมในธรรมชาติ ปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.42 ± 0.80 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.00±2.12 วินาที เซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ hyaline cell เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 63 ใกล้เคียงกับเพศผู้ที่พบใน

การตอบสนองของปูแสมที่ระดับความเค็มสูง 30-40 psu ในระยะสั้นของปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน พบว่าปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.70±2.30 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.70±1.51 วินาที โดยพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่นเช่นเดียวกับการตอบสนองของปูแสมในระดับความเค็มต่ำ ซึ่งสัดส่วนของ hyaline cell ลดลงในเพศเมียจากร้อยละ 75 เหลือเพียงร้อยละ 48 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดเมื่อเทียบกับปูแสมในธรรมชาติ และในเพศผู้ก็เช่นเดียวกันลดลงจากร้อยละ 84 เหลือเพียงร้อยละ 50 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เซลล์เม็ดเลือดที่เข้ามามีบทบาทเพิ่มขึ้นคือ small granular cell ที่ในปูแสมเพศเมียเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 24 เป็นร้อยละ 51 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดเมื่อเทียบกับปูแสมในธรรมชาติ และในเพศผู้ก็เช่นเดียวกันเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 15 เป็นร้อยละ 49 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมพบเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติโดยเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $8.11\times10^{5}\pm 6.31\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $1.61\times10^{6}\pm 1.34\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยเฉพาะเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมสูงขึ้นมาก เมื่อพิจารณาภาวะการติดเชื้อในร่างกาย พบว่ามีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดสูงถึงร้อยละ73 แสดงถึงการทำงานเพื่อกำจัดแบคทีเรียของเซลล์เม็ดเลือด ซึ่งปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบไม่ก่อให้เกิดโรคในปูแสม ส่วนปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังที่ระดับความเค็มสูง 40 psu ใช้ระยะเวลาในการแข็งตัวของเลือดเร็วกว่าปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 6.90±1.19 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.25±1.66 วินาที พบเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นที่เข้ามามีบทบาทคือ small granular cell ทั้งในเพศเมียและเพศผู้ซึ่งมีสัดส่วนสูงขึ้นเมื่อเทียบกับปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 36 เป็นร้อยละ 58 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด และเพศผู้มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 58 เป็นร้อยละ 64 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมที่เพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $9.16\times10^{6}\pm 5.19\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $7.59\times10^{6}\pm 2.14\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งตับ-ตับอ่อนสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอได้หมด ไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียในเลือด แสดงให้เห็นว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังสามารถอาศัยที่ระดับความเค็มสูงได้ดีกว่าปูแสมบริเวณบ้านคลอง-โคน

ในการทดลองระยะยาวในสภาพที่ความเค็มของน้ำไม่เหมาะสม ปูแสมต้องใช้พลังงานในการปรับตัวต่อสภาพความเค็มที่ไม่เหมาะสมในการควบคุมปริมาณน้ำและเกลือแร่ สอดคล้องกับการศึกษาของ Guerin and Stickle (1977) พบว่าปู *Callinectes sapidus* ที่ระดับความเค็มต่ำปูมีอัตราการหายใจและอัตราการขับแอมโมเนียมออกจากร่างกายเพิ่มสูงขึ้น เมื่อผ่านไปเป็นระยะเวลา 7 วันอัตราการตายเพิ่มสูงขึ้น ปูเกิดภาวะเครียดไม่มีการกินอาหาร อัตราการเจริญเติบโตลดต่ำลงมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งแสดงว่าปูเกิดภาวะเครียดเมื่ออาศัยอยู่ในระดับความเค็มต่ำเป็นระยะเวลานาน จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปูแสมเพศผู้บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ในระดับความเค็มต่ำ 0 psu โดยปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวนานถึง 11.70±3.21 วินาที ซึ่งนานกว่าปูแสมเพศเมียในธรรมชาติ เซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นยังคงเป็น hyaline cell เช่นเดียวกับปูแสมในธรรมชาติ พบในสัดส่วนใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติคือ ร้อยละ 78 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด แต่ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงเท่ากับ 3.65 $\times 10^5 \pm$ 2.42×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งไม่พบแบคทีเรียวิบริโอในเลือด แสดงให้เห็นว่าเซลล์เม็ดเลือดมีสามารถในการกำจัดแบคทีเรียได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Martin *et al.*(1998) แสดงให้เห็นถึงภูมิคุ้มกันของกั้ง *Homarus americanus* เมื่อมีแบคทีเรียในระบบเลือด เซลล์เม็ดเลือดจะรวมกลุ่มล้อมรอบตัวเชื้อโรคในลักษณะเป็นปม (nodule) ในขณะที่ปมใหญ่ขึ้นปริมาณแบคทีเรียและจำนวนเซลล์เม็ดเลือดลดลงตามไปด้วย อย่างไรก็ตามระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวนานกว่าปกติ แสดงให้เห็นถึงภาวะเครียดของปูแสม เช่นเดียวกับการศึกษาของ Jussila *et al. (*2001) ใน Lobster (*Panulirus cygnus)* ที่พบว่าเมื่อเกิดภาวะเครียดกุ้งปริมาณเซลล์เม็ดเลือดลดลง ปกติมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดเท่ากับ $4.42 \pm 0.38 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เมื่อเกิดภาวะเครียดกุ้งปริมาณเซลล์เม็ดเลือดลดลงเท่ากับ $4.41 \pm 0.38 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ในการตอบสนองต่อระดับความเค็มต่ำ 0 psu ในระยะยาวในปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง พบว่าปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.00±1.25 วินาที เพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.38±2.41 วินาที ซึ่งใช้ระยะเวลาในการแข็งตัวเร็วกว่าปูแสมในธรรมชาติและปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน โดยเซลล์เม็ดเลือดที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในปูแสมเพศเมียคือ small granular cell เมื่อเทียบกับการตอบสนองของปูแสมในระยะสั้นที่พบว่าเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ hyaline cell โดยสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell ที่พบเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมเพศเมียในธรรมชาติ พบในสัดส่วนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 36 เป็นร้อยละ 62 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ส่วนปูแสมเพศผู้มีสัดส่วนลดลงจากร้อยละ 58 เหลือร้อยละ 47 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ในสัดส่วนร้อยละ 50 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $4.75 \times 10^6 \pm 2.90 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $4.41 \times 10^6 \pm 34.20 \times 10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกับการตอบสนองในระยะสั้น ซึ่งเซลล์เม็ดเลือดที่เพิ่มสูงขึ้นยังคงทำหน้าที่ในการกำจัดแบคทีเรียวิบริโอในเลือดที่พบในปริมาณ 1.90×10^3 cfu/ml เช่นเดียวกับที่ระดับความเค็มสูง 30-40 psu ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวนานขึ้นเมื่อเทียบกับปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.43±1.43 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.63±2.06 วินาที เซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นยังคงเป็น hyaline cell เหมือนกับปูแสมในธรรมชาติ สัดส่วนที่พบในเพศเมียคือ ร้อยละ 67 น้อยกว่าในปูแสมเพศผู้ที่พบในร้อยละ 73 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมในเพศเมียมีค่าสูงขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $1.18 \times 10^6 \pm 5.28 \times 10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $6.94 \times 10^5 \pm 6.03 \times 10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติ ในขณะที่พบว่าปูแสมมีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดเพียง

ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสม

ในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (hypoxia) 2-4 มิลลิกรัมต่อลิตรและสภาพที่ไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (anoxia) 0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสภาพที่พบได้บริเวณชายฝั่งเนื่องจากการเพิ่มปริมาณอินทรีย์-สารเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ ในบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังมีการสะสมของน้ำเสียในบริเวณนี้ มีการเน่าเสียของดิน ตะกอนพื้นท้องน้ำ ดินมีสีดำและมีกลิ่นเหม็น บริเวณนี้ปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ยเพียง 0.62 ถึง 1.88 มก./ล. เท่านั้น ในการศึกษาครั้งนี้ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสม (normoxia) อยู่ในช่วง 4-6 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเท่ากับ 4.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน มีการตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาในระยะสั้นโดยมีระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวนานกว่าปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 11.00±1.50 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 10.60±3.40 วินาที เซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ hyaline cell เช่นเดียวกับปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $9.84\times10^{5}\pm 8.27\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $2.08\times10^{6}\pm 8.05\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมที่เพิ่มขึ้น สามารถกำจัดแบคทีเรียวิบริโอได้ดี ไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดปูแสม ส่วนการตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาในระยะยาว ปูแสมสามารถปรับตัวได้ดีดังจะเห็นได้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวของปูแสมเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับการตอบสนองระยะสั้น เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.00±1.40 วินาที เพศผู้ที่

ปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังมีการตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาในระยะสั้นเมื่ออยู่ในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสม พบว่าปูแสมใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกว่าปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.10±0.89 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.88±1.55 วินาที เซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ small granular cell ปูแสมมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้น ปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม $4.52\times10^{6}\pm 1.87\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ปูแสมเพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $5.24\times10^{5}\pm 2.99\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดที่มากขึ้นสอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบในเลือดของปูแสมเท่ากับ 7.00×10^{2} cfu/ml. ในการตอบสนองระยะยาวไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอ ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของเลือดไม่แตกต่างจากการตอบสนองในระยะสั้น เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.88±1.55 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.20±1.20 วินาที ปูแสมเพศเมียพบว่าเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ small granular cell มีสัดส่วนที่สูงขึ้นร้อยละ 75 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด แตกต่างจากปูแสมเพศผู้ที่มีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell ลดลงทำให้เซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เข้ามามีบทบาทแทน โดบพบในสัดส่วนร้อยละ 58 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด เช่นเดียวกับการศึกษาของ Martin *et. al*. (2009) ในกุ้ง *Sicyonia ingentis* ที่ได้รับเชื้อแบคทีเรีย ในการตอบสนองระยะยาว 60 วัน พบว่าสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell ลดลงจากร้อยละ 42 เหลือเพียงร้อยละ 2 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ในการศึกษาครั้งนี้ปูแสมมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดลดลงใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม $8.77\times10^{5}\pm 4.99\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $5.53\times10^{5}\pm 6.19\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมปูแสมสามารถอาศัยอยู่ได้เป็นอย่างดี สุขภาพดีไม่มีการตายเนื่องจากภาวะติดเชื้อ ที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมส่งผลต่อพัฒนาการของลูกปูแสมในการทดแทนประชากรด้วย จากการศึกษาของณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์และคณะ (2552) พบว่าลูกปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำปกติ ลูกปูมีอัตรารอดสูงสุดในทุกระยะ สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างพัฒนาเข้าสู่ระยะถัดไปได้

ผลของระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่อระบบภูมิคุ้มกันและภาวะติดเชื้อในปูแสม

ปูแสมมีการปรับตัวด้านการหายใจให้สามารถอยู่ได้ในระดับที่ไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำได้ โดยเหงือกของปูแสมมีการลดขนาดและพัฒนาให้ทำหน้าที่คล้ายกับในปอดเหมือนในสัตว์บก ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าปูแสมที่อาศัยอยู่ในระดับที่ไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ จะไม่สัมผัสกับน้ำโดยตรงแต่จะปีนป่ายอยู่บริเวณตอนบนของกล่องโฟมโดยหายใจในอากาศเป็น aerial respiration โดยในสภาพที่ไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำปูแสมสามารถอาศัยอยู่ได้เนื่องจาก ปูแสมสามารถดึงออกซิเจนจากตัวกลางที่เป็นน้ำและอากาศ โดยการดึงออกซิเจนจากอากาศโดยตรงเป็น aerial respiration (Jones,1984) เมื่อน้ำขึ้นปูก็จะปรับการหายใจมาใช้เหงือกในการดึงออกซิเจนจากน้ำแทนอากาศ เป็นการปรับกระบวนการแลกเปลี่ยนออกซิเจนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ปูแสมสกุล *Sesarma* มีการปรับตัวต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ไม่เหมาะสม โดยเมื่อสัมผัสกับอากาศจะทำให้เกิดกระแสน้ำ

ส่วนในปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังมีการตายเกิดขึ้นในระหว่างการทดลองเนื่องจากมีการลอกคราบเพื่อเจริญเติบโต ซึ่งในช่วงดังกล่าวปูแสมเสี่ยงต่อการถูกปูตัวอื่นกินได้ง่าย จากการศึกษาของ Ravindranath (1980); Durliat (1985); Soderhall *et al.* (1988) อ้างถึงใน Hose *et al.* (1992) ในช่วงที่ปูลอกคราบเป็นช่วงที่อันตรายที่สุดในชีวิตจึงทำให้มีสัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดที่มีแกรนูลสูงขึ้นมากกว่าเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เพื่อป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรียระหว่างช่วงที่มีการลอกคราบ สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าปูแสมส่วนใหญ่มีการลอกคราบเพื่อเจริญเติบโตจึงมีสัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ต่ำ และใช้ระยะเวลาในการแข็งตัวของเลือดช้าลง จากการศึกษาของ Macey *et al.* (2008) ในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ ปู *C. sapidus* มีความสามารถในการกำจัดแบคทีเรียออกจากร่างกายได้น้อยลง จากการศึกษาการตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาในระยะสั้นในปูแสมจากบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนังที่เลี้ยงในระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ พบปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.00 วินาที เพศผู้ที่ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.60±1.50 วินาที ซึ่งเร็วกว่าปูแสมในธรรมชาติ เซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ small granular cell ทั้งในปูแสมเพศเมียและเพศผู้ ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้น เพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย 4.71×10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร เพศผู้ที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $5.30\times10^{6}\pm 1.99\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบปูแสมมีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดถึง

การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในปูแสม

ระบบภูมิคุ้มกันของปูแสมมีกลไกการตอบสนองและป้องกันตัวเองอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากซึ่งระบบภูมิคุ้มกันที่มีติดตัวมาแต่กำเนิด (Innate immunity) เป็นระบบที่พร้อมทำงานได้ทันที เมื่อมีการบุกรุกของเชื้อโรค แบคทีเรียหรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ เข้าสู่ร่างกาย การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายปูแสมอาศัยเซลล์เม็ดเลือด 3 ชนิด คือ เซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ซึ่งเป็นเซลล์เม็ดเลือดที่ไม่มีแกรนูลอยู่ภายในไซโทพลาสซึม small granular cell เป็นเซลล์เม็ดเลือดที่มีแกรนูลขนาดเล็กกระจายอยู่ภายในไซโทพลาสซึม large granular cell เป็นเซลล์เม็ดเลือดที่มีแกรนูลขนาดใหญ่อัดแน่นภายในไซโทพลาสซึม ในการประเมินการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในปูแสม (Immune system measurable) การทำงานของเซลล์เม็ดเลือดในภาวะที่มีระดับความเค็มและปริมาณ

ประสิทธิภาพของเลือดต่อการทำงานในระบบภูมิคุ้มกันของปูแสม

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเลือด (hemolymph) ของปูแสมสามารถไหลเวียนได้ทุกส่วนของร่างกายตั้งแต่ด่านแรกคือเหงือก ตับ-ตับอ่อน โดยในเลือดของปูแสมไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้ปูแสมเกิดโรคหรือตายได้ จากการศึกษาครั้งนี้ในปูแสมที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม พบแบคทีเรียวิบริโอในเลือดเพียงร้อยละ 3 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอเท่ากับ 8.34×10^{3} cfu/ml เช่นเดียวกับปูแสมบริเวณอ่าวปากพนังที่พบแบคทีเรียวิบริโอในเลือดเพียงร้อยละ 1 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอเท่ากับ 2.69×10^{3} cfu/ml ซึ่งปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบไม่ทำให้ปูแสมเกิดโรคแต่อย่างใด สอดคล้องกับการศึกษาของ Davis and Sizemore (1982) ในปู *C. sapidus* พบว่าปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในเลือดมากกว่า 10^{5} bacteria/g ก่อให้เกิดโรคในปู โดยแบคทีเรียประจำถิ่น (hemolymph's bacterial flora)ที่พบในเลือดปูคือ *V. cholerae*, *V. vulnificus* และ *V. parahaemolyticus* พบในสัดส่วนร้อยละ 11, 7 และ 7 เช่นเดียวกับการศึกษาของ Tubiash *et al.* (1975) ที่ทำการศึกษาปริมาณแบคทีเรียประจำถิ่นในเลือดของปู *C. sapidus* อยู่ในช่วง 1,300-6,600 MPN ต่อเลือด 1 มิลลิลิตร แต่มีปริมาณสูงกว่านี้อาจก่อให้เกิดโรคในปูได้สอดคล้องกับการศึกษาของพิกุล จิรวาณิชไพศาล (2543) ได้สรุปว่าแบคทีเรียที่พบได้ตามธรรมชาติภายในลำไส้กุ้ง มีบทบาทในการยับยั้งเชื้อโรคที่มาเกาะยึดผนังลำไส้และมีการแข่งขันในการแย่งใช้สารอาหารทำให้เชื้อโรคที่ก่อตัวไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้หรือสร้างสารมายับยั้ง ฆ่าแบคทีเรียสิ่งแปลกปลอมได้ ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่พบปกติในลำไส้กุ้งพบได้ปริมาณ 105-107 cfu ต่อลำไส้ 1 กรัม ในช่วงที่กุ้งมีสุขภาพที่แข็งแรงดีแบคทีเรียจะทำหน้าที่เป็นแบคทีเรียประจำถิ่น แต่ถ้ากุ้งมีความเครียดหรืออ่อนแอ แบคทีเรียจะเพิ่มจำนวนและความรุนแรงก่อให้เกิดโรคได้ จากการศึกษาของ Macey *et al.* (2008) ได้กล่าวถึงประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกันโรคในปู *C. sapidus* ที่สามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรีย *V. campbellii* ที่ฉีดเข้าสู่ร่างกายในปริมาณ 1×10^{5} ต่อ

