ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ผลิตภัณฑ์ประมง)

ปริญญา

ผลิตภัณฑ์ประมง | ผลิตภัณฑ์ประมง

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณของกรดไขมันในหอยทะเลสองฝาบางชนิดของประเทศไทย

Chemical Composition and Fatty Acids Content in Some Marine Bivalves of Thailand

นามผู้วิจัย นายสุวัฒน์ เนตรเจริญ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปัทมา ระตะนะอาพร, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์วรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ, Dr. scienc)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณของกรดไขมันในหอยทะเลสองฝาบางชนิดของประเทศไทย

Chemical Composition and Fatty Acids Content in Some Marine Bivalves of Thailand

โดย

นายสุวัฒน์ เนตรเจริญ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ผลิตภัณฑ์ประมง)
พ.ศ. 2552

สุวัฒน์ เนตรเจริญ 2552: องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณของกรดไขมันในหอยทะเลสองฝาบางชนิดของประเทศไทย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ผลิตภัณฑ์ประมง) สาขาผลิตภัณฑ์ประมง ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปัทมา ระตะนะอาพร, วท.ด. 122 หน้า

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบของกรดไขมันในหอยทะเลสองฝา ได้แก่ หอยแมลงภู่ หอยนางรมปากจีบ หอยแครง และ หอยลาย โดยศึกษาในตัวอย่างหอยแมลงภู่อายุ 3-8 เดือน แยกตามเพศ และในตัวอย่างหอยทะเลสองฝาขนาดที่จำหน่ายในท้องตลาด ได้แก่ หอยแมลงภู่ หอยนางรมปากจีบ ตามฤดูกาลและเพศ ส่วนหอยแครงและหอยลายศึกษาตามฤดูกาล ในการทดลองนี้ได้ศึกษาวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของไขมันที่เหมาะสมด้วย โดยพบว่า การสกัดและเตรียมอนุพันธ์ตามวิธีของ Bligh and Dyer (1959) และ Holub and Skeaff (1975) เป็นวิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในหอยทะเลสองฝาชนิดที่ศึกษา

เมื่อหอยแมลงภู่มีอายุมากขึ้น ความยาวจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับ ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กลุ่มของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ (polyunsaturated fatty acid: PUFA) พบว่า มีปริมาณสูงในหอยช่วงอายุ 6-8 เดือน มากกว่าในช่วงอายุ 3-5 เดือน อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในหอยแมลงภู่ หอยนางรมปากจีบ หอยแครง และหอยลาย ขนาดที่จำหน่ายในท้องตลาด พบข้อมูลด้านลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบของกรดไขมันกลุ่ม PUFA มีความสอดคล้องกัน ฤดูกาลที่หอยมีคุณค่าทางอาหารสูงที่สุดจะแตกต่างกันไปตามชนิดหอย โดยหอยแมลงภู่ หอยนางรมปากจีบ และหอยแครง จะพบในฤดูร้อน หอยลายจะพบในฤดูฝน ในทางตรงกันข้ามฤดูกาลที่หอยวางไข่จะพบว่า หอยมีน้ำหนัก ปริมาณไขมัน และปริมาณ PUFA โดยเฉพาะอย่างยิ่ง eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) ต่ำในหอยเพศเมีย การทดลองนี้พบว่า หอยทะเลสองฝาทุกชนิดที่ศึกษาจัดเป็นแหล่งที่ดีของกรดไขมันกลุ่ม PUFA โดยเฉพาะอย่างยิ่ง EPA DHA และ arachidonic acid (ARA) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์

_____ / ____ / ____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Suwat Netjaroen 2009: Chemical Composition and Fatty Acids Content in Some Marine Bivalves of Thailand. Master of Science (Fishery Products), Major Field: Fishery Products, Department of Fishery Products. Thesis Advisor: Assistant Professor Pattama Ratana-arporn, Ph.D. 122 pages.

The aim of this study was to evaluate the factors affecting physical, chemical and fatty acid compositions of some marine bivalves, i.e., green mussel, oyster, cockle and clams. Experiments were conduct to study the compositions of green mussel of 3-8 months age of each sex; the compositions varied by season and sex for green mussel and oyster, and those varied by season for cockle and clam of commercial sized. In order to correctly analyse the fatty acid composition, the appropriate method was also studied, Extracting and Methylation according to Bligh and Dyer (1959) and Holub and Skeaff (1987) was suitable for fatty acid analysis in bivalve studied.

As green mussel growed, the length obviously increased together with protein, carbohydrate and lipid especially polyunsaturated fatty acid (PUFA) which were significantly higher ($P<0.05$) in 6-8 month-aged than those in 3-5 month-aged. For green mussel, oyster, cockle and clam of commercial size, the correlation among physical characteristics, chemical composition and PUFA composition were found. The seasons in which bivalves were considered nutritious were different in each type, i.e., green mussel, oyster and cockle in summer; clam in rainy season. In contrary, during spawning period, significant lowering in weight, lipid content and PUFA especially eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) were found in all female bivalves. All bivalves studied were considered to be good sources of PUFA especially EPA, DHA and arachidonic acid (ARA) which are beneficial for human health.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ปัทมา ระตะนะอาพร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ดร.วรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์ และ ผศ. ดร. สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางการแก้ปัญหา ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้นรวมทั้งขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุเชษฐ์ สมุหเสนีโต ที่กรุณาเป็นท่านผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย และคณาจารย์ในภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมงทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมงที่อำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบคุณความมีน้ำใจ ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และกำลังใจของพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ นิสิตปริญญาโทภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง ตลอดจนเพื่อนๆ ทุกท่านที่มิได้ระบุ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ คุณอลงกต อินทรชาติ หัวหน้าสถานีวิจัยประมงศรีราชา และนักวิชาการประมง พร้อมด้วยเจ้าหน้าที่ทุกท่านของสถานีวิจัยประมงศรีราชา สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดชลบุรี ที่กรุณาให้ความสะดวกในการเก็บตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อวิยุทธ คุณแม่หนูผ่อง เนตรเจริญ ที่ให้การอบรมสั่งสอน ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ขอขอบคุณพี่สาว และคนในครอบครัวที่มอบรักความห่วงใย กำลังใจและให้การสนับสนุนในการศึกษาเพื่อข้าพเจ้าตลอดมา

สุวัฒน์ เนตรเจริญ

มีนาคม 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	25
อุปกรณ์	25
วิธีการ	28
ผลและวิจารณ์	36
สรุปผลการทดลอง	73
ข้อแสนอแนะ	75
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	76
ภาคผนวก	85
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี	86
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	93
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	122

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาการของหอยแมลงภู่ (green mussel) สด ส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	7
2	คุณค่าทางโภชนาการของหอยนางรมสด ส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	11
3	คุณค่าทางโภชนาการของหอยแครงสด ส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	14
4	คุณค่าทางโภชนาการของหอยลายสด ส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	17
5	การเปรียบเทียบองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำมัน) ใน หอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย จากวิธี AOCS และวิธี HS	37
6	การเปรียบเทียบองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำมัน) ในหอยนางรมเพศผู้และเพศเมีย และหอยลายจาก วิธี AOCS และวิธี HS	38
7	สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำทะเลบริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่ อายุระหว่าง 3-8 เดือน ณ สถานีประมงศรีราชา จังหวัดชลบุรี	41
8	ลักษณะทางกายภาพของหอยแมลงภู่อายุระหว่าง 3-8 เดือน	43
9	องค์ประกอบทางเคมีในหอยแมลงภู่ อายุระหว่าง 3-8 เดือน (ร้อยละของน้ำหนักเปียก)	44
10	องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ในหอยแมลงภู่ อายุ 3-8 เดือน	47
11	องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมียอายุ 3-8 เดือน	48
12	สมบัติของน้ำทะเลบริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่ ณ สถานีประมงศรีราชา จังหวัดชลบุรี	50
13	ลักษณะทางกายภาพของหอยแมลงภู่	51
14	องค์ประกอบทางเคมีในหอยแมลงภู่ (ร้อยละของน้ำหนักเปียก)	53
15	องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ของหอยแมลงภู่ขนาดที่จำหน่ายในท้องตลาดในแต่ละฤดูกาล	55

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ของหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย	56
17	ลักษณะทางกายภาพของหอยนางรมปากจีบ	58
18	องค์ประกอบทางเคมีในหอยนางรมปากจีบ (ร้อยละของน้ำหนักเปียก)	60
19	องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ของหอยนางรม ปากจีบ	61
20	องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ของหอยนางรมเพศผู้และเพศเมีย	62
21	ลักษณะทางกายภาพของหอยแครง	63
22	องค์ประกอบทางเคมีในหอยแครง (ร้อยละของน้ำหนักเปียก)	65
23	องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ของหอยแครง	67
24	ลักษณะทางกายภาพของหอยลาย	68
25	องค์ประกอบทางเคมีในหอยลาย (ร้อยละของน้ำหนักเปียก)	70
26	องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ของหอยลาย	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่อายุ 3-8 เดือน	94
ข2	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย T-test ขององค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย อายุ 3 เดือน	96
ข3	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย T-test ขององค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย อายุ 4 เดือน	97
ข4	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย T-test ขององค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย อายุ 5 เดือน	98
ข5	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย T-test ขององค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย อายุ 6 เดือน	99
ข6	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย T-test ขององค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย อายุ 7 เดือน	100
ข7	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย T-test ขององค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย อายุ 8 เดือน	101
ข8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะทางกายภาพของหอยแมลงภู่	102
ข9	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีของหอยแมลงภู่	103
ข10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันของหอยแมลงภู่	104
ข11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันของหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย	106
ข12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะทางกายภาพของหอยนางรมปากจีบ	108
ข13	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีของหอยนางรมปากจีบ	109
ข14	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันหอยของนางรมปากจีบ	110

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ข15	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันหอยของนางรมปากจีบเพศผู้และเพศเมีย	112
ข16	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะทางกายภาพของหอยแครง	114
ข17	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีของหอยแครง	115
ข18	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันของหอยแครง	116
ข19	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะทางกายภาพของหอยลาย	118
ข20	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีของหอยลาย	119
ข21	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันของหอยลาย	120