ประสิทธิภาพของเหงือกต่อการทำงานในระบบภูมิคุ้มกันของปูแสม

เหงือกของปูแสมเป็นอวัยวะที่สำคัญ นอกจากทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซและใช้ในการหายใจ (Aerial respiration) เท่านั้น แต่ใช้ในการควบคุมเกลือแร่และน้ำในตัวของปูแสมอีกด้วย ตลอดจนควบคุมความเป็นกรด-เบส และขับถ่ายของเสียจำพวกสารประกอบไนโตรเจนด้วย (Warner, 1977; Wolcott, 1988; Burggren and Mcmahon, 1988) น้ำจากภายนอกเข้าสู่ร่างกายของปูแสมทางช่องเหงือก (branchial chamber) นั่นหมายความว่าเหงือกเป็นด่านแรกที่สัมผัสกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเหงือกจึงต้องทำหน้าที่กำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายของปูแสม ไม่ให้อวัยวะภายในร่างกายเกิดการติดเชื้อ จากการศึกษาครั้งนี้เหงือกเป็นอวัยวะที่พบปริมาณแบคทีเรียสูงที่สุด รองลงมาคือตับ-ตับอ่อน โดยในปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม พบปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในเหงือกสูงถึง 2.17×10^{5} cfu/ml. คิดเป็นร้อยละ 86 ส่วนในตับ-ตับอ่อนพบในร้อยละ 10 แสดงให้เห็นว่าเหงือกมีความสามารถในการกำจัดแบคทีเรียวิบริโอ เนื่องจากปริมาณแบคทีเรียที่ลดลง เช่นเดียวกับปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในเหงือกสูงถึง 1.80×10^{5} cfu/ml คิดเป็นร้อยละ 86 ส่วนในตับ-ตับอ่อนพบในร้อยละ 12 เช่นเดียวกับการศึกษาของภาณุพันธ์ มั่งมี (2551) พบว่าปูแสมก้ามแดง (*Perisesarma eumolpe*) ที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนบ้านขุนสมุทรจีน จังหวัดสมุทรปราการ มีอัตราการติดเชื้อแบคทีเรียในเหงือกคิดเป็นร้อยละ 65.60 ซึ่งสูงกว่าในระบบทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อ แสดงให้เห็นว่าเหงือกของปูมีความสามารถในการกำจัดแบคทีเรียออกจากร่างกายของปูได้เป็นอย่างดี โดยปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio parahaemolyticus* ที่พบในเหงือกปูอยู่ในช่วง 2.5×10^{5} - 3.0×10^{5} cfu/g ไม่ก่อให้เกิดโรคในปูแต่อย่างใด ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Alapide-Tendencia and Dureza (1997) ทำการศึกษาปริมาณแบคทีเรียวิบริโอ แกรมบวกที่ก่อให้เกิดโรค Red disease syndrome ในกุ้ง *Penaeus monodon* มีปริมาณ 10^{5} cfu ทำให้กุ้งตายภายใน 5-7 วัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Shockey *et al.* (2009) ในกุ้ง *Litopenaeus vannamei* โดยกุ้งได้รับเชื้อแบคทีเรียวิบริโอ *V. penaeicida* ปริมาณ 1.1×10^{5} cfu ต่อ 20 ไมโครลิตร เป็นสาเหตุทำให้กุ้งตายได้ จากการศึกษาของเพ็ญศรี บุญตามช่วยและโสภณ อ่อนคง (2547) พบว่าปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ในแหล่งน้ำที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอตั้งแต่ 10^{3} cfu/ml. ขึ้นไปเป็นสาเหตุให้กุ้งเกิดโรคได้ โดยการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันเกิดจากการทำงานร่วมกันของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด จากการศึกษาของ Burnett *et al.* (2006); Macey *et al.* (2008) ในปู *C. sapidus* ที่มีการติดเชื้อแบคทีเรีย *V. campbellii* ในปริมาณ 2.5×10^{4} cfu/น้ำหนักปู (กรัม) พบว่ามีการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในการแข็งตัวของเลือดเพื่อไม่ให้เชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายและไม่ให้สูญเสียเลือด และมีการรวมตัวกันของเซลล์เม็ดเลือดรอบๆ ตัวเชื้อแบคทีเรียในกระบวนการจับกินสิ่งแปลกปลอมทำได้โดยการยื่นไซโตพลาส-ซึ่มล้อมเซลล์แบคทีเรียภายในระยะเวลา 10 นาทีปริมาณแบคทีเรียลดลงเหลือ 1 ใน 3 ส่วนของปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและมีการเกิดลักษณะเป็นก้อน ในกระบวนการรวมตัวเป็นปมที่มีขนาดใหญ่รอบเชื้อแบคทีเรีย ภายใน 2

ประสิทธิภาพของตับ-ตับอ่อนต่อการทำงานในระบบภูมิคุ้มกันของปูแสม

ปูแสมได้รับสิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อแบคทีเรียจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ตับ-ตับอ่อนได้จากการกินอาหารเป็นหลัก โดยตับ-ตับอ่อนของปูแสมมีหน้าที่สำคัญในการสะสมพลังงานให้กับร่างกาย (Sang and Fotedar, 2004) เพื่อนำไปใช้ในการปรับตัวให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม การเติบโตของร่างกายรวมไปถึงกระบวนการสืบพันธุ์ทั้งในเพศเมียและเพศผู้ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าตับ-ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่มีปริมาณแบคทีเรียรองจากเหงือกของปูแสม จากการศึกษาครั้งนี้ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม พบปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในตับ-ตับอ่อน 2.60×10^4 cfu/ml คิดเป็นร้อยละ 10 ซึ่งพบปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในเลือดลดลงเหลือเพียงร้อยละ 3 แสดงให้เห็นว่าตับ-ตับอ่อนมีความสามารถในการกำจัดแบคทีเรียวิบริโอ เนื่องจากปริมาณแบคทีเรียที่ลดลง เช่นเดียวกับปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในตับ-ตับอ่อน 2.59×10^4 cfu/ml คิดเป็นร้อยละ 12 ส่วนในเลือดพบเพียงร้อยละ 1 ตับ-ตับอ่อนจึงเป็นอวัยวะหนึ่งที่มีความสามารถกำจัดแบคทีเรียไม่ให้เข้าสู่เลือดได้จากการศึกษาของภาณุพันธ์ มั่งมี (2551) พบว่าปูแสมก้ามแดง (*P. eumolpe*) ที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนบ้านขุนสมุทรจีน จังหวัดสมุทรปราการ มีอัตราการติดเชื้อแบคทีเรียในตับ-ตับอ่อนคิดเป็นร้อยละ 29.40 ซึ่งน้อยกว่าในเหงือกของปูแสมโดยปริมาณแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* ที่พบในตับ-ตับอ่อนปูอยู่ในช่วง 2.0×10^5 cfu/g เนื่องจากตับ-ตับอ่อนของปูแสมไม่มีการสัมผัสกับเชื้อโดยตรง ต้องผ่านระบบเลือดหรือเหงือกก่อน จากการศึกษาของ Bohm and Gersch (1983); Fischer-Piette (1931) อ้างถึงใน Martin and Hose (1992) ในกั้งและ lobster พบว่าบริเวณตับ-ตับอ่อนซึ่งมีเนื้อเยื่อเป็นแผ่น ซึ่งเป็นอวัยวะในการสร้างเซลล์เม็ดเลือดในบริเวณนี้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lin *et al.* (2008) ในกั้ง *Pacifastacus leniusculus* พบอวัยวะในการสร้างเซลล์เม็ดเลือดทอดตัวอยู่บริเวณส่วนหลังของตับ-ตับอ่อน จากการศึกษาของ Zhang *et al.* (2006) ในกุ้ง *Fenneropenaeus chinensis* ซึ่งพบอวัยวะในการสร้างเซลล์เม็ดเลือดตั้งอยู่บริเวณส่วนหลังของตับ-ตับอ่อนโดยทอดตัวไปยังส่วนของหัวใจอีกด้วย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Supamattaya *et al.* (2000) ที่ทำการศึกษาเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดสิ่งแปลกปลอมภายในร่างกายของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) พบว่าตับ-ตับอ่อนซึ่งมีอวัยวะในการสร้างเซลล์เม็ดเลือดสามารถกำจัดสิ่งแปลกปลอมได้ดี เช่นเดียวกับการศึกษาของ Holman *et al.* (2004) ในปู *C.sapidus* พบว่าในตับ-ตับอ่อนของปูที่ได้รับเชื้อแบคทีเรียวิบริโอมีการทำหน้าที่ดักจับเชื้อแบคทีเรียวิบริโอและมีการรวมตัวเป็นปมขนาดใหญ่ (nodules) เพื่อทำลายเชื้อแบคทีเรียวิบริโอและกำจัดออกนอกร่างกาย สอดคล้องกับการศึกษาของ Li *et al.* (2008) ใน *Panulirus argus* (Caribbean spiny lobster) เมื่อได้รับเชื้อไวรัส PaV1 เกิดกระบวนการจับกินสิ่งแปลกปลอม ในบริเวณตับ-ตับอ่อนด้วย แสดงให้เห็นได้ว่าตับ-ตับอ่อนของปูแสมสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียออกจากร่างกายได้เช่นกัน

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การเจริญพันธุ์ในประชากรปูแสม *Neoepisesarma mederi*