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะภายในของหอยแมลงภู่	4
2	ลักษณะภายในของหอยนางรม	8
3	ลักษณะภายในหอยแครง	12
4	ลักษณะภายในของหอยลาย	15
5	โครงสร้างทางเคมีของกรดไขมัน EPA และ DHA	20
6	การวัดขนาดของหอยแมลงภู่	28
7	วิธีการที่ 1 ก. การสกัดไขมัน ดัดแปลงตามวิธีของ Bligh and Dyer (1959) และ ข. การเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมัน ตามวิธีของ AOCS (1997) หรือในงานวิจัยนี้จะเรียกย่อว่า “AOCS”	32
8	วิธีการที่ 2 ก. การสกัดไขมัน ดัดแปลงตามวิธีของ Bligh and Dyer (1959) และ ข. การเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมัน ตามวิธีของ Holub and Skeaff (1987) หรือในงานวิจัยนี้จะเรียกย่อว่า “วิธี HS”	33
9	ความกว้าง ความยาว และความสูงของ หอยแมลงภู่อายุ 3-8 เดือน	42
10	น้ำหนักหอยทั้งตัว น้ำหนักเนื้อ และเปอร์เซ็นต์เนื้อของหอยแมลงภู่อายุ 3-8 เดือน	42
11	องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ในตัวอย่างหอยแมลงภู่ อายุ 3-8 เดือน (ไม่แยกเพศ)	46
12	ความกว้าง ความยาว และความสูงของหอยแมลงภู่	52
13	น้ำหนักหอยทั้งตัว น้ำหนักเนื้อ และเปอร์เซ็นต์เนื้อของหอยแมลงภู่	52
14	ความกว้าง ความยาว และความสูงของหอยนางรมปากจีบ	58
15	น้ำหนักหอยทั้งตัว น้ำหนักเนื้อ และเปอร์เซ็นต์เนื้อของหอยนางรมปากจีบ	59
16	ความกว้าง ความยาว และความสูงของหอยแครง	64
17	น้ำหนักหอยทั้งตัว น้ำหนักเนื้อ และเปอร์เซ็นต์เนื้อของหอยแครง	64
18	ความกว้าง ความยาว และความสูงของหอยลาย	69
19	น้ำหนักหอยทั้งตัว น้ำหนักเนื้อ และเปอร์เซ็นต์เนื้อของหอยลาย	69

องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณของกรดไขมันในหอยทะเลสองฝาบางชนิดของประเทศไทย

Chemical Composition and Fatty Acids Content in Some Marine Bivalves of Thailand

คำนำ

หอยสองฝาเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ได้แก่ หอยแมลงภู่ หอยนางรม หอยแครง และหอยลาย เป็นต้น ปัจจุบันมีการส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงได้ง่าย กินอาหารได้เองตามธรรมชาติสามารถกรองกินพวกแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ รวมทั้งสารอินทรีย์วัตถุที่เน่าเปื่อยเป็นอาหาร (กองส่งเสริมการประมง, 2536; จินตนา, 2543; ธีรยา และคณะ, 2547) ในปี 2548 ประเทศไทยมีผลผลิตหอยดังกล่าวที่จับได้ (รวมการเพาะเลี้ยง) ปริมาณกว่า 3.66 แสนตัน มีมูลค่ากว่า 1,978.8 ล้านบาท (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2548) หอยทะเลสองฝานับว่าเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เป็นอาหารโปรตีนที่มีคุณภาพดีต่อร่างกายสามารถย่อยได้ง่าย เป็นแหล่งของแร่ธาตุต่างๆ (กรมอนามัย, 2544) ในต่างประเทศมีรายงานว่า หอยทะเลสองฝาเหล่านี้มีกลุ่มกรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัวหลายพันธะ (polyunsaturated fatty acid; PUFA) อยู่ในปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) (Chan *et al*., 2004; McLean and Bulling, 2005; Orban *et al*., 2006; Li and Sinclair, 2007; Dridi *et al*., 2007; Pernet *et al*., 2007) มีงานวิจัยพบว่า พวกแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) สามารถสังเคราะห์สาร EPA และ DHA ได้ในห่วงโซ่อาหาร นอกจากนี้ยังมีการศึกษา พบว่า การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลอาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (นิธิวดี, 2543; Orban *et al*., 2002; Taylor and Savage, 2006) กรดไขมันกลุ่ม PUFAs เช่น EPA และ DHA มีคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยอาจมีส่วนช่วยลดระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือด ลดการเกิดลิ่มเลือดอุดตันในเส้นเลือด (thrombosis) ป้องกันและรักษาโรคหัวใจ โรคไขข้ออักเสบ รูมาตอยด์ บำบัดโรคมะเร็งบางชนิด และมีส่วนช่วยในการบำรุงสมอง ทำหน้าที่ในการพัฒนาการทางด้านสมองในเด็กทารก (Dyerberg, 1986; Nettleton, 1995 Wildman, 2001; Cleland, *et al*., 2003) ปัจจุบันมีการศึกษาปริมาณกรดไขมันในอาหารหลายชนิดอย่างกว้างขวางรวมถึงสัตว์น้ำและสิ่งมีชีวิตในทะเลอื่นๆ จากการศึกษาพบว่าในน้ำมันปลาทูน่ามีปริมาณของ EPA และ DHA ประมาณ 6.70-6.71 และ 21.60-23.73 กรัม/ 100

กรัม ตามลำดับ (Klaypradit *et al.,*2008) นอกจากนี้มีการศึกษาในสาหร่ายสายพันธุ์ *Porphyra* sp., *Undaria pinnatifida* และ *Hizikia fusiforma* จากญี่ปุ่นและเกาหลี มีปริมาณของ PUFA เท่ากับ 31.8-74.7% ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด (Dawczynski *et al*., 2007) อย่างไรก็ตามในกลุ่มของหอยซึ่งมีการบริโภคอย่างแพร่หลายในประเทศไทยยังมีข้อมูลของกรดไขมันอยู่น้อย ดังนั้น งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางเคมีกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันจากหอยทะเลสองฝาในฤดูกาลต่าง ๆ และปัจจัยด้านเพศ อายุ และฤดูกาล ที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในหอยแมลงภู่ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับหอยทะเลสองฝาในประเทศไทย

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาวิธีการเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมันที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างหอยทะเล 3 ชนิด ได้แก่ หอยแมลงภู่ หอยนางรม และหอยลาย

2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่และปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ เพศ อายุ และฤดูกาล

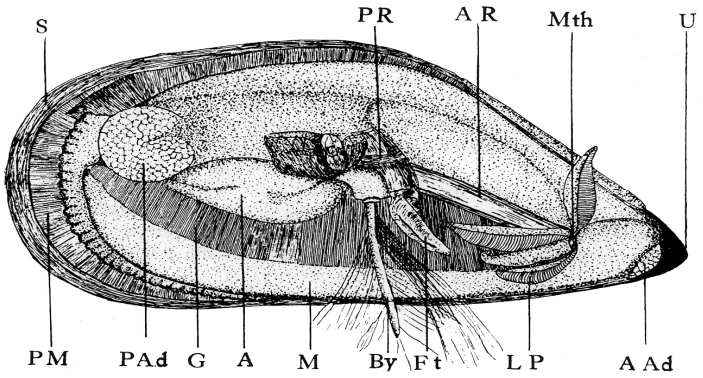
3. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบของกรดไขมันในหอยทะเลสองฝาขนาดที่จำหน่ายในท้องตลาด ในแต่ละฤดูกาล

การตรวจเอกสาร

1. หอยแมลงภู่

1.1 ลักษณะรูปร่างทั่วไป

หอยแมลงภู่ที่เลี้ยงในประเทศไทยมีสามัญว่า Green mussel ชื่อวิทยาศาสตร์ *Perna viridis* Linnaeus., 1758 อวัยวะภายในของหอยแมลงภู่แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะภายในของหอยแมลงภู่

A = abdomen; A Ad = anterior adductor mussel; AR = anterior retractor muscle; By = byssus; Ft = foot; G = gills; Lp = labial palps; M = mantle; Mth = mount; Pad = posterior adductor muscle; PM = pallial muscles; PR = posterior retractor muscles; S = shell; U = umbo

ที่มา: Quayle and Newkirk (1989)

หอยแมลงภู่จัดเป็นหอยสองฝา มีลำตัวอ่อนนุ่มอยู่ภายในเปลือก ลักษณะของเปลือกเป็นรูปยาวรีด้านหน้าเรียวยาวแหลม ด้านท้ายป้าน เปลือกทั้งสองข้างมีลักษณะเหมือนกันและมีขนาดเท่ากัน เปลือกด้านนอกมีสีเขียวอมน้ำตาลมีวงเป็นชั้นแสดงถึงการเจริญเติบโตของหอยในแต่ละปี เปลือกด้านในมีสีขาวขุ่นมันวาว ลำตัวหอยเป็นส่วนที่อ่อนนุ่มอยู่ภายในเปลือก ประกอบด้วยเยื่อหุ้มลำตัวคลุมอวัยวะภายในทั้งสองด้านซึ่งอยู่ติดกับฝาทั้งสองข้าง เมื่อพ้นระยะวัยอ่อนจะยึดติด

อยู่กับที่โดยไม่มีการเคลื่อนย้าย เท้าจึงมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับหอยชนิดอื่นๆ บริเวณฐานของเท้ามีต่อมสร้างเส้นใย (byssus gland) ที่หอยใช้ยึดเกาะกับหิน เสาไม้หรือวัสดุอื่นๆ ที่อยู่ในน้ำ เส้นใยดังกล่าวมีลักษณะเป็นเส้นสีน้ำตาลเหนียว เกิดจากสารประกอบของควิโนนแทนโปรตีน (quinine tanned protein) เหงือกขนาดใหญ่ยาวเท่ากับลำตัวหอย ภายในลำตัวหอยแมลงภู่มีหัวใจอยู่เหนืออวัยวะภายในเป็นระบบเลือดเปิด เลือดของหอยแมลงภู่จะไม่มีสี อวัยวะที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซคือเหงือก

1.2 นิเวศวิทยาของหอยแมลงภู่

ถิ่นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของหอยแมลงภู่ เป็นแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้ฝั่งบริเวณน้ำกร่อยและทะเลเปิด มีสภาพพื้นทะเลเป็นดินโคลน และดินโคลนปนทราย ซึ่งมีแพลงก์ตอนและสารอินทรีย์อุดมสมบูรณ์ มีตะกอนแขวนลอยต่ำ หอยแมลงภู่สามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมได้ในช่วงกว้าง

หอยแมลงภู่กินอาหารโดยการกรองอาหารจากน้ำทะเล กระแสน้ำจะพัดพาอาหารมายังแหล่งที่อยู่ของหอยแมลงภู่ ซึ่งหอยแมลงภู่เป็นสัตว์น้ำที่เคลื่อนที่ไปได้ช้ามากจึงจัดอยู่ในสัตว์จำพวกที่เกาะอยู่กับที่ ดังนั้นอาหารส่วนใหญ่จึงเป็นแพลงก์ตอน จำพวกพืชและสัตว์ขนาดเล็ก สิ่งเน่าเปื่อยจากพืชและสัตว์ (detritus) ที่ลอยอยู่ในน้ำ (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2536)

หอยแมลงภู่มีเพศแยก (dioecious) ในแหล่งธรรมชาติมีอัตราส่วนระหว่างเพศผู้และเมียเกือบเท่ากัน จากลักษณะภายนอกไม่สามารถแยกเพศได้ แต่สามารถแยกเพศได้จากลักษณะสีของเนื้อเยื่อภายในตัว โดยเพศเมียจะมีสีแดงหรือสีแสดส่วนเพศผู้จะมีสีขาวครีมหรือสีน้ำตาลอมเหลือง โดยขนาดของหอยที่สามารถสืบพันธุ์ได้ ในเพศเมียพบมีความยาวตั้งแต่ 21.3 มิลลิเมตรขึ้นไป ส่วนในเพศผู้พบตั้งแต่มีขนาดความยาว 23.9 มิลลิเมตร หรืออายุประมาณ 2 เดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและขนาดความอ้วนสมบูรณ์ของหอย (วันทนา, 2528; Vakily, 1989)

ฤดูกาลการวางไข่ของหอยแมลงภู่ในประเทศไทย ในแต่ละปีจะมีความแตกต่างกันบ้างขึ้นกับสถานที่และการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม หอยแมลงภู่สามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้เกือบตลอดปี แต่มีการวางไข่ในปริมาณสูงสุด 2 ช่วง โดยหอยแมลงภู่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกกับฝั่งทะเลตะวันตกมีฤดูการวางไข่ที่แตกต่างกันคือ หอยแมลงภู่ทางฝั่งตะวันออกฤดูวางไข่อยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง กรกฎาคม กับช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์ หอยแมลงภู่ฝั่ง

ตะวันตก พบช่วงฤดูกาลวางไข่ระหว่างเดือน มิถุนายน ถึง สิงหาคม กับช่วงระหว่างเดือน พฤศจิกายน ถึง มกราคม (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2536)

1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยแมลงภู่

การเจริญเติบโตของหอยแมลงภู่จะช้าหรือเร็วนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. อาหารจากธรรมชาติ อาหารของหอยแมลงภู่ส่วนใหญ่เป็นสัตว์และพืชขนาดเล็กที่เรียกว่า "แพลงก์ตอน" ซึ่งลอยปะปนอยู่ในน้ำทะเล หอยแมลงภู่จะกินโดยการดูดน้ำเข้าไปแล้วกรองเอาอาหารโดยใช้การโบกพัดของขนตามซี่เหงือก ถ้าบริเวณเลี้ยงหอยมีอาหารอุดมสมบูรณ์หอยจะเจริญเติบโตเร็ว

2. ความขุ่นของน้ำ ถ้าน้ำขุ่นมากตะกอนจะไปเกาะตามซี่เหงือกของหอย ทำให้ระบบหายใจและการกรองอาหารทำงานไม่ปกติ นอกจากนี้ยังมีผลทำให้แพลงก์ตอนที่เป็นอาหารของหอยแมลงภู่มีน้อยลง เนื่องจากไปบังแสงแดดซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสังเคราะห์แสง

3. ภาวะน้ำจืดไหลลงในทะเล เป็นผลให้น้ำทะเลมีความเค็มต่ำเป็นครั้งคราว ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของอาหารที่มีอยู่ลดลง ทำให้สภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป และถ้าหอยแมลงภู่อยู่ในน้ำที่มีความเค็มต่ำนานไปจะทำให้หอยชะงักการเจริญเติบโต อัตราการตายเพิ่มสูงขึ้นเป็นผลให้ได้ผลผลิตน้อยลง

4. ภาวะน้ำเสีย ภาวะน้ำเสียที่ผู้เลี้ยงหอยประสบมักเป็นน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วยสารพิษและโลหะหนักต่าง ๆ ถ้าแหล่งเลี้ยงหอยอยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรม หอยแมลงภู่จะได้รับสารพิษและโลหะหนักต่าง ๆ เหล่านี้ และทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้

5. ความเค็มของน้ำ หอยแมลงภู่จะเจริญเติบโตได้ในแหล่งน้ำกร่อยและน้ำเค็ม ความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยแมลงภู่จะอยู่ในช่วง 25-33 ppt ถ้าน้ำมีความเค็มสูงหรือต่ำกว่านี้จะเป็นผลให้อัตราการกรองอาหารของหอยแมลงภู่ช้าลง

6. ระยะเวลาที่หอยอยู่ในน้ำ หอยที่อยู่ในน้ำตลอดเวลาจะโตได้ดีกว่าหอยที่อยู่ในน้ำบางช่วงเวลา เนื่องจากหอยที่อยู่ในน้ำตลอดเวลาจะได้รับอาหารตลอดเวลา

7. กระแสน้ำและคลื่นลม หอยแมลงภู่เป็นหอยที่เกาะอยู่กับที่ดังนั้นต้องอาศัยกระแสน้ำที่ไหลเวียนอย่างช้าและสม่ำเสมอพัดพาอาหารธรรมชาติมาให้

8. อุณหภูมิของน้ำ บริเวณเลี้ยงหอยแมลงภู่ของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณที่เป็นอ่าวและชายฝั่งทะเล ซึ่งมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส แต่ในบาง

แหล่งที่เลี้ยงในเขตน้ำตื้น อุณหภูมิของน้ำจะสูงมากในช่วงเวลาเที่ยงถึงบ่าย โดยเฉพาะในช่วงหน้าร้อนเมื่อระดับน้ำทะเลต่ำสุด จะเป็นผลให้หอยแมลงภู่ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่สูงเป็นระยะเวลานานได้ จึงทำให้หอยมีอัตราการตายสูง

9. พื้นที่สำหรับการยึดเกาะ เมื่อหอยแมลงภู่มีขนาดโตขึ้นก็มีความต้องการพื้นที่ยึดเกาะเพิ่มขึ้นด้วย ถ้าหากหอยแมลงภู่มีปริมาณความหนาแน่นมาก หอยที่ตัวโตกว่าแข็งแรงกว่าจะเบียดหอยที่อ่อนแอกว่าร่วงหล่นไป นอกจากนี้ถ้าปริมาณหอยแมลงภู่ที่เกาะมีความหนาแน่นมากจะทำให้การเจริญเติบโตช้ากว่าในพื้นที่ที่มีปริมาณความหนาแน่นของหอยแมลงภู่ที่เหมาะสม

10. ศัตรูของหอยแมลงภู่ ศัตรูของหอยแมลงภู่ในธรรมชาติได้แก่ ปลา โดยเฉพาะพวกที่มีฟันแหลม เช่น ปลากระเบน นอกจากนี้ยังมีสัตว์กลุ่มอื่นๆ เช่น ดาวทะเล เม่นทะเล ปูใบ้ ส่วนสัตว์ที่แย่งที่อยู่ของหอยแมลงภู่ได้แก่ เพรียงหิน ฟองน้ำ เป็นต้น (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2536)

1.4 คุณค่าทางโภชนาการของหอยแมลงภู่

หอยแมลงภู่เป็นสัตว์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงเป็นอาหารโปรตีนที่มีคุณภาพดีร่างกายสามารถย่อยได้ง่าย มีไขมันต่ำ เป็นแหล่งของวิตามินและแร่ธาตุ ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการของหอยแมลงภู่นั้นจะมีความแปรปรวนและมีปริมาณที่ไม่แน่นอน ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น แหล่งที่อยู่อาศัย ฤดูกาล ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งอาหาร สายพันธุ์ เพศ ขนาด โดยเฉลี่ยหอยแมลงภู่ในประเทศไทยมีคุณค่าทางโภชนาการ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของหอยแมลงภู่ (green mussel) สด ส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม

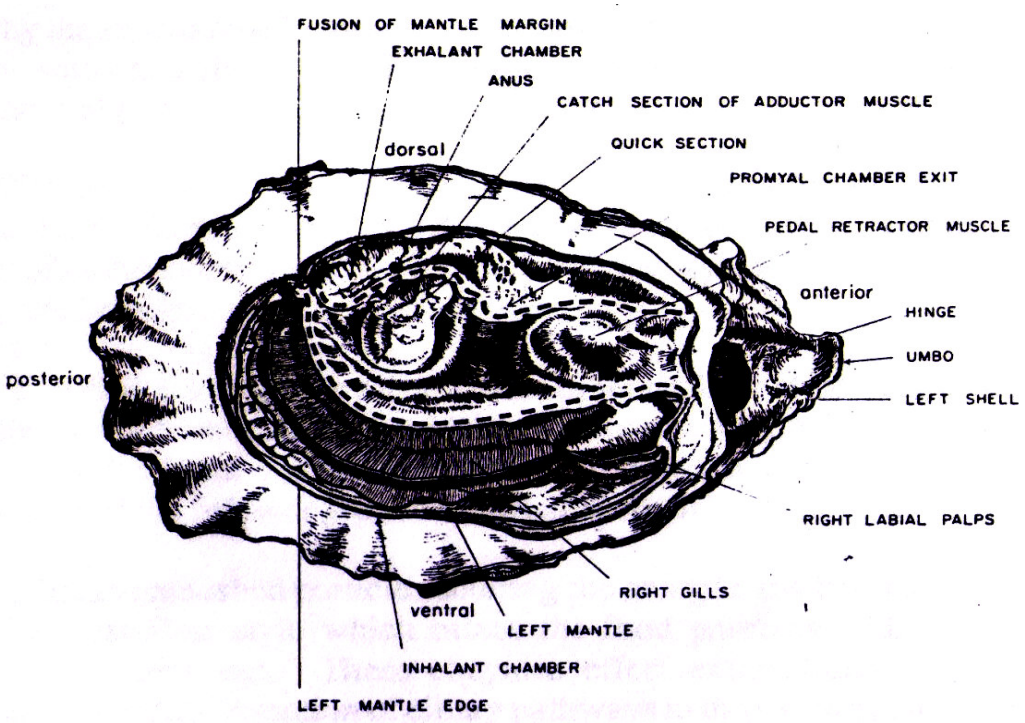
องค์ประกอบทางเคมี (กรัม)		วิตามิน (มิลลิกรัม)		เกลือแร่ (มิลลิกรัม)	
ความชื้น	82.4-87.6	ไทอามิน (B1)	0.02	แคลเซียม	26
โปรตีน	8.7-13.1	ไรโบฟลาวิน	0.18	ฟอสฟอรัส	184
ไขมัน	0.8-1.4	ไนอะซิน	1.9	เหล็ก	15.6
คาร์โบไฮเดรต	3.0	วิตามินซี	-		
เถ้า	2.4				

ที่มา: กองโภชนาการ (2544)

2. หอยนางรมปากจีบ

2.1 ลักษณะรูปร่างทั่วไป

หอยนางรมพันธุ์เล็กหรือปากจีบมีชื่อสามัญว่า Indian rock oyster, Bombay rock oyster ชื่อวิทยาศาสตร์ *Saccostrea forskali* Gmelin., 1791 อวัยวะภายในของหอยนางรมแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะภายในของหอยนางรม
ที่มา: Stenzel (1971)

ลักษณะเปลือกหอยนางรมมีความยาวและความสูงของเปลือกประมาณ 4 เซนติเมตร และ 6.5 เซนติเมตร ขอบเปลือกมีรอยหยักที่ไม่สม่ำเสมอ เปลือกซ้ายโค้งเป็นรูปถ้วย มีสีสันและร่อง ทำให้ขอบเปลือกมีลักษณะเป็นจีบ แอ่งใต้เปลือกค่อนข้างลึก เปลือกขวาแบน มีแผ่นเกล็ดตามขอบเปลือก ด้านในของเปลือกมีสีขาวคล้ำ ตามขอบเปลือกมีสีเข้ม รอยกล้ามเนื้อยึดเปลือกคล้ายรูปไต และส่วนมากมีเส้นสีน้ำตาลเข้มพาดตามแนวนอน มีปมขนาดเล็กเรียงเป็นแถวตามขอบเปลือก และอาจเห็นไม่ชัดเจน ตามขอบเปลือกด้านล่าง แผ่นขอบเปลือกแคบ บริเวณเปลือกที่ยึดติดไม่เต็ม