ปูแสมเพศเมียที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนบ้านคลองโคนที่เริ่มสมบูรณ์เพศมีขนาดความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 28.27-38.51 มิลลิเมตร โดยมีความดกไข่อยู่ในช่วง 46,500-160,800 ฟอง ไข่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 224 ไมครอน ซึ่งมีความดกไข่น้อยกว่าปูแสมเพศเมียที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนอ่าวปากพนังที่เริ่มสมบูรณ์เพศมีขนาดความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 24.36-35.01 มิลลิเมตร โดยมีความดกไข่อยู่ในช่วง 82,400-194,500 ฟอง ไข่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 203 ไมครอน โดยไข่มีขนาดเล็กกว่าปูแสมบ้านคลองโคน เช่นเดียวกับปูแสมเพศผู้ทั้งสองบริเวณที่อยู่ในช่วงที่เจริญพันธุ์แล้วโดยอัณฑะขนาดใหญ่ ท่อ vas deference มีการขดงอเป็นเกลียวแน่นมีการสะสมของสเปิร์ม (sperm) อัตราส่วนเพศของปูแสมที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม มีค่าเท่ากับ 1:0.86 ส่วนปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีอัตราส่วนเพศ 1:1.02 โดยพบเพศผู้และเพศเมียไม่แตกต่างไปจากอัตราส่วน 1:1 ทำให้ปูแสมทั้งสองบริเวณมีโอกาสในการประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์

ระดับความเค็มที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนมีความสามารถทนทานต่อระดับความเค็มสูงได้น้อยกว่าปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง โดยระดับความเค็มที่เหมาะสมของปูแสมบ้านคลองโคนอยู่ในช่วง 20-25 psu จากการศึกษาการตอบสนองของค่าทางโลหิตวิทยาในระยะสั้นปูแสมบ้านคลองโคนใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวช้ากว่าปูแสมในธรรมชาติ ปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.75±1.62 วินาที เพศผู้ใช้เวลาเฉลี่ย 8.15±1.29 วินาที การตอบสนองของปูแสมเพศเมียแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติคือเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นที่พบเป็น small granular cell ในขณะที่ปูแสมเพศผู้พบเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นเหมือนกับปูแสมในธรรมชาติคือเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell นอกจากนี้ปูแสมทั้งเพศเมียและเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมมากขึ้นอีกด้วย ในระยะยาวปูแสมสามารถปรับตัวให้เหมือนกับปูแสมในธรรมชาติได้เป็นอย่างดี พบว่าเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นทั้งในเพศเมียและเพศผู้คือ hyaline cell มีสัดส่วนที่พบมีค่าใกล้เคียงกัน เพศเมียพบในสัดส่วนร้อยละ 72 ส่วนเพศผู้พบในสัดส่วน 78 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ปูแสมใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวนานกว่าปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 10.33±2.12 วินาที เพศผู้ใช้เวลาเฉลี่ย 9.48±1.47 วินาที ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมในระยะยาวใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม $9.89\times10^{5}\pm 4.98\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ส่วนเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวม $6.29\times10^{5}\pm 4.21\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ทำการศึกษาการตอบสนองระยะยาวไม่พบว่าปูแสมมีการตายเนื่องจากภาวะการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดแสดงถึงระบบภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพของปูแสม

ระดับความเค็มที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสมบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ระดับความเค็มที่เหมาะสมของปูแสมป่าชายเลนอ่าวปากพนังอยู่ในช่วง 25-30 psu การศึกษาการตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาในระยะสั้นปูแสมอ่าวปากพนังสามารถปรับตัวได้ดีทั้งในเพศเมียและเพศผู้ซึ่งใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกว่าปูแสมในธรรมชาติ เพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.58±1.24 วินาที เพศผู้ใช้เวลาเฉลี่ย 6.88 ± 0.77 วินาที พบเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นโดยมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปูแสมในธรรมชาติ การตอบสนองในระยะยาวพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell ในเพศเมียพบร้อยละ 77 ใกล้เคียงกับปูแสมเพศผู้ที่พบในสัดส่วนร้อยละ 73 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.88 ± 1.55 วินาที เพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.20 ± 1.20 วินาที ส่วนปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมปูแสมมีปริมาณปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือด $7.57\times10^{5}\pm 7.20\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือด $3.52\times10^{6}\pm 3.21\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในการศึกษาการตอบสนองระยะยาวไม่พบว่าปูแสมมีการตายเนื่องจากภาวะการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดแสดงถึงระบบภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพของปูแสม

ระดับความเค็มที่ทำให้ปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามเกิดภาวะเครียด

ระดับความเค็มที่ทำให้ปูแสมเกิดภาวะเครียดคือที่ระดับความเค็มต่ำ 0 psu พบว่าในการทดลองระยะสั้นปูแสมใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างกับปูแสมในธรรมชาติ ปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว 7.94±1.88 วินาที ส่วนเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัว 8.95±2.77 วินาที เซลล์เม็ดเลือดที่มีบทบาทมากที่สุดคือ hyaline cell เช่นเดียวกับปูแสมในธรรมชาติ โดยมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ ในการศึกษาการตอบสนองของปูแสมในระยะยาวพบว่าปูแสมเพศผู้ตายหมดมีแต่ปูแสมเพศเมียเท่านั้นที่สามารถอยู่รอดได้ในระดับความเค็มต่ำ ปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวนานกว่าปูแสมในธรรมชาติ11.70± 3.21 วินาที เซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ยังคงเป็นเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นที่พบในสัดส่วนร้อยละ 78 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ยลดลง $3.65\times10^{5}\pm2.42\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร น้อยกว่าปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมของปูแสมเพศเมียในธรรมชาติการศึกษาครั้งนี้ไม่พบว่าปูแสมมีการตายเนื่องจากภาวะการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือด การศึกษาลักษณะทางมิญชวิทยาพบว่าที่ระดับความเค็มต่ำลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกได้รับผลกระทบมากกว่าตับ เหงือกมีการเสื่อมสภาพโดยลักษณะ gill lamella มีการพับซ้อนกันผิดสภาพไปจากปกติ (lamella distortion) เซลล์เม็ดเลือดมีการบวม haemocoelic space ไม่สามารถคงรูปร่างอยู่ได้ จึงทำให้เหงือกไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนเนื้อเยื่อตับ-ตับอ่อนเนื่องจาก basement membrane มีการหลุดลอกออกไป hepatopancreatic tubules แต่ละอันไม่รวมกันเป็นกลุ่มและการเรียงตัวกันของ columnar cell เรียงตัวกันโดยมีขอบเขตไม่ชัดเจน

การตอบสนองต่อระดับความเค็มที่ไม่เหมาะสมที่ระดับความเค็มสูง 30-40 psu ในการทดลองระยะสั้นพบว่าปูแสมใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวไม่แตกต่างกับปูแสมในธรรมชาติ ปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.70±2.30 วินาที ส่วนเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.70±1.51 วินาที ซึ่งสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ hyaline cell มีปริมาณลดลงทั้งในเพศเมียและเพศผู้เมื่อเทียบกับปูแสมในธรรมชาติ แต่ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นโดยปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย 8.11×10^{5}- 6.31×10^{5} เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $1.61\times10^{6}\pm1.34\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในการทดลองการ

ระดับความเค็มที่ทำให้ปูแสมบริเวณป่าชายเลนป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชเกิดภาวะเครียด

ระดับความเค็มที่ทำให้ปูแสมเกิดภาวะเครียดคือที่ระดับความเค็มต่ำ 0 psu การตอบสนองต่อระดับความเค็มที่ไม่เหมาะสมที่ระดับความเค็มต่ำ 0 psu พบว่าปูแสมสามารถปรับตัวได้ดีในระยะยาว พบว่าสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่นเช่นเดียวกับปูแสมในธรรมชาติ ซึ่งแตกต่างจากปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนที่พบเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ hyaline cell ในการทดลองการตอบสนองระยะสั้นที่ระดับความเค็มต่ำ พบว่าปูแสมใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกว่าปูแสมในธรรมชาติเช่นเดียวกับการทดลองในระยะยาว โดยมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ ในการทดลองการตอบสนองระยะสั้นปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.42±0.80 วินาที เพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.00±2.12 วินาที ส่วนการทดลองการตอบสนองระยะยาวพบปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.00±1.25 วินาที และเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.38±2.41 วินาที ในการทดลองการตอบสนองระยะสั้นนั้นเซลล์เม็ดเลือดที่มีบทบาทมากทั้งในปูแสมเพศเมียและเพศผู้คือ hyaline cell ซึ่งในระยะยาวปูแสมเพศผู้มีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ลดลงเป็นร้อยละ 50 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด พบว่าเซลล์เม็ดเลือดที่มีบทบาทมากในปูแสมเพศเมียคือ small granular cell พบเป็นกลุ่มเด่นสัดส่วนร้อยละ 62 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด พบปูแสมมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติทั้งในการตอบสนองระยะสั้นและระยะยาว โดยปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $4.75\times10^{6}\pm2.90\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมเฉลี่ย $4.41\times10^{6}\pm4.20\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบปูแสมมีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดสูงถึงร้อยละ 76 แต่ไม่มีการตายของปูแสมเนื่องจากภาวะติดเชื้อ ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกและตับ-ตับอ่อนที่ระดับความเค็มต่ำได้รับผลกระทบเช่นเดียวกับปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน ซึ่งทำให้เหงือกและตับไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การตอบสนองต่อระดับความเค็มที่ไม่เหมาะสมที่ระดับความเค็มสูง 40 psu พบว่าปูแสมสามารถปรับตัวได้ดีในระยะยาว พบว่าสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เป็นกลุ่มเด่นแตกต่างจากปูแสมบ้านคลองโคน ปูแสมใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวในการทดลองการตอบสนองระยะสั้นและระยะยาวเร็วกว่าปูแสมในธรรมชาติ ในการทดลองการตอบสนองระยะสั้นพบปูแสมใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็ว โดยเพศเมียใช้ระยะเวลาเฉลี่ย

ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมของปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนอยู่ในช่วง 4-6 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปูแสมสามารถอาศัยอยู่ได้ในบริเวณที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำหรือไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำได้ ปูแสมหนีน้ำที่มีระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำหรือไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำโดยการเกาะอยู่ส่วนบนกล่องโฟม หายในอากาศโดยตรงเป็น aerial respiration อาศัยเพียงความชื้นให้กับเหงือก

การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาต่อระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในระยะสั้นและระยะยาว ปูแสมสามารถปรับตัวได้ทั้งในเพศเมียและเพศผู้คล้ายคลึงกับปูแสมที่อาศัยอยู่ที่ระดับความเค็มเหมาะสม โดยเซลล์เม็ดเลือดที่เป็นกลุ่มเด่นคือ เซลล์เม็ดเลือด hyaline cell ในการศึกษาการตอบสนองระยะยาวพบสัดส่วนเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 84 ในเพศเมียและเพศผู้พบสัดส่วนเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 86 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดเหมือนกับปูแสมในธรรมชาติ ปูแสมที่เลี้ยงในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวกว่าปูแสมในธรรมชาติ ที่การทดลองระยะสั้นปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 11.00±1.50 วินาที เพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 10.60±3.40 วินาที ที่การทดลองระยะยาวปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.00±1.40 วินาที เพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.50±1.60 วินาที ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมในระยะสั้นเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ การทดลองระยะสั้นปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือด 9.84×10^{5}-8.27×10^{5} เซลล์ต่อมิลลิลิตร เพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือด $2.08\times10^{6}\pm8.05\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ที่การทดลองระยะยาวปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดเพิ่มขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติเท่ากับ $1.09\times10^{6}\pm5.90\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ส่วนเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงเมื่อเทียบกับปูแสมในธรรมชาติเท่ากับ $4.51\times10^{5}\pm3.52\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในการตอบสนองของปูแสมทั้งในการทดลองระยะสั้นและระยะยาว ไม่พบว่าปูแสมมีการตายเนื่องจากภาวะการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือด แสดงถึงระบบภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพของปูแสม

ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูแสมบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

การตอบสนองค่าทางโลหิตวิทยาต่อระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในระยะสั้นและระยะยาว ปูแสมอ่าวปากพนังสามารถปรับตัวได้ดีทั้งในเพศเมียและเพศผู้ โดยเซลล์เม็ดเลือดที่เป็นกลุ่มเด่นคือ เซลล์เม็ดเลือด small granular cell แตกต่างจากปูแสมบ้านคลองโคนที่พบว่าเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ hyaline cell ปูแสมใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกกว่าปูแสมในธรรมชาติ ที่การทดลองการตอบสนองระยะสั้นปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.10±0.89 วินาที และเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.88±1.55 วินาที การทดลองการตอบสนองระยะยาวพบปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.88±1.55 วินาที และเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.20±1.20 วินาที สัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ small granular cell มีสัดส่วนที่สูงกว่าปูแสมในธรรมชาติที่พบในเพศเมียร้อยละ 75 มากกว่าในเพศผู้ที่พบร้อยละ 40 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติเท่ากับ $8.77\times10^{5}\pm4.99\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ส่วนปูแสมเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมลดลงน้อยกว่าปูแสมในธรรมชาติเท่ากับ $5.53\times10^{5}\pm6.19\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยไม่พบปูแสมมีการตายเนื่องจากการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดปูแสม แสดงถึงระบบภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพของปูแสม

ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ไม่เหมาะสมในปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

ปูแสมบ้านคลองโคนที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำหรือไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสามารถปรับตัวให้อาศัยอยู่ได้ในระยะยาวโดยเซลล์เม็ดเลือดที่เข้ามามีบทบาทสำคัญคือ large granular cell โดยมีสัดส่วนที่พบสูงถึงร้อยละ 73 ในเพศเมียใกล้เคียงกับเพศผู้ที่พบร้อยละ 74 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด การพบ large granular cell เป็นกลุ่มเด่นแตกต่างจากปูแสมในธรรมชาติที่พบเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ hyaline cell ปูแสมที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติ โดยปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.70 ±0.80 วินาที และเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.80±0.80 วินาที ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมในการตอบสนองระยะยาวเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ โดยเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือด $2.23\times10^{6}\pm1.50\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือด $1.69\times10^{6}\pm3.00\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ไม่พบการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดปูแสม แสดงถึงระบบภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพของปูแสม

ปูแสมที่ระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีการตอบสนองเหมือนที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำโดยพบเซลล์เม็ดเลือดที่เป็นกลุ่มเด่นคือ เซลล์เม็ดเลือด large granular cell ปูแสมเพศเมียพบสัดส่วน large granular cell ร้อยละ 50 และเพศผู้พบสัดส่วนร้อยละ 51ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิด ปูแสมใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวมากกว่าปูแสมในธรรมชาติ โดยปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 9.88 ±2.43 วินาที และเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.67± 1.24 วินาที ส่วนปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมในการศึกษาการตอบสนองระยะยาวลดลงเมื่อเทียบกับปูแสมในธรรมชาติ โดยปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือด $2.60\times10^{5}\pm2.03\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือด $2.18\times10^{5}\pm1.16\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ไม่พบว่าปูแสมมีการตายเนื่องจากการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือด แสดงถึงระบบภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพของปูแสม

ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ไม่เหมาะสมในปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ปูแสมอ่าวปากพนังที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำหรือไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสามารถปรับตัวให้อาศัยได้โดยเซลล์เม็ดเลือดที่เป็นกลุ่มเด่นคือ เซลล์เม็ดเลือด small granular cell เช่นเดียวกับปูแสมในธรรมชาติ ปูแสมที่ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกว่าปูแสมในธรรมชาติโดยปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.67±2.47 วินาที และเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.88±0.25 วินาที การตอบสนองระยะยาวของปูแสมเพศเมียพบสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ small granular cell สูงถึงร้อยละ 68 ซึ่งในปูแสมเพศผู้ในการทดลองการตอบสนองระยะสั้นมีสัดส่วนเซลล์เม็ดเลือด small granular cell เพียงร้อยละ 34 แล้วเพิ่มสูงขึ้นเป็นร้อยละ 74 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดในการทดลองการตอบสนองระยะยาว ส่วนปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมในการตอบสนองระยะยาวใกล้เคียงกับปูแสมในธรรมชาติ โดยปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือด $5.04\times10^{5}\pm2.88\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือด $1.57\times10^{6}\pm1.44\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบมีการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือดปูแสมในระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำสูงถึงร้อยละ 83 แต่ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในเลือดที่พบน้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียในเลือดของปูแสมในธรรมชาติซึ่งไม่พบว่าปูแสมมีการตายเนื่องจากการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือด แสดงถึงระบบภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพของปูแสม

ในปูแสมที่ระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเซลล์เม็ดเลือดที่เป็นกลุ่มเด่นคือ เซลล์เม็ดเลือด small granular cell ในเพศเมียสูงถึงร้อยละ 80 ใกล้เคียงกับปูแสมเพศผู้ที่พบสัดส่วนร้อยละ 78 ของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดแตกต่างจากปูแสมบ้านคลองโคนที่พบเซลล์เม็ดเลือดกลุ่มเด่นคือ large granular cell ปูแสมที่ระดับไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเร็วกว่าปูแสมในธรรมชาติ โดยปูแสมเพศเมียใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 8.13±1.51 วินาที และเพศผู้ใช้ระยะเวลาที่เลือดแข็งตัวเฉลี่ย 7.40±0.70 วินาที ในการตอบสนองระยะยาวพบปูแสมเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดรวมใกล้เคียงกับปูในธรรมชาติ โดยเพศเมียมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือด $9.61\times10^{5}\pm5.63\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ส่วนปูแสมเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดน้อยกว่าปูแสมในธรรมชาติ โดยเพศผู้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือด $5.63\times10^{5}\pm4.31\times10^{5}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ไม่พบว่าปูแสมมีการตายเนื่องจากการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในเลือด แสดงถึงระบบภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพของปูแสม

การทำงานในระบบภูมิคุ้มกันของปูแสม

เลือดปูแสมทำหน้าที่ในระบบภูมิคุ้มกันได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน โดย hyaline cell ทำหน้าที่ในการแข็งตัวของเลือด เป็นการป้องกันขั้นแรกไม่ให้เชื้อโรคหรือแบคทีเรียกระจายไปยังบริเวณอื่นๆ ของร่างกายและยังช่วยในการเกิดการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมและขบวนการเกิดก้อนโนดูลเพื่อที่จะโอบล้อมสิ่งแปลกปลอม ซึ่งกระบวนการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมและการเกิดก้อนโนดูลพบว่าทำงานร่วมกับเซลล์เม็ดเลือด small granular cell และเกิดกระบวนการเอนแคปซูเลชั่นเพื่อต้านทานต่ออนุภาคที่มีขนาดใหญ่ เช่น เชื้อรา หนอนตัวกลม ไข่ของปรสิต และระยะตัวอ่อน ในการเกิดกระบวนการเอนแคปซูเลชั่นเซลล์เม็ดเลือด large granular cell เข้ามามีบทบาทในการทำงานร่วมด้วย ในสภาพปกติปูแสมบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำพบเซลล์เม็ดเลือด hyaline cell เป็นกลุ่มเด่น รองลงมาคือ small granular cell ซึ่งพบ large granular cell ในสัดส่วนที่น้อยที่สุด แตกต่างจากการตอบสนองต่อปริมาณออกซิเจน

แนวทางการจัดการทรัพยากรปูแสม

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าถึงแม้ปูแสมจะสามารถอยู่รอดได้ในระดับความเค็มต่ำและสูงก็ตาม ระดับความเค็มที่ไม่เหมาะสมส่งผลโดยตรงต่อการทำงานของเนื้อเยื่อเหงือกและตับ-ตับอ่อนของปูแสมซึ่งเป็นอวัยวะที่สำคัญในการควบคุมระดับน้ำและเกลือแร่ภาย การหายใจในร่างกายปูแสมที่โตเต็มวัย ตลอดจนการใช้พลังงานในการปรับตัวต่อภาวะเครียดที่ระดับความเค็มดังกล่าว จึงส่งผลต่อเนื่องไปยังการเจริญพันธุ์ และการทดแทนประชากรปูแสมได้ทำให้จำนวนประชากรปูแสมอาจลดจำนวนลงไป

ข้อเสนอแนะ

การทำงานของเซลล์เม็ดเลือดปูแสม

เนื่องจากเลือดปูแสมมีความสามารถในการแข็งตัวได้อย่างรวดเร็ว ถือเป็นกระบวนการสำคัญในการป้องกันร่างกายไม่ให้ติดเชื้อแบคทีเรียและเกิดการสูญเสียเลือด ซึ่งเป็นการทำงานที่มีประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกันในปูแสม ควรมีการศึกษากลไกการทำงานของระบบการแข็งตัวของเลือดปูแสมในรายละเอียด เพื่อให้ทราบกลไกการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดอย่างชัดเจน นอกจากนี้ควรมีการศึกษา cytochemistry ในเซลล์เม็ดเลือดของปูแสมเพื่อศึกษาในรายละเอียดของเซลล์เม็ดเลือด ลักษณะของแกรนูลและนิวเคลียสตลอดจนบทบาทการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดแต่ละชนิดอย่างละเอียด

การศึกษาปริมาณของแบคทีเรียวิบริโอที่ก่อให้เกิดโรคในปูแสม

ควรมีการศึกษาระดับของปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่ทำให้ปูแสมเกิดโรค ลักษณะอาการที่ปรากฏ โดยทำการฉีดแบคทีเรียที่มีรายงานการก่อให้เกิดโรคในปู เช่น *V. cholerae*, *V. parahemolyticus* และ *Aeromonas*

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มาตรฐานคุณภาพน้ำ (ออนไลน์). 2554. แหล่งที่มา : http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water02.html [2554, กุมภาพันธ์ 12]

กิจการ ศุภมาตย์, จรีพร เรืองศรี, สุภฎา คีรีรัฐนิคม และนเรศ ซ่วนยุก. 2543. ระบบภูมิคุ้มกันโรคในกุ้งกุลาดำ : V. ผลของอุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและความเป็นกรด-ด่างของน้ำต่อระบบภูมิคุ้มกันโรคและองค์ประกอบเลือดในกุ้งกุลาดำ. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับที่ 22: 605-613

กิจการ ศุภมาตย์,วุฒิพร พรหมขุนทอง, ชุติมา ตันติกิตติ และ Hoffmann, R. 2543. ระบบภูมิคุ้มกันโรคในกุ้งกุลาดำ : II. เซลล์และเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมในกุ้งกุลาดำ. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับที่ 22: 581-588

จำลอง โตอ่อน, ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และ ประภาพร วิถีสวัสดิ์. 2545. ชนิดและการกระจายของปูในบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร. ใน เอกสารประกอบการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 12 หน้า 1-10. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัย แห่งชาติ.

ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์. 2522. สมุทรศาสตร์ชีวภาพเอสทูรี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคนอื่นๆ. 2545. การประเมินสภาพความอุดมสมบูรณ์ของป่าปลูกทดแทน. ใน ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ (บรรณาธิการ), รายงานการวิจัยผลของการปลูกและฟื้นฟูป่าชายเลนจังหวัดสมุทรสงครามต่อโครงสร้างกลุ่มประชากรแพลงก์ตอนสัตว์และสัตว์หน้าดิน.หน้า 153-181. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ , ศิริวรรณ ศิริบุญ , อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ , อิชฌิกา ศิวายพราหมณ์ และสุริยัณห์ สาระมูล. 2549. สถานภาพและแนวทางการจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันตก. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคนอื่นๆ. 2551. การประเมินเสถียรภาพของระบบนิเวศปากแม่น้ำที่ไหลลงสู่ทะเล (Estuary) อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคนอื่นๆ. 2552. ผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการทดแทนประชากรปูแสม *Neoepisesarma mederi* ที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลน. ใน รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

นันทริกา โพธิปักษ์, วีณา เคยพุดชา และจิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์. 2531. การศึกษาการเหนี่ยวนำให้เกิดโรคเสี้ยนดำในกุ้งกุลาดำด้วยเชื้อวิบริโอวัลนิฟิคัส. ใน การสัมมนาเรื่องในกุ้งกุลาดำ หน้า 8. วันที่ 19 ตุลาคม 2531. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร

ทวีศักดิ์ ศรีชนะ. 2547. องค์ประกอบบางประการของระบบภูมิคุ้มกันในน้ำเลือดของกุ้งกุลาดำ(*Penaeus monodon*, Fabricius) ที่ระยะต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บัญชา สบายตัว. 2549. นิเวศวิทยาและชีววิทยาประมงของปูแสมสกุล *Neoepisesarma* ในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาณุพันธ์ มั่งมี. 2551. การศึกษาชนิดและจำนวนแบคทีเรียในปูแสมก้ามแดง *Perisesarma eumolpe* ณ ป่าชายเลนบ้านขุนสมุทรจีน จังหวัดสมุทรปราการ. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิกุล จิรวาณิชไพศาล. 2543. การใช้โพรไบโอติก (probiotic) ในสัตว์น้ำ. ข่าวโรคสัตว์น้ำ 10: 2-6

พัน ยี่สิ้น. 2544. อนุกรมวิธานของปูแสม (Grapsidae) ในอ่าวปัตตานี ใน รายงานการวิจัย. 43 หน้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

เพ็ญศรี บุญตามช่วย และโสภณ อ่อนคง. 2547. ปริมาณวิบริโอ (*Vibrio* spp.) ในแหล่งน้ำที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในจังหวัดสตูล. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2547. 11 หน้า. สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำชายฝั่ง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกรมประมง.

วันวิวาห์ วิชิตวรคุณ. 2544. สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลิลา เรืองแป้น, ธิดาพร ฉวีภักดิ์ และวริษฐา หนูปิ่น .2549. ปรสิต และแบคทีเรีย Vibrio spp. ในแม่กุ้งแชบ๊วย, *Penaeus merguiensis* de Man, 1883 จากแหล่งธรรมชาติภาคตะวันออก. ใน เอกสารประชุมวิชาการประมง. หน้า 231-246.

สนิท อักษรแก้ว. 2542. ป่าชายเลนนิเวศวิทยาและการจัดการ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณา จิตรสิงห์. 2519. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับชีวประวัติทางนิเวศวิทยาและพฤติกรรมบางประการ ของปูแสม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาสัตววิทยา ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

สลิลภร สืบสาววงษ์. 2550. ผลของ *Chlorella* sp. ต่อแบคทีเรีย *Vibrio harveyi* และระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* FABRICIUS). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสาวลักษณ์ อ่อนมิ่ง. 2550. การสืบค้นยีนที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันโดยใช้เทคนิค Expressed Sequence Tags (ESTs) ในเซลล์เม็ดเลือดของกุ้งก้ามกรามปกติและกุ้งที่ได้รับเบต้า-กลูแคนในอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภลักษณ์ โรมรัตนพันธ์. 2545. เทคนิคเนื้อเยื่อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

Alapide-Tendencia, E., and Dureza, L.A. 1997. Isolation of Vibrio spp. From *Penaeus monodon* (Fabricius) with red disease syndrome. Aquaculture 154: 107-114.