ทั้งเปลือกโดยมักจะใช้บริเวณใต้ขั้วเปลือก ยกเว้นในกรณีที่ติดอยู่ตามแหล่งที่มีคลื่นลมจัด บริเวณที่ยึดติดจะใช้เกือบทั้งเปลือก ทำให้เปลือกซ้ายแบน แอ่งใต้ขั้วเปลือกตื้น รอยหยักใต้ขั้วเปลือกไม่ชัด เกาะอยู่กับที่โดยเปลือกข้างซ้ายติดอยู่กับวัสดุแข็งดังนั้นเมื่อหอยลงเกาะแล้วไม่มีการเคลื่อนย้ายได้ตลอดชีวิต โดยทั่วไปเนื้อของหอยนางรมมีลักษณะขาวนวล และเต็มฝา (จรวย, 2543; สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, 2546)

2.2 นิเวศวิทยาของหอยนางรม

ถิ่นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของหอยนางรม อาศัยอยู่ทั้งในน้ำกร่อยและในทะเล พบชุกชุมบริเวณที่มีน้ำขึ้นน้ำลงอยู่เป็นประจำเช่น บริเวณที่ตื้น บริเวณปากแม่น้ำและลำคลอง ตามชายเกาะหรือชายฝั่งที่มีกระแสน้ำหมุนเวียนถ่ายเทดี

อาหารและนิสัยการกินอาหาร หอยนางรมกินอาหารโดยอาศัยการกรองจากเหงือกกรองอาหารจำพวกแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ขนาดเล็ก โดยมีขนเล็กๆ บนซี่เหงือกทำหน้าที่ส่งอาหารไปยัง labial palps แล้วจึงส่งต่อไปยังปากอีกทีหนึ่ง การย่อยอาหารของหอยนางรมมีลักษณะดังนี้

อาหารเข้าสู่ช่องปาก → หลอดอาหาร → กระเพาะอาหาร → ลำไส้เล็ก → ช่องทวาร

หอยนางรมจะมีเพศแยกกัน โดยสังเกตดูจากอวัยวะสืบพันธุ์ (gonad) ที่ปกคลุมอยู่รอบกระเพาะอาหาร โดยลักษณะของเซลล์สืบพันธุ์ของหอยนางรมเพศเมียจะมีลักษณะเป็นเม็ดค่อนข้างกลมและมีสีครีม ส่วนเซลล์สืบพันธุ์ของหอยนางรมเพศผู้มีลักษณะที่ละเอียดกว่าและมีสีขาวขุ่นคล้ายกับน้ำนม ยกเว้นในบางกรณีที่พบหอยที่มีทั้งสองเพศอยู่ในตัวเดียวคือ ทั้งไข่และน้ำเชื้อหรือมีการสลับเพศไปมา การเปลี่ยนแปลงเพศจะขึ้นกับสภาพแวดล้อมคือถ้ามีอาหารอุดมสมบูรณ์พบว่าหอยนางรมเพศผู้จะเปลี่ยนเป็นเพศเมีย ซึ่งในทางตรงข้ามถ้าอาหารลดน้อยลง หอยนางรมเพศเมียจะเปลี่ยนเป็นเพศผู้มาก อุณหภูมิก็มีส่วนในการเปลี่ยนแปลงสลับเพศในหอยนางรม (กมล, 2546; สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, 2546)

ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของหอยนางรม โดยธรรมชาติพบหอยมีความสมบูรณ์เพศและผสมพันธุ์ได้เกือบทั้งปี โดยฤดูกาลวางไข่ของหอยนางรมปากจีบในจังหวัดชลบุรี พบมาก 2 ช่วง คือ เดือนเมษายน ถึง มิถุนายน และกันยายน ถึง พฤศจิกายน ของทุก ๆ ปี ยกเว้นในช่วงฤดูฝนน้ำมี

ความเค็มต่ำหรือในช่วงที่หอยผอมหลังฤดูวางไข่ ซึ่งฤดูกาลวางไข่ของหอยนางรมในประเทศไทยจะต่างกันแล้วแต่สถานที่และแตกต่างกันในแต่ละปีด้วยขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะเรื่องความเค็มของน้ำ

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยนางรม

การเจริญเติบโตของหอยนางรมขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมดังต่อไปนี้

1. ความเค็ม หอยนางรมจะเจริญเติบโตในแหล่งน้ำที่มีความเค็มประมาณ 15-30 ppt ถ้าน้ำมีความเค็มสูงหรือต่ำกว่านี้ จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหอย โดยหอยนางรมจะมีอัตราการกรองอาหารช้าลงและเจริญเติบโตช้าไปด้วย

2. อาหาร อาหารส่วนใหญ่เป็นพวกไดอะตอมและแพลงก์ตอนพืช ดังนั้น ความอุดมสมบูรณ์ของอาหารจึงเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

3. อุณหภูมิของน้ำ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยนางรมอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส

4. สัตว์น้ำที่แย่งอาหาร โดยส่วนใหญ่หอยนางรมมีพฤติกรรมการดำเนินชีวิตเช่นเดียวกับหอยแมลงภู่ หอยกะพง เพรียง และฟองน้ำ ดังนั้นถ้าในแหล่งน้ำนั้นมีสัตว์น้ำเหล่านี้อยู่ในปริมาณมากเกินไป อาจทำให้ปริมาณของหอยนางรมลดลงหรือตายได้

5. โรคและปรสิตของหอยนางรม โรคที่ทำให้หอยนางรมตายเป็นจำนวนมากมีสาเหตุตั้งแต่สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ได้แก่ ไวรัส มีผลทำให้อวัยวะย่อยอาหารของหอยมีลักษณะซีด เชื้อรา ทำให้เกิดราขาวๆ บนเปลือกหอยทำให้การเจริญในลูกหอยเกิดการชะงัก (สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, 2546)

2.4 คุณค่าทางโภชนาการของหอยนางรม

หอยนางรมเป็นหอยสองฝาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นอาหารทะเลที่มีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับหอยชนิดอื่นๆ Malco *et al.* (2008) รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีในหอยนางรม (*Crassostrea gigas*) ขนาดบริโภค ประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 77.15, 11.52, 1.95 และ 2.72 ตามลำดับ สำหรับในประเทศไทย กองโภชนาการ กรมอนามัยได้รายงานคุณค่าทางโภชนาการของหอยนางรม แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของหอยนางรมสด ส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม

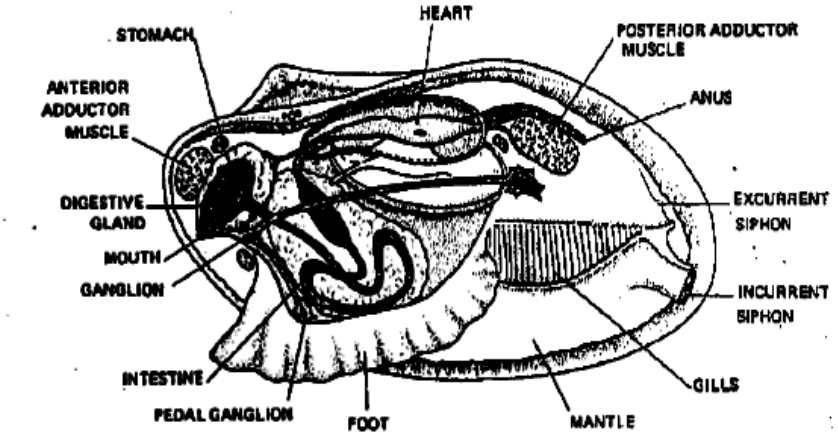
องค์ประกอบทางเคมี (กรัม)		วิตามิน (มิลลิกรัม)		เกลือแร่ (มิลลิกรัม)	
ความชื้น	82.7	ไทอามิน	0.22	แคลเซียม	98
โปรตีน	8.3	ไรโบฟลาวิน	0.22	ฟอสฟอรัส	109
ไขมัน	1.2	ไนอะซิน	1.9	สังกะสี	7.6
คาร์โบไฮเดรต	6.1	วิตามินซี	3		
เถ้า	1.7	วิตามินเอ (หน่วย I.U)	192		

ที่มา: กองโภชนาการ (2530)

3. หอยแครง

3.1 ลักษณะรูปร่างทั่วไป

หอยแครง มีชื่อสามัญว่า Cockle ชื่อวิทยาศาสตร์ *Anadara granosa* Linnaeus., 1758 อวัยวะภายในของหอยแครงแสดงในภาพที่ 3 หอยแครงเป็นสัตว์น้ำประเภทหอยสองฝา มีเปลือกแบนด้านข้าง เปลือกทั้งสองติดกันทางด้านบนด้วยลิกาเมนต์ (ligament) และมีฟันบานพับเปลือกแบบ taxodont ช่วยปิดไม่ให้เปลือกเคลื่อนไปมา ส่วนลำตัวจะมีแผ่นแมนเทิล (mantle) ขนาดใหญ่ปกคลุมอีกทีหนึ่ง ปากจะมีแผ่นเนื้อเยื่อ (labial palp) ทำหน้าที่ส่งอาหารเข้าปาก และมีเหงือกในการทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซและใช้ในการกินอาหาร ส่วนเปลือกมีลักษณะเป็นร่องลึก เนื้อมีสีน้ำตาลปนแดงซึ่งเป็นสีของฮีโมโกลบิน (haemoglobin)



ภาพที่ 3 ลักษณะภายในของหอยแครง
ที่มา: Dore (1991)

3.2 นิเวศวิทยาของหอยแครง

หอยแครงอาศัยอยู่ตามบริเวณชายฝั่งทะเล บริเวณน้ำกร่อยตามชายทะเลเขตร้อนและเขตอบอุ่น เป็นสัตว์ที่อยู่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลง ฝังตัวอยู่ตามพื้นที่ที่เป็นชายหาดโคลนหรือเลนละเอียด สามารถขยับหรือเคลื่อนย้ายจากแหล่งหนึ่งไปสู่อีกแหล่งหนึ่งได้ ทั้งในแนวดิ่ง และในแนวราบ โดยอาศัยกล้ามเนื้อยื่นออกมาช่วยในการขยับเคลื่อนที่และโดยการพัดพาของกระแสน้ำ

หอยแครงกินอาหารโดยการใช้เหงือกช่วยพัดโบกและกรองอาหารที่อยู่บริเวณผิวหน้าดิน เช่น ไรน้ำ ไดอะตอม จุลินทรีย์ทั้งพืชและสัตว์ พวกแพลงก์ตอนพืชและเศษสิ่งเน่าเปื่อย (detritus) ที่อาศัยอยู่ในเลนและในน้ำ เวลาหอยแครงดูดน้ำเข้าจะดูดผ่านช่องทางน้ำเข้า (incurrent siphon) ข้องลำตัว โดยไปปนกับน้ำเข้า และเหงือกเป็นส่วนช่วยพัดอาหารส่งไปยังริมฝีปาก ซึ่งมีหน้าที่ช่วยคัดเลือกขนาดของอาหารให้ผ่านเข้าไปปากและกระเพาะอาหาร อาหารจะถูกย่อยและซึมซับเพื่อการเจริญเติบโต (ขวัญฤทัย, 2537; กรมประมง, 2549)

หอยแครงเป็นหอยที่มีอวัยวะเพศแยกคนละตัว หรือบางครั้งมีอวัยวะที่อยู่ร่วมกันทั้งสองเพศในตัวเดียวกันซึ่งเรียกว่ากะเทยหรือเพศแฝง มีการสืบพันธุ์แบบแยกเพศ (dioeceous) ซึ่งหอยแครงที่มีอวัยวะแยกคนละตัวจะมีจำนวนมากกว่าหอยแครงที่เป็นเพศกะเทยเมื่อมีอวัยวะเพศสมบูรณ์จะปล่อยไข่และน้ำเชื้อออกมาผสมกันภายนอก (สุนันท์, 2528)

หอยแครงมีการวางไข่ผสมพันธุ์ตลอดปีและมีการวางไข่เป็นปริมาณสูง ในช่วงเวลาระหว่างเดือนมีนาคมถึงสิงหาคม โดยมีการวางไข่มากที่สุด ในเดือนกรกฎาคม สำหรับหอยแครงที่จังหวัดสมุทรสาครและเพชรบุรีมีการวางไข่ 2 ช่วงคือ ระหว่างเดือนมีนาคม-สิงหาคม และตุลาคม-ธันวาคม โดยมีขนาดตั้งแต่ 1.71 เซนติเมตรขึ้นไป ซึ่งฤดูกาลสืบพันธุ์และวางไข่จะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความเค็มของน้ำทะเล โดยหากความเค็มของน้ำทะเลลดลง เนื่องจากฤดูฝนจะมีส่วนกระตุ้นให้หอยแครงมีการวางไข่ หรือผลทางอ้อมจากฤดูฝนคือ ทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดลง ซึ่งจะช่วยกระตุ้นหอยอีกทางหนึ่ง (กรมประมง, 2536; ชุตินันท์, 2544)

3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยแครง

การเจริญเติบโตของหอยแครงขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมดังต่อไปนี้

1. ความเค็มของน้ำ หอยแครงจะเจริญเติบโตได้ดีในแหล่งน้ำกร่อยและจะต้องไม่เป็นแหล่งที่มีน้ำจืดที่ยาวนานเกินไป ไม่อยู่ในน้ำที่มีความเค็มจัดเกินไป เนื่องจากจะส่งผลต่อการกินอาหารของหอย ความเค็มที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตจะอยู่ในช่วง 10-30 ppt ถ้าน้ำมีความเค็มสูงหรือต่ำกว่านี้หอยจะทนทานหรือมีชีวิตอยู่ได้แค่เพียงระยะหนึ่งเท่านั้น

2. กระแสน้ำไหลและน้ำขึ้น-น้ำลง หากหอยแครงถูกกระทบกระเทือน จากกระแสน้ำไหล หอยจะไม่เปิดฝาเพื่อรับน้ำสำหรับกรองกินอาหารได้อย่างปกติ แหล่งน้ำตื้นในระยะน้ำลงหอยแครงที่อาศัยอยู่มีโอกาสเปิดฝาดูดน้ำเข้าเพื่อกรองกินอาหารในระยะเวลาที่น้อยกว่าหอยที่อยู่ในน้ำลึก ดังนั้นพื้นดินที่น้ำลงเกิน 6 ชั่วโมง มักไม่มีหอยอาศัยอยู่

3. สภาพของดิน หอยแครงจะอยู่ได้ในสภาพดินโคลนเท่านั้น เนื่องจากดินโคลนมีคุณสมบัติเป็นที่ฝังตัวของหอยเพื่อหลบศัตรู และการพัดพาของกระแสน้ำไหลและน้ำขึ้นน้ำลง ลักษณะดินที่มีดินทรายมากกว่าร้อยละ 60 หอยแครงอาจอยู่ได้เฉพาะช่วงใดช่วงหนึ่งเท่านั้น

4. ภาวะน้ำเสีย จากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วยสารพิษและโลหะหนักต่าง ๆ ถ้าแหล่งเลี้ยงหอยแครงอยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรม หอยแครงจะได้รับสารพิษและโลหะหนักต่าง ๆ เหล่านี้ และทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ (กรมประมง, 2536)

3.4 คุณค่าทางโภชนาการของหอยแครง

หอยแครง เป็นสัตว์น้ำทะเลชนิดหนึ่งที่มีค่าทางเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งเป็นที่รู้จักและนิยมบริโภคกันโดยทั่วไป เพราะมีรสชาติดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเป็นแหล่งของโปรตีน วิตามินและแร่ธาตุ แสดงคุณค่าทางโภชนาการของหอยแครง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของหอยแครงสด ส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม

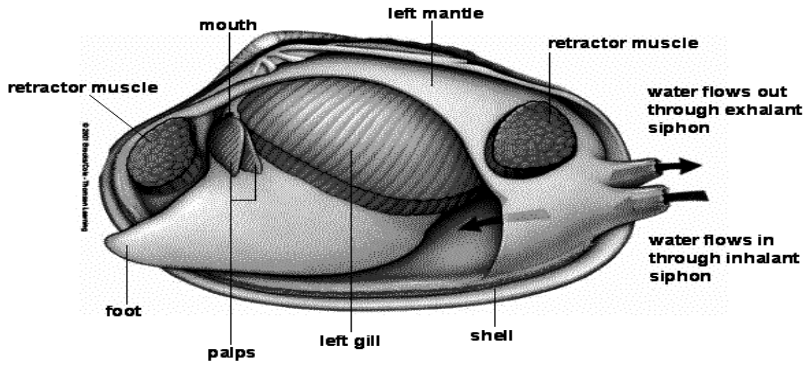
องค์ประกอบทางเคมี (กรัม)		วิตามิน (มิลลิกรัม)		เกลือแร่ (มิลลิกรัม)	
ความชื้น	79.8	ไทอามิน	0.12	แคลเซียม	134
โปรตีน	12.9	ไรโบฟลาวิน	0.28	ฟอสฟอรัส	128
ไขมัน	1.3	ไนอะซิน	1.7	เหล็ก	6.4
คาร์โบไฮเดรต	4.3	วิตามินซี	-		
เถ้า	1.6				

ที่มา: กองโภชนาการ (2544)

4. หอยลาย

4.1 ลักษณะรูปร่างทั่วไป

หอยลาย มีชื่อสามัญว่า Surf clam, Short-necked clam, Venus clam ชื่อวิทยาศาสตร์ *Paphia underlata* Born., 1778 หอยลายมีการจัดลำดับอนุกรมวิธานอยู่ใน Phylum Mollusca, Class Pelecypoda, Oder Eumellibranchia, Family Veneridae, Genus Paphia (กองประมงทะเล, 2535) อวัยวะภายในของหอยลายแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ลักษณะภายในของหอยลาย
ที่มา: Dore (1991)

หอยลายมีลักษณะสำคัญคือ มีเปลือกค่อนข้างบางแข็ง ฝาสองข้างมีขนาดเท่ากัน มีรูปร่างแบนรี เรียบเป็นเงา เป็นรูปไข่ เปลือกมีลวดลายสีน้ำตาลเข้ม ตัดกันเป็นแนวเฉียง พื้นสีเหลืองอมน้ำตาลหรือบางตัวจะเป็นสีน้ำตาลเทาอมดำ เปลือกด้านในสีขาว ริมเปลือกมีฟันอยู่ฝาละ 3 ซี่ (สถานีวิจัยประมงศรีราชา และภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, 2550)

4.2 นิเวศวิทยาของหอยลาย

ถิ่นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของหอยลาย ดินเลนชายทะเลใกล้ปากแม่น้ำ และบริเวณชายฝั่งทะเลที่เป็นโคลนน้ำลึกไม่เกิน 0.8 เมตร โดยขุดรูอยู่ใต้พื้นผิวลึกประมาณ 20 เซนติเมตร พบมากบริเวนจังหวัดชลบุรี บางปะกง สมุทรปราการ ตราด สุราษฎร์ธานี

อาหารและนิสัยการกินอาหาร หอยลายเป็นสัตว์น้ำที่กินอาหารโดยการกรองสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น แพลงก์ตอนพืช สาหร่ายเซลล์เดียว จุลินทรีย์ หรือตะกอนและซากพืช ซากสัตว์ขนาดเล็กที่ล่องลอยอยู่ในน้ำ และเป็นหอยชนิดเดียวที่ยังไม่มีการเลี้ยง หอยทั้งหมดได้จากการจับจากธรรมชาติ

หอยลายมีการสืบพันธุ์แบบแยกเพศ โดยเพศผู้สามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่เรียกว่าอสุจิ (spermatozoa) ส่วนเพศเมียสร้างรังไข่ (egg) ไข่ที่มีการผสมแล้วจะมีการแบ่งตัวและฟักออกเป็นตัวอ่อน

หอยลายมีการวางไข่ตลอดปี ช่วงที่วางไข่สูงสุดในรอบปีมี 2 ช่วง คือ ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง พฤศจิกายน และเมษายน ถึง พฤษภาคม ที่จังหวัดตราด ส่วนหอยลายในอ่าวไทยมีช่วงการวางไข่สูงสุด ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง สิงหาคม และเมษายน ถึง พฤษภาคม ทางฝั่งทะเลอันดามัน ช่วงที่วางไข่สูงสุดเป็นช่วงระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง ตุลาคม และมีนาคม ถึง พฤษภาคม หอยลายมีอัตราส่วนระหว่างเพศผู้ต่อเพศเมีย คือ 2:1 ขนาดเล็กที่สุดที่สืบพันธุ์ได้เฉลี่ยทั้งในเพศผู้และเพศเมียประมาณ 3.2 เซนติเมตร (กองประมงทะเล, 2535)

4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยลาย

การเจริญเติบโตของหอยลายขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมดังต่อไปนี้

1. ความเค็มของน้ำ หอยลายจะเจริญเติบโตได้ดีในแหล่งน้ำกร่อยบริเวณปากแม่น้ำ มีความเค็มเหมาะสมอยู่ในช่วง 15-30 ppt เป็นความเค็มที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต

2. สภาพของดิน หอยลายจะอยู่ได้ในสภาพดินโคลน เนื่องจากดินโคลนมีคุณสมบัติเป็นที่ฝังตัวของหอยเพื่อหลบศัตรูเช่นเดียวกับหอยแครง

3. พยาธิในหอยลาย ทำให้หอยลายผอมเนื่องจากขาดสารอาหาร และทำให้หอยตายได้ มักพบในธรรมชาติที่มีน้ำเน่าเสีย

4. ภาวะน้ำเสีย จากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วยสารพิษและโลหะหนักต่าง ๆ ถ้าหอยลายอาศัยบริเวณใกล้โรงงานอุตสาหกรรม หอยลายจะได้รับสารพิษและโลหะหนักต่าง ๆ ได้ (กองประมงทะเล, 2535)