Bachere, E., Mialhe, E., and Rodriguez, J. 1995. Identification of defence effectors in the haemolymph of Crustraceans with particular reference to the shrimp *Penaeus japonicus* (Bate): prospects and applications. J. Fish & Shellfish Immunology 5: 597-612.

Battison, A., Cawthorn, R., and Horney, B. 2003. Classification of *Homarus americanus* hemocytes and the use f differential hemocyte counts in lobsters infected with *Aerococcus viridans* var. homari (Gaffkemia). J. Invertebrate Pathology 84: 77–197.

Barnes, R.D. 1974. The crustaceans. In: W.B. Saunders (ed.), Invertebrate zoology, pp.510-618. Philadelphia.

Barracco, M.A. and Amirante, G.A. 1992. Morphology and cytochemical studies of the hemocytes of Squilla mantis (stomatopoda). J. Crust. Biol 12: 372-382.

Bauchau, A.G. 1981. Invertebrate blood cells. pp. 385-421. New York. Academic Press.

Burnett, L.E., Holman, J.D., Jorgensen, D.D., Ikerd, J.L., and Burnett, K.G. 2006. Immune defense respiratory fitness in *Callinectes sapidus*, the Atlantic blue crab. Biol bull. 211: 50-57.

Bell, G.W., Eggleston, D.B., and Noga, E.J. 2009. Environmental and physiological controls of Blue crab avoidance behavior during exposure to hypoxia. Biol bull. 217: 161-172.

Bell, G.W., Eggleston, D.B., and Noga, E.J. 2010. Molecular keys unlock the mysteries of variable survival responses of blue crabs to hypoxia. Oecologia 163: 57–68.

Bohm, G.A., and Gersch, M. 1983. The hemaopoietic character of the cephalic grand in the crayfish *Orconectes limosus*. Gen.comp.endocrinol .52: 102-107.

Burggren, W.W., and McMahon, B.R. 1988. Biology of the land crabs. New York. Cambridge university press.

Davis, J.W., and Sizemore, R.K. 1982. Incidence of *Vibrio* species associated with Blue Crabs (*Callinectes sapidus*) collected from Galveston Bay, Texas. Environmental microbiology 43: 1092-1097.

Defur, P.L., Mangum, C.P., and Reese, J.E. 2010. Respiratory responses of the blue crab *Callinectes sapidus* to long-term hypoxia. Biol bull .178: 46-54.

Engel, D.W., Brouwer, M., and McKenna, S. 1993. Hemocyanin concentrations in marine crustaceans as a function of environmental conditions. Mar.Ecol.Prog.Ser. 93: 235-244.

Fotedar, S., Evans, L., and Jones, B. 2006. Effect of holding duration on the immune system of western rock Lobster, *Panulirus Cygnus*. Comparative biochemistry and physiology Part A 143: 479-487.

Freire, C., Onken, H., and McNamara, J.C. 2008. A structure-function analysis of ion transport in crustacean gills and excretory organs. Comparative biochemistry and physiology Part A 151: 272-304.

Frith, D.W., Tantanasiriwong, R., and Bhatia, O. 1976. Zonation of macrofauna on a mangrove shore, Phuket Island. Phuket mar. bio. Cent. Res. Bull. 10: 1-37.

Frith, D.W. 1977. A preliminary list of macrofauna from a mangrove forest and adjacent biotopes at Surin Island, Western Peninsular Thailand. Phuket mar. bio. Cent. Res. Bull. 17: 1-14.

Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis. In A, Klute. (ed.), Method of soil analysis part 1: Physical and mineralogical methods, pp.383-412. Wiscosin: Madison publisher.

Ghidalia, W., Vendrely, R., Montmory, C., Coirault, Y., and Brouard, M.O. 1981. Coagulation in decapod crustacea. comparative studies of the clotting process in species from groups A, B, and C. J Comp Physiol 142: 473 478.

Gomez-Gil, B. ea al. 1998. Species of *Vibrio* isolated from hepatopancreas, haemolymph and digestive tract of a population of healthy juvenile *Penaeus vannamei*. Aquaculture 163: 1–9.

Green, J. 1968. The Biology of Estuarine Animals. London. University of Washington Press.

Greenaway, P., Morris, S.,and McMahon, B.R. 1988. Adaptations to a terrestrial existence by the robber crab, *Birgus latro*: II. In vivo respiration gas exchange and transport. J. Exp. Biol. 140: 493-509.

Guerin, J.L., and Stickle, W.B. 1977. Effect of salinity on survival and bioenergetics of juvenile lesser blue crabs, *Callinectes similis.* Marine Biology 129: 63-69.

Harrison, F.W., and Humes, A.G. 1992. Microscopic anatomy of Invertebrates. New York. Wiley-Liss Inc.

Hearing, V., and Vernick, S.H. 1967. Fine structure of the blood cells of the Lobster, *Homarus americanus*. Chesapeake science 8: 170-186.

Heng, L., and Lei, W. 1998. On the ultrastructure and classification of the hemocytes of penaeid shrimp, *Penaeus vannamei* (Crustacea, Decapoda). J. Chin Oceanol. Limnol. 16: 333–338.

Hill, B.J., and Koopowitz, H.1975. Heart-rate of the crab *Scylla serrata* (Forskal) in air and in hypoxia condition. Comp. Biochem. Physiol. 52A: 385-387.

Holman, J. D., Burnett, K. G., and Burnett, L. E. 2004. Effects of hypercapnic hypoxia on the clearance of *Vibrio campbellii* in the Atlantic blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. Biol. Bull. 206: 188–196.

Holmblad, T., and Soderhall, K. 1999. Cell adhesion molecules and antioxidative enzymes in a crustacean, possible role in immunity. Aquaculture 172: 111-123.

Hose, J.E., Martin, G.G., and Gerard, A.S. 1990. A decapod hemocyte classification scheme integrating morphology, cytochemistry and function. Biol. Bull. 178: 33-45.

Hose, J.E., Martin, G.G., Tiu, S., and McKrell, N. 1992. Patterns of hemocyte production and release throughout the molt cycle in the Penaeid shrimp *Sicyonia ingentis*. Biol bull.183: 185-199.

Hughes, G.M., Knights, B., and Scammell, C.A., 1969. The distribution of P_{O2} and hydrostatic pressure changes within the branchial chambers in relation to gill ventilation of the shore crab *Carcinus maenas* . L.I. Exp.Biol. 51: 203-220.

Iwanaga, S., Kawabata, S., and Muta, T. 1998. New types of clotting factors and defense molecules found in horseshoe crab hemolymph: their structures and functions. J. Biochem. 123: 1–15.

Jackson, M.L. 1958. Soil chemistry analysis. pp. 22. United States of American: Pren Tice-Hall.

Jiravanichpaisan, P., Sricharoen, S., Soderhall, I., and Soderhall, K. 2006. White spot syndrome virus (WSSV) interaction with crayfish haemocytes. Fish and shellfish immunology 20: 718-727.

Johansson, M.W., Keyser, P., Sritunyalucksana, K., and Soderhall, K.2000. Crustacean haemocytes and haematopoiesis. Aquaculture 191 :45–52.

Jones, D.A. 1984. Crabs of mangal ecosystem. In F.D. Por, and I. Dor (ed.) Hydrobiology of the mangal. pp 88-109. Dr. W.Junk Publishers.

Jussila, J., McBride, S., Jago, J., and Evans, L.H. 2001. Hemolymph clotting time as an indicator of stress in western rock lobster (*Panulirus Cygnus* George). Aquaculture 199: 185-193.

Lee, S.Y., and Söderhäll, K. 2001. Characterization of a pattern recognition protein a masquerade-like protein, in the freshwater crayfish *Pacifastacus leniusculus*, J. Immunol. 166: 7319–7326.

Lee, R.F. 2002. Bioavailability, biotransformation, and fate of organic contaminants in estuarine animals.In M.C. Newman, M.H. Robert, and R.C. Hale, (ed.) Coastal and estuarine risk assessment. pp 97-125. Lewis Publishers.

Lee, S.Y., and Soderhall, K. 2002. Early events in crustacean innate immunity. Fish and shellfish immunology 12: 421-437.

Le Moullac, G., and Haffner, P. 2000. Environmental factors affecting immune responses in crustacean. Aquaculture.191: 121-131.

Lin, X., Soderhall, K., and Soderhall, I. 2008. Tranglutaminase activity in the hematopoietic tissue of a crustacean,*Pacifastacus leniusculus*, importance in hemocyte homeostasis. BMC immunology.

Li, C., Shields, J.D., Ratzlaff, R.E., and Butler, M.J. 2008. Pathology and hematology of the Caribbean spiny lobster experimentally infected with *Panulirus argus* virus 1 (PaV1). J. Virus Research 132: 104–113.

Macey, B.M., Rathburn, C.K., Thibodeaux, L.K., Burnett, L.E., and Burnett, K.G. 2008. Clearance of *Vibrio campbellii* injected into the hemolymph of *callinectes sapidus*, the Atlantic blue crab: the effects of prior exposure to bacteria and environmental hypoxia. Fish and shellfish immunology 25: 718-730.