4.4 คุณค่าทางโภชนาการของหอยลาย

หอยลายเป็นสัตว์ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งยังไม่มีการเพาะเลี้ยงในประเทศไทย ผลผลิตได้จากการจับหรือคราดจากแหล่งธรรมชาติ นิยมบริโภคกันโดยทั่วไป เพราะมีรสชาติดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเป็นแหล่งของโปรตีน และแร่ธาตุ Krzynowek and Murphy (1987) รายงานว่า องค์ประกอบทางเคมีในหอยลาย (*Saxidomus nuttalli*) จาก Alaska sea ประกอบด้วยความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 80.0, 13.0, 1.23 และ 1.7 ตามลำดับ สำหรับในประเทศไทย กองโภชนาการ กรมอนามัยได้รายงานคุณค่าทางโภชนาการของหอยลาย แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการของหอยลายสด ส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี (กรัม)		วิตามิน (มิลลิกรัม)		เกลือแร่ (มิลลิกรัม)	
ความชื้น	83.4	ไทอามิน	-	แคลเซียม	94
โปรตีน	9.0	ไรโบฟลาวิน	0.16	ฟอสฟอรัส	112
ไขมัน	0.4	ไนอะซิน	-	เหล็ก	5.7
คาร์โบไฮเดรต	4.9	วิตามินซี	2		

ที่มา: กองโภชนาการ (2530)

5. กรดไขมัน

กรดไขมัน (fatty acid) เป็นสารที่จัดอยู่ในพวกลิพิด (lipid) โดยลิพิดส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันหรืออนุพันธ์ของกรดไขมัน (derivertives of fatty acid) (สมสมร, 2540) ซึ่งโมเลกุลของกรดไขมันประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนสายยาวและหมู่คาร์บอกซิลิก (carboxylic, -COOH) โดยมักมีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่อยู่ระหว่าง 14 -24 อะตอมซึ่งจะพบกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอน 16-18 อะตอมมากในธรรมชาติ โดยมากสายไฮโดรคาร์บอนจะไม่มีการแตกกิ่งก้านสาขาออกไป (straight chain aliphatic monocarboxylic acid) มีสูตรโมเลกุลเป็น R-COOH โดย R- คือ หมู่อัลคิล (alkyl) ในโมเลกุลของกรดไขมันและหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) มีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิก จึงทำให้กรดไขมันสามารถแตกตัวออกได้เป็นประจุ (anionic carboxylate) และหมู่ R- มีสมบัติเป็น hydrophobic alkyl chain สามารถละลายในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดที่ไม่มีขั้ว จึงทำให้โมเลกุลของกรดไขมันมีทั้งส่วนที่ละลายในน้ำและน้ำมัน

การนับตำแหน่งคาร์บอนเพื่อบอกตำแหน่งพันธะคู่ในสายไฮโดรคาร์บอนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมี 2 วิธีคือ

1. นับจากปลายคาร์บอกซิล (carboxyl end, -COOH) และนับทุกตำแหน่งของคาร์บอนตัวแรกที่มีพันธะคู่ ใช้สัญลักษณ์การนับเป็น Δ (delta)

2. นับจากปลายเมทธิล (methyl end, -CH_3) ใช้สัญลักษณ์เป็น η หรือ n หรือ ω (โอเมก้า) และนิยมนับตำแหน่งคาร์บอนของพันธะคู่แรกเพียงตำแหน่งเดียวเท่านั้น เนื่องจากพันธะคู่ถัดๆ ไป จะห่างกัน 3 อะตอมคาร์บอนเสมอ

สำหรับไขมันและน้ำมันแต่ละชนิด ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีชนิดและปริมาณที่แตกต่างกันเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่ประกอบกันเป็นไขมันและน้ำมัน แบ่งออกได้เป็น

1. กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acids) เป็นกรดไขมันที่พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด มีสูตรทั่วๆ ไปเป็น $C_n H_{2n} O_2$ ไม่สามารถรับไฮโดรเจนอื่นได้อีก กรดไขมันอิ่มตัวจะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่ 25 องศาเซลเซียส ไขมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณมากจะแข็งตัวเป็นไขมันแข็ง (fat) ในขณะที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณมากจะเป็นไขมันเหลวหรือน้ำมัน

2. กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลบางตำแหน่งและมีการเรียงตัวเป็น *cis*-configuration ส่วนน้อยพบในรูป *trans* (การเรียงตัวของไฮโดรคาร์บอนตรงบอนคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันแบบ *trans* และ *cis* จะต่างกันที่มีแขนเป็นมุมต่างกัน) การที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลทำให้สามารถเติมไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้อีก กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตามจำนวนของพันธะคู่ได้ดังนี้

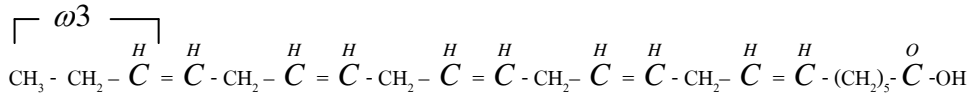
- Monounsaturated (Monoethenoid) Fatty Acid (MUFA) เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลเพียง 1 ตำแหน่ง มีสูตรทั่วไปทางเคมีเป็น $C_n H_{2n-1} COOH$ ตัวอย่างเช่น กรดโอเลอิก (oleic acid) กรดปาล์มิโตเลอิก (palmitoleic acid) กรดไขมันทั้ง 2 ชนิดนี้ พบได้ในไขมันและน้ำมันทั่วๆ ไป
- Polyunsaturated (Polyethenoid) Fatty acid (PUFA) เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 ตำแหน่ง ส่วนใหญ่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล 18 – 22 อะตอม และมีพันธะคู่ 2 – 6 ตำแหน่ง พบมากในน้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์ทะเล (นิธิยา, 2548)

5.1 กรดไขมันจำเป็น (essential fatty acids)

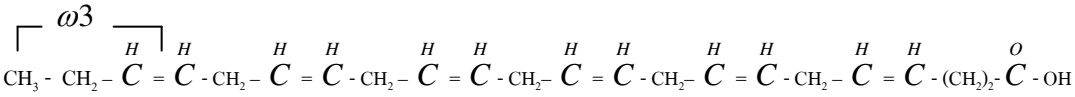
กรดไขมันจำเป็น (essential fatty acids) เป็นกรดไขมันที่ต้องได้รับจากอาหาร มีความสำคัญต่อร่างกาย เก็บสะสมไว้และเป็นส่วนประกอบของเมมเบรน ของเซลล์เช่นเดียวกับกรดไขมันอื่นๆ ได้แก่ linoleic acid (C18:2 ω 6) α – linolenic acid (C18:3 ω 3) γ-linolenic acid (18:3 ω 6) eicosatrienoic acid (20:3 ω 3) eicosatetraenoic acid (20:4 ω 3) arachidonic acid (20:4 ω 6) eicosapentaenoic acid (20:5 ω 3) หรือ EPA และ docosahexaenoic acid (22:6 ω 3) หรือ DHA และอื่นๆ เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acid; PUFA) (Nettleton, 1995) แต่กรดไขมันจำเป็น 2 ชนิด ได้แก่ linolenic acid (C18:2 ω 6) α – linolenic acid (C18:3 ω 3) มีบทบาทสำคัญในการสลายให้ได้พลังงาน เพราะสามารถออกซิไดส์ได้เร็วกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids; SFA) และกรดไขมันสายปานกลางที่ไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (monounsaturated fatty acid; MUFA) และเร็วกว่า PUFA ตระกูล ω 6 และ ω 3 ที่สร้างจากกรดไขมันจำเป็น (นัยนา, 2546)

โครงสร้างทางเคมีของ EPA ประกอบด้วยคาร์บอน 20 อะตอม และมีตำแหน่งพันธะคู่ 5 พันธะ) ที่ตำแหน่ง 5, 8, 11, 14 และ 17 เมื่อนับจากปลายคาร์บอกซิล (carboxyl end) และมีพันธะคู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 เมื่อนับจากปลายด้านเมทธิล ส่วน DHA เป็นกรดไขมันที่ประกอบด้วยคาร์บอน 22 อะตอม และมีตำแหน่งพันธะคู่ 6 พันธะ ที่ตำแหน่ง 4, 7, 10, 13, 16 และ 19 เมื่อนับจากปลายด้านคาร์บอกซิล และมีพันธะคู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 เมื่อนับจากปลายด้านเมทธิล ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งได้จัดไขมันในลักษณะนี้ว่าเป็นกลุ่มกรดไขมันโอเมก้า-3 (Chow, 2000)

Nettleton (1995) รายงานว่าในน้ำมันจากสัตว์ทะเลมีกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 ประมาณ 7 ชนิด แต่มีเพียง 2 ชนิด ที่มีความสำคัญคือ eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) แหล่งที่สำคัญของ EPA และ DHA คือ อาหารทะเลและน้ำมันจากสัตว์ทะเลเหตุที่น้ำมันจากสัตว์ทะเลเป็นแหล่งที่สำคัญของ EPA และ DHA เนื่องจากในห่วงโซ่อาหาร (food chain) พวกแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) จะสังเคราะห์สารพวกนี้ได้ ต่อมาแพลงก์ตอนพืชจะถูกกินโดยแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) หรือสัตว์น้ำ ทำให้เกิดการสะสมของ EPA และ DHA เมื่อคนบริโภคสัตว์น้ำหรือน้ำมันจากสัตว์ก็จะได้ EPA และ DHA



Eicosapentaenoic (20:5 $\omega 3$ หรือ EPA)



Docosahexaenoic (22:6 $\omega 3$ หรือ DHA)

ภาพที่ 5 โครงสร้างทางเคมีของกรดไขมัน EPA และ DHA
ที่มา: Ackman (2000)

5.2 ประโยชน์ของกรดไขมันโอเมก้า-3 ด้านสุขภาพของมนุษย์

มีการศึกษาทดลองมากมายเกี่ยวกับกรดไขมันโอเมก้า-3 รายงานทางการแพทย์ส่วนใหญ่พบว่ามีผลต่อการป้องกันและการรักษาโรค ผลของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 PUFA ชนิด EPA และ DHA มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้แก่

1. ช่วยควบคุมระดับคอเลสเตอรอลที่สะสมบริเวณผนังหลอดเลือดที่ทำให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (atherosclerosis)

2. ช่วยลดการเกิดลิ่มเลือดอุดตันในเส้นเลือด (thrombosis) ทำให้เลือดไหลเวียนได้ดีขึ้น

3. ช่วยบรรเทาอาการความดันโลหิตสูง (high blood pressure) เกิดจากสาเหตุที่หลอดเลือดแดงแคบหรือการหดตัวของหลอดเลือดเล็กลง ทำให้เลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ได้ช้าลง

4. ลดความถี่และความรุนแรงของอาการปวดศีรษะไมเกรน (migraine headache)

5. ลดอาการอักเสบ ปวดบวมของโรคครูมาตอยด์หรือโรคไขข้ออักเสบ

6. ยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งไปยังส่วนอื่นๆ ของร่างกายได้ เช่น การป้องกันมะเร็งเต้านม (breast cancer) มะเร็งต่อมลูกหมากและมะเร็งลำไส้ใหญ่ (prostate and colon cancer)

7. เสริมสร้างพัฒนาการทางด้านสมองในเด็ก บำรุงสมองและระบบประสาท ช่วยในเรื่องของความจำป้องกันความจำเสื่อมในผู้สูงอายุ (Alzheimer's) (สมพงศ์, 2540; Kinsella, 1987; Lees and Kerel, 1990; Shahidi and Finley, 2001; Cleland, *et al*., 2003)

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 ปัจจัยด้านฤดูกาลและการวางไข่

Dridi *et al.* (2007) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางชีวเคมีของหอยนางรม *Crassostrea gigas* จากเดือนกุมภาพันธ์ 2002 ถึง มกราคม 2003 รายงานว่า ในฤดูใบไม้ผลิ (มีนาคม ถึง กันยายน) เป็นช่วงที่หอยนางรมอยู่ในระยะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และระยะเซลล์สืบพันธุ์สุก หอยนางรมมีความสมบูรณ์เพศมากที่สุดของปี มีการเก็บสะสมพลังงานภายในไข่ ซึ่งประกอบด้วยไปไขมันและไกลโคเจนในปริมาณสูง (6.5 และ 6.67 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนังแห้ง) และมีปริมาณลดลงภายหลังจากการวางไข่ในฤดูร้อน

Orban *et al.* (2006) ได้ศึกษาปริมาณกรดไขมันจากไขมันที่สกัดจากหอยลาย (*Chamelea gallina*) ในทะเลแอตแลนติก ระหว่างเดือนมิถุนายน 2002 ถึง กรกฎาคม 2003 พบว่า มีปริมาณของ PUFA (41.6-48.1 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด) สูงกว่า SFA และ MUFA ตลอดทั้งปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณของ EPA และ DHA (8.16-20 และ 12.6-20.3 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ) ซึ่งในเดือนกันยายน2002 และ กรกฎาคม 2003 พบว่า หอยมีค่าดัชนีความสมบูรณ์และปริมาณไขมันทั้งหมดลดลง เนื่องจากมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงนี้ทำให้หอยผอม นอกจากนี้ยังเกิดจากอิทธิพลของแหล่งอาหารที่มีจำนวนแพลงก์ตอนน้อยในช่วงนั้นด้วย

Mclean and Bulling (2005) ศึกษาผลของฤดูกาลต่อปริมาณของไขมันและ fatty acids profile ของหอย 3 ชนิดได้แก่ greenshell mussel blue mussel และ rock oyster พบว่า ฤดูกาลมีผลต่อปริมาณไขมันและกรดไขมันของหอย greenshell mussel และ rock oyster โดยใน greenshell mussel ปริมาณของไขมันในฤดูร้อนมีสูงกว่าฤดูหนาวซึ่งอาจเกิดจากหอยมีการเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ในช่วงการวางไข่ ส่วน rock oyster นั้นมีปริมาณของ EPA และ DHA ต่ำในฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน ส่วน blue mussel พบว่า ปริมาณไขมันในแต่ละฤดูกาลไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ระดับของ

EPA และ DHA ลดลงอย่างเห็นได้ชัดจากฤดูร้อนไปจนถึงฤดูใบไม้ร่วงซึ่งเป็นช่วงวางไข่ จากผลการศึกษาอาจสรุปได้ว่าในช่วงฤดูกาลวางไข่มีผลทำให้ปริมาณ EPA และ DHA ต่ำ

Chan *et al.* (2004) ศึกษาปริมาณกรดไขมันในหอยแมลงภู่ทางชายฝั่งทะเลตะวันออกของประเทศฮ่องกง พบว่า มีปริมาณกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า-3 สูง ได้แก่ DHA และ EPA สูงกว่าในหอยแมลงภู่นิวซีแลนด์ถึง 38% และ 18% ตามลำดับ และสูงกว่าในหอยสองฝาชนิดอื่นๆ ประมาณ 11.5-15.6% และ 4.5-12.2% ตามลำดับ องค์ประกอบของกรดไขมันนี้มีความสัมพันธ์กับฤดูผสมพันธุ์ของหอยซึ่งอยู่ในช่วงเดือนเมษายน กล่าวคือ หอยชนิดนี้มีการเก็บสะสมไขมันก่อนฤดูสืบพันธุ์และฤดูวางไข่

Surh *et al*. (2003) ศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันของหอยชนิดต่างๆ ในประเทศเกาหลี พบว่า อัตราส่วนของกรดไขมันโอเมก้า-3 กลุ่ม EPA และ DHA ในหอยสองฝาโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปีมีปริมาณมากกว่า 20% ของกรดไขมันทั้งหมด และปริมาณของกรดไขมันในเดือนมิถุนายน ถึง ตุลาคม หอยส่วนใหญ่มีปริมาณกรดไขมันโอเมก้า- 3 สูงสุด (16.1-45.9%) และมีปริมาณของ EPA และ DHA ประมาณ 5.0-26.1% และ 6.3-30.4% ตามลำดับ ซึ่งตรงกับฤดูร้อนเป็นช่วงก่อนการวางไข่

Galap *et al.* (1999) ศึกษาผลของฤดูกาลต่อปริมาณของกรดไขมันในตัวอย่างเนื้อเยื่อต่างๆ ของหอยแครงเพศเมีย (female dog cockle) (*Glycymeris glycymeris* L.*,* Mollusca, Bivalvia) ตั้งแต่เดือน มกราคม 1994 ถึง ธันวาคม 1995 พบว่า ในเนื้อเยื่อทุกส่วน พบ ปริมาณของ SFA เป็นส่วนใหญ่ รองลงมาเป็น PUFA และพบปริมาณของ MUFA ต่ำที่สุด โดยปริมาณของ SFA ในส่วนเท้า พบมากในฤดูหนาว และในส่วนของ visceral mass มีปริมาณมากในช่วงก่อนการวางไข่ของทุกปีในเดือนเมษายนและพฤษภาคม นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณแพลงก์ตอนอีกด้วย

Linehan *et al*. (1999) ศึกษาผลของฤดูกาลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างหอยนางรม (pacific oysters; *Crassostrea gigas*) ที่เลี้ยงบริเวณอ่าว Cork Harbour เป็นเวลา 13 เดือน พบว่า หอยมีปริมาณของกรดไขมันโอเมก้า-3 สูง โดยเฉพาะ C18:3 C20:5 และ C22:6 ตลอดระยะของการเลี้ยง ยกเว้นในฤดูสืบพันธุ์วางไข่ ในเดือนสิงหาคม และกันยายน หอยมีปริมาณกรดไขมันกลุ่มนี้ลดลง เนื่องจากหอยมีการสูญเสียกรดไขมันไปกับการวางไข่

6.2 ปัจจัยด้านขนาดและเพศ

Taylor and Savage (2006) ศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในหอยแมลงภู่นิวซีแลนด์ (New Zealand green-lipped mussel, *Perna canaliculus*) พบว่า ขนาดมีผลต่อความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยหอยที่มีขนาดใหญ่ (ความยาวเปลือก 85.5 มิลลิเมตร) มีปริมาณของกรดไขมันโอเมก้า-3 กลุ่ม EPA และ DHA สูงกว่าหอยที่มีขนาดเล็กประมาณ (ความยาวเปลือก 44 มิลลิเมตร) จากการเก็บวิเคราะห์ตัวอย่างในฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน พบว่า ปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-3 ได้แก่ EPA และ DHA ในหอยแมลงภู่ขนาดใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเพศผู้และเพศเมีย อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากแหล่งของอาหารจำพวกสาหร่ายเซลล์เดียวมีปริมาณสูงในช่วงฤดูใบไม้ผลิถึงฤดูร้อน มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 มีปริมาณสูงใกล้เคียงกันทั้งในเพศผู้และเพศเมีย

6.3 ปัจจัยด้านอุณหภูมิ

Martino *et al*. (2004) ศึกษาปริมาณของกรดไขมันในหอยนางรม (*Crassostrea rhizophorae*) ตลอดระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน ถึงตุลาคม พบว่า หอยนางรมมีปริมาณไขมันทั้งหมดต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสันนิฐานว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันเกิดจากความผันแปรจากอุณหภูมิของน้ำ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลงมีผลทำให้ปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูหนาว EPA และ DHA (10.2 และ 4.9 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ) สูงกว่าในช่วงฤดูร้อน (4.5 และ 2.6 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ) เนื่องจากน้ำที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้หอยหยุดการกินอาหารทำให้หอยขาดสารอาหาร

6.4 ปัจจัยด้านอาหาร

Taylor and Savage (2006) ศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในหอยแมลงภู่นิวซีแลนด์ *P. canaliculus* พบว่า ปริมาณของ PUFA ส่วนใหญ่ (มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์) ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งอาหาร เช่น ไดอะตอม (diatom) แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ในฤดูใบไม้ผลิองค์ประกอบของกรดไขมันโอเมก้า-3 มีปริมาณสูงทั้งในหอยขนาดเล็กและหอยขนาดใหญ่ซึ่งสัมพันธ์กับช่วงที่มีแพลงก์ตอนพืชหนาแน่น

Chan *et al.* (2004) รายงานว่า ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณกรดไขมันในหอยแมลงภู่ทางชายฝั่งทะเลตะวันออกของประเทศฮ่องกง เกิดจากการใช้ประโยชน์จากพืชและสัตว์ขนาดเล็ก เช่น ไดอะตอม (diatom) ไดโนแฟลกเจลเลท (dinoflagellate) และแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) ที่ลอยอยู่ในน้ำเป็นอาหาร พบว่าในเขต Tolo Harour ในระยะเวลา 5 ปีที่ผ่านมามีปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่อุดมสมบูรณ์ จึงทำให้มีปริมาณของกรดไขมันสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

1.1 หอยแมลงภู่ (*Perna viridis* Linnaeus., 1758) อายุ 3-8 เดือน และขนาดที่เก็บเกี่ยวเพื่อจำหน่ายในท้องตลาด ที่เลี้ยงบนทุ่นลอยน้ำจากแปลงวิจัยในทะเลของสถานีวิจัยประมงศรีราชา เก็บและขนส่งตัวอย่างในสภาพที่ยังมีชีวิต

1.2 หอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea forskali* Gmelin., 1791) ขนาดที่จำหน่ายในท้องตลาด ซื้อจากแหล่งเลี้ยง ต. อ่างศิลา อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี เก็บและขนส่งตัวอย่างในสภาพที่ยังมีชีวิต

1.3 หอยแครง (*Anadara granosa,* Linnaeus., 1758) ขนาดที่จำหน่ายในท้องตลาด จากตลาดสดในเขตกรุงเทพมหานคร มาจากแหล่งเลี้ยงที่ ต. คลองด่าน อ. บางบ่อ จ. สมุทรปราการ เก็บและขนส่งตัวอย่างในสภาพที่ยังมีชีวิต

1.4 หอยลาย (*Paphia underlata* Born., 1778) ขนาดที่จำหน่ายในท้องตลาด จากตลาดสดในเขตกรุงเทพมหานคร มาจากแหล่งเลี้ยงที่ ต. คลองด่าน อ. บางบ่อ จ. สมุทรปราการ เก็บและขนส่งตัวอย่างในสภาพที่ยังมีชีวิต

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลด้านลักษณะทางเคมีกายภาพ

2.1 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier caliper)

2.2 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง Sartorius 1219 MP

2.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิน้ำ (Multi-parameter)

2.4 เครื่องมือวัดความโปร่งแสง (Secchi disc) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม.