Macey, V. et al. 2008. The effect of hypoxia on gill morphology and ionoregulatory status in the Lake Qinghai scaleless carp, *Gymnocypris przewalskii*. J.Exp. Biol 211: 1063-1074.

Macnae, W. 1968. A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West Pacific region. J.Adv Mar Biol 6: 73–270.

Mantel, L.H., and L.L.Farmer. 1983. Osmotic and ionic regulation In L.H. Mantel (ed.), The Biology of crustacea Vol.5: Internal Anatomy and Physiological Regulation. pp. 53-161. Academic Press, New York.

Martin, G.G., and Grave, B.L.1985. Fine structure and classification of shrimp hemocytes. J. morp. 185: 339-348.

Martin, G.G., and Hose, J.E. 1992. Vascular elements and blood (hemolymph) In W.H., Frederick, O.C., Harrison, and E.R., Edward, (ed.).pp. 117-146. Anatomy of invertebrates. Wiley-Liss Inc

Martin, G.G., Hose, J.E., Minka, G., and Rosenberg, S. 1996. Clearance of bacteria injected into the hemolymph of the Ridgeback prawn, *Sicyonia ingentis* (crustacea: decapoda) Role of hematopoietic tissue. J. morp. 227: 227-233.

Martin, G.G., Kay, J., Poole, D., and Poole, C.2009. In vitro nodule formation in the Ridgeback prawn, *Sicyonoa ingentis*, and the American Lobster, *Homarus americanus*.Invertebrate biology 117: 155-168.

Martinez, C.B.R., Alvares, R. R., and Santos, M. C. F. 1999. A morphological study on posterior gills of the mangrove crab *Ucides cordatus*. Journal of tissue and Cell 31: 380–389.

Newell, R.C., Ahsanullah, M., and Pye, V.I. 1972. Aerial and aquatic respiration in the shore crab *Carcinus maenas*. Comp.Biochem.Physiol, 43A: 239-252.

Newell, R.C. 1976. Adatation to intertidal life. pp.1-82. In : R.C. Newell (ed.), Adaptation to Environment. London: Butterworths.

Omori, S.A., Martin, G.G., and Hose, J.E.1989. Morphology of hemocyte lysis and clotting in the ridgeback prawn, *Sicyonia ingentis*. Cell and tissue research 255: 117-123.

Paphavasit, N. 1981. Effects of hydrogen sulfide on selected marine invertebrates. Chulalongkorn University . Res,Jour. 8: 159-170.

Paphavasit, N., Dechaprompun, S., and Aumnuch, E. 1986. Physiological Ecology of Selected Mangrove Crabs: Physiological Tolerance Limits. Final report Submitted to UNESCO under the UNDP/UNESCO Regional Project on Mangrove Ecosystem.

Paul, A.J., and Fuji, A. 2009. Bioenergetics of the Alaskan Crab *Chionoecetes bairdi* (Decapoda: Majidae) . Journal of Crustacean Biology 9: 25-36.

Persson, M., Cerenius, L., and Soderhall, K. 1987. The influence of hemocyte number on the resistance of the freshwater crayfish, *Pacifastacus leniusculus* Dana, to the parasitic fungus *Aphanomyces astaci*. J. Fish Dis. 10: 471–477.

Pillay, K.K., and Ono, Y. 1978. The breeding cycles of two species of grapsid crabs (crustacean: Decapoda) from the north coast of Kyushu, Japan. Marine Biology. 45: 237-248.

Poovachiranon, S., and Tantichodok, P. 1991. The role of sesarmid crabs in the mineralization of leaf of *Rhizophora apiculata* in a mangrove, southern Thailand. Phuket Mar. Biol. Center Res. Bull. 56: 63-74.

Redmond, J.R. 2011. Oxygen-Hemocyanin relationships in the land crab, *Cardisoma guanhumi*. Biol bull.122: 252-262.

Rodriquez, J., and Le Moullac, G. 2000. State of the art of immunological tools and health control of penaeid shrimp. Aquaculture 191: 109-119.

Sang, H., and Fotedar, R. 2004. Growth, survival, hemolymph osmolality and orgaosmomatic indices of western king prawn (*Penaeus latisulcatus* Kishinouye,1896) rared at different salinities. Aquaculture 234: 601-614.

Santos, E.A., Baldisseroto, B., Bianchini, A., and Colares, E.P.1987. respiratory mechanisms andmetabolic adaptation of an intertidal crab, *Chasmagnathus granulate* (DANA,1851). Comp.Biochem. Physiol. 88A: 21-25.

Shokita, S. 2000. The Role of aquatic animals in a mangrove ecosystem. In Asia-Pacific Cooperation on Research for Conservation of Mangroves, pp.1-30. Tokyo: United Nations University.

Sierra, C., Pérez, A., Agundis, C., Zenteno, E., and Vázquez, L. 1999. Subcellular organization of the seric lectin in haemocytes from the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda, Nanantia). In F.R., Schram, and J.C., Von Vaupel Klein (ed.), Crustaceans and the Biodiversity Crisis I, pp. 961–970. Brill, Leiden.

Sierra, C., Guevara, J., Lascurain, R., Perez, A. Agundis, C., Zenteno, E., and Vazquez, L. 2001. Sialylation is modulated through maturation in hemocytes from *Macrobrachium rosenbergii*. Comparative biochemistry and physiology Part C 130: 179-189.

Soderhall, K., and Cerenius, L. 1992. Crustacean immunity. Annu.Rev. Fish Dis. 2: 3-23.

Soderhall, K., and Smith, V.J. 1983. Separate of hemocyte population of *Carcinus maenas* and other marine decapods and prophenoloxidase distribution.Dev.Comp.Immunol. 7: 229-239.

Sritunyalucksana, K., and Soderhall, K. 2000.The proPO and clotting system in crustaceans. Aquaculture 191: 53–69.

Supamattaya, K., Ruangsri, J., Kereratnikom, S., and Songsrijan, N. 2000. Normal immune-physiological values. Songklanakarin J. Sci. Technol. 22: 597-603.

Terry, T. Phagocytosis and bacterial pathogens. [Online]. 2001. Available from : http://www.sp.uconn.edu/~terry/Common/phago053.html [2000, May].

Theopold, U., Schmidt, O., Soderhall, K., and Dushay, M. 2004. Coagulation in arthropods:defence, wound closure and healing. Immunology 25 : 289-294

Tingjun, F., Miaomiao, Y., Lingling, Y., Zhenping, S., Wenjie, S., Rishan, C., Xiuxia, Y., and Guojian, J. 2009. Effects of Several Immunostimulants on Phenoloxidase and Hemocytes of the Crab *Charybdis japonica*. Journal Ocean University of China (Oceanic and Coastal Sea Research) 8: 222-228.

Tubiash, H.S., Sizemore, R.K., and Colwell, R.R. 1975. Bacterial Flora of the hemolymph of the Blue Crab, *Callinectes sapidus*: Most Probable Numbers. Microbiology 29: 388-392.

Vazquez, L.,et al. 1997. Morphology of hemocytes from the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. J. Morp 234: 147-153.

Vernberg, F.J., and Vernberg, W.B. 1975. Adapatations to extreme environments. In F.J. Vernberg (ed.), pp.165-180. Physiological Ecology of Estuarine Organisms. The Belle W. Baruch Laboratory in Marine Science No. 3, University of South Carolina Press.

Vogan, C.L., and Rowley, A.F. 2002. Effects of shell disease syndrome on the haemocytes and humoral defences of the edible crab, *Cancer pagurus*. Aquaculture 205: 237– 252.

Warner, G.F. 1977. The Biology of Crabs. London: Paul Elek (Scientific book).

Welsh, P.C., and Sizemore, R.K. 1985 Incidence of bacteremia in stressed and unstressed population of the blue crab *Callinectes sapidus*, Appl. Environ. Microbiol. 50:421–425.

West, P. A., and Cowell, B. R., 1984. Identification and Classification of Vibrioaceae In B.B., Cowell (ed.), Vibrio in the environment. pp.285 - 363. John Wiley & Sons Inc, New York.

Wolcott, T.G. 1988. Ecology In , W.W., Burggen and B.R., McMahon (ed.), Biology of the land crabs. pp.55-96.Cambridge University Press.

Young, R.E. 1972. The physiological ecology of haemocyanin in some selected crabs. II. The characteristics of haemocyanin in relation to terrestrialness. The Journal of Marine Biological Ecology 10: 193-206.

Zhang, Z.F., Shao, M., and K, K.H. 2006. Classification of haematopoietic cells and hemocytes in Chinese prawn *Fenneropenaeus chinensis*. Fish and shellfish immunology 21: 159-169.

Zhang, Y., et al..2009. Hemocyanin from shrimp *Litopenaeus vannamei* shows hemolytic activity. Fish and shellfish immunology 27: 330- 335.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปิยพรรณ เหมนุกูล เกิดเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2527 ที่จังหวัดนราธิวาส สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย จังหวัดสตูล ในปีการศึกษา 2546 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตจาก ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตรัง ในปีการศึกษา 2549 เข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิตที่ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550