2.5 เครื่องวัดความเค็มน้ำ (Multi-parameter)

2.6 เครื่องมือวัดความลึกของน้ำทะเล (Multi-parameter)

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.1 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง Precisa 240A

3.2 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) Ohaus 6010H

3.3 เครื่องย่อยโปรตีน Buchi 435

3.4 เครื่องกลั่นโปรตีน (Kjeldahl nitrogen apparatus) Buchi 323

3.5 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน Soxtex system Ht 1043

3.6 เตาเผาอุณหภูมิสูง (muffle furnace) Phoenix Furnaces Model Beta 5

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์กรดไขมัน

4.1 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง Precisa 240A

4.2 เครื่อง homogenizer (LKA R 104 basic)

4.3 เครื่องเหวี่ยงแยกหนีศูนย์กลาง (centrifuge) (Labofuge 200, Hereaus)

4.4 เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (rotary evaporator) (BUCHI Rotavapor R-124)

4.5 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) (Memmert WB14, Germany)

4.6 vortex mixer (Torika mixer)

4.7 เครื่อง gas chromatography (GC-17A, Shimadzu, Japan) และคอลัมน์ DB-WAX column 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25-0.35 มิลลิเมตร เคลือบภายในด้วยแผ่นฟิล์มหนา 0.25 ไมโครเมตร

5. อุปกรณ์อื่นๆ

5.1 ตู้แช่เยือกแข็ง (freezer) อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

5.2 ตู้แช่เย็น อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส

5.3 เครื่องแก้วที่จำเป็นในการวิเคราะห์

6. สารเคมี

6.1 สารเคมีสำหรับการสกัดไขมันตามวิธีของ Bligh and Dyer (1959)

- คลอโรฟอร์ม (Chloroform)

- เมทานอล (methanol)
- โซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส (sodium sulphate anhydrous)

6.2 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันตามวิธีของ AOCS Official Method Ce 1b-89 (1997)

- กรดไขมันมาตรฐาน C23:0 methyl ester
- กรดไขมันที่ใช้ในการอ้างอิง menhaden oil (GLC reference standard)
- ไอโซออกเทน (Isooctane)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)
- เมทธิลแอลกอฮอล์ (Methyl alcohol)
- โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride)
- โบรอนไตรฟลูออไรด์ (BF_3) 14% ในเมทานอล
- ก๊าซไนโตรเจนสำหรับระเหยตัวทำละลาย (99.995 % pure)

6.3 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันตามวิธีของ Holub and Skeaff (1987)

- กรดซัลฟูริก 6% ในเมทานอล
- ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)
- เฮกเซน (hexane)

6.4 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธี Kjeldahl method (AOAC, 1995) ได้แก่ selenium mixture, Conc. H_2SO_4, NaOH 32.0 %, boric acid 2.0 %, mixed indicator และ 0.1 N H_2SO_4

6.5 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีของ AOAC (2000) ได้แก่ petroleum ether

7. เครื่องประมวลผลข้อมูล

7.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

7.2 เครื่องคำนวณ

วิธีการ

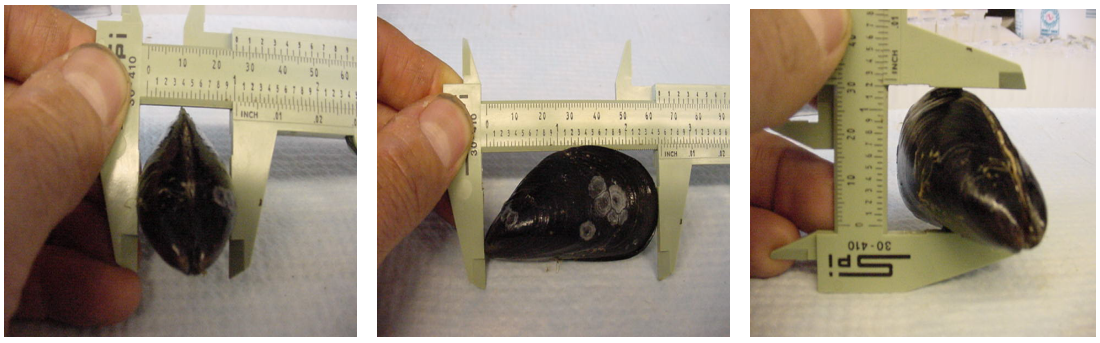
1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของหอยทะเลสองฝา

1.1 ลักษณะทางกายภาพของหอยแมลงภู่ที่แปรอายุ

เก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่ที่เลี้ยงบนทุ่นลอยน้ำที่แยกเฉพาะการทดลองนี้ ณ สถานีวิจัยประมงศรีราชา อายุ 3-8 เดือน เริ่มเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2550 ถึง เมษายน 2551 นำมาบันทึกข้อมูลลักษณะทางกายภาพโดยการวัดขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง ชั่งน้ำหนักทั้งตัวและน้ำหนักเนื้อหอย และคำนวณเปอร์เซ็นต์เนื้อหอย ใช้ตัวอย่างจำนวน 20 ตัว

การคำนวณเปอร์เซ็นต์เนื้อหอย

เปอร์เซ็นต์เนื้อ = (น้ำหนักเนื้อหอยสด × 100)/ น้ำหนักหอยทั้งตัว



ความกว้าง (ซม.) ความยาว (ซม.) ความสูง (ซม.)

ภาพที่ 6 การวัดขนาดของหอยแมลงภู่

1.2 ลักษณะทางกายภาพของหอยทะเลสองฝาขนาดที่จำหน่ายในท้องตลาด (ขนาดบริโภค)

เก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่ หอยนางรม หอยแครง และหอยลาย นำมาวัดขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง ชั่งน้ำหนักทั้งตัว น้ำหนักเนื้อหอย และคำนวณเปอร์เซ็นต์เนื้อหอย เช่นเดียวกับข้อ 1.1 จำนวน 40 ตัว เริ่มเก็บตัวอย่างทุก 2 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2550 จนถึงกันยายน 2551 โดยแบ่งช่วงเวลาตามฤดูกาลเป็น ฤดูหนาว (พฤศจิกายนและมกราคม) ฤดูร้อน (มีนาคมและพฤษภาคม) และฤดูฝน (กรกฎาคมและกันยายน)

2. การศึกษาลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำบริเวณแปลงเลี้ยงหอยแมลงภู่

วิเคราะห์คุณภาพน้ำทะเลบริเวณแหล่งเลี้ยง ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความโปร่งแสง และความลึก ตามวิธีมาตรฐานของ APHA, AWWA และ WEF (2000) ทุก 2 สัปดาห์ นำข้อมูลมาประมวลและเฉลี่ยค่าตามฤดูกาล

3. การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกรดไขมัน

นำตัวอย่างหอยสดแต่ละชนิดมาล้างทำความสะอาดกำจัดเพรียง และดินโคลนออก แกะเนื้อหอยแยกออก สำหรับการแยกเพศ สามารถทำได้ดังนี้

3.1 หอยแมลงภู่ สามารถแยกเพศได้โดยสังเกตจากสีของเนื้อเยื่อภายในลำตัวในช่วงที่หอยเจริญพันธุ์เต็มที่ เพศเมียจะมีสีแดงอิฐหรือสีแสดส่วนเพศผู้จะมีเนื้อสีขาวครีมหรือเหลืองอ่อน

3.2 หอยนางรมปากจีบ แยกเพศเบื้องต้นโดยใช้แผ่นสไลด์กดบริเวณต่อมเพศ โดยเพศเมียจะมีลักษณะเป็นเม็ดค่อนข้างกลมและมีสีครีม ส่วนเซลล์สืบพันธุ์ของหอยนางรมเพศผู้มีลักษณะที่ละเอียดกว่าและมีสีขาวขุ่นคล้ายกับน้ำนม

3.3 หอยลายและหอยแครง ในการทดลองนี้ไม่ได้แยกเพศ เนื่องจากไม่สามารถใช้วิธีเบื้องต้นได้ จำเป็นต้องใช้เทคนิคที่ซับซ้อนและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ช่วยในการแยกความแตกต่างของเพศ

นำตัวอย่างเนื้อหอยมาสับให้ละเอียดบรรจุลงในถุงพลาสติก เก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

4. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหอยทะเลสองฝา

นำตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 3 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธีของ AOAC (2000) ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้จากการหักลบ

5. การวิเคราะห์กรดไขมัน

5.1 การคัดเลือกวิธีการเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมันที่เหมาะสม ใช้ตัวอย่างหอยทะเล 3 ชนิด ได้แก่ หอยแมลงภู่ หอยนางรม และหอยลาย

5.1.1 วิธีการสกัดและเตรียมอนุพันธ์ แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

วิธีการที่ 1 การสกัดไขมัน ดัดแปลงตามวิธีของ Bligh and Dyer (1959) และการเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมัน ตามวิธีของ AOCS (1997) หรือในงานวิจัยนี้จะเรียกย่อว่า “วิธี AOCS” แสดงดังภาพที่ 7

ก. การสกัดไขมัน ชั่งตัวอย่าง 100 ± 0.01 กรัม สกัดด้วยสารละลายอินทรีย์ คลอโรฟอร์ม : เมทานอล (1:2) ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ปั่นผสมเป็นเวลา 2-3 นาที เติมคลอโรฟอร์ม 100 มิลลิลิตร ปั่นผสมแล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นปั่นแยกที่ความเร็วรอบ 7,000-8,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที เพื่อให้เกิดการตกตะกอนของของแข็ง แยกเอาชั้นของคลอโรฟอร์มที่เป็นส่วนของเหลวใสสีเหลืองใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียว เติมโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสแล้วกรองแยกส่วนใสใส่ขวดก้นกลมระเหยคลอโรฟอร์มออกด้วย rotary evaporator จนกระทั่งเหลือแต่น้ำมัน นำน้ำมันที่ได้ไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ข. การเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมัน การทำให้กรดไขมันอยู่ในรูปของ methyl ester (derivatization) ก่อนวิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมัน โดยชั่งกรดไขมันมาตรฐาน คือ C23:0 methyl ester (internal standard; IS) ปริมาณ 25 ± 0.1 มิลลิกรัม ปรับปริมาตรด้วยไอโซออกเทนผสมให้เข้ากัน ปิเปตสารละลาย IS ปริมาณ 1 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดทดลองฝาเกลียวและระเหยตัวทำละลายออก (เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หากไม่มีการใช้ทันที) ชั่งน้ำมันที่ได้จากข้อ 2.1 (ก) ปริมาณ 25 ± 0.1 มิลลิกรัม ลงในหลอดทดลองที่มี IS อยู่ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 นอร์มอล ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร พ่นด้วยก๊าซไนโตรเจนปิดฝาผสมให้เข้ากันและให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เติมสารโบรอนไตรฟลูออไรด์ 14% ในเมทานอล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร พ่นด้วยก๊าซไนโตรเจนปิดฝาผสมให้เข้ากันและให้ความ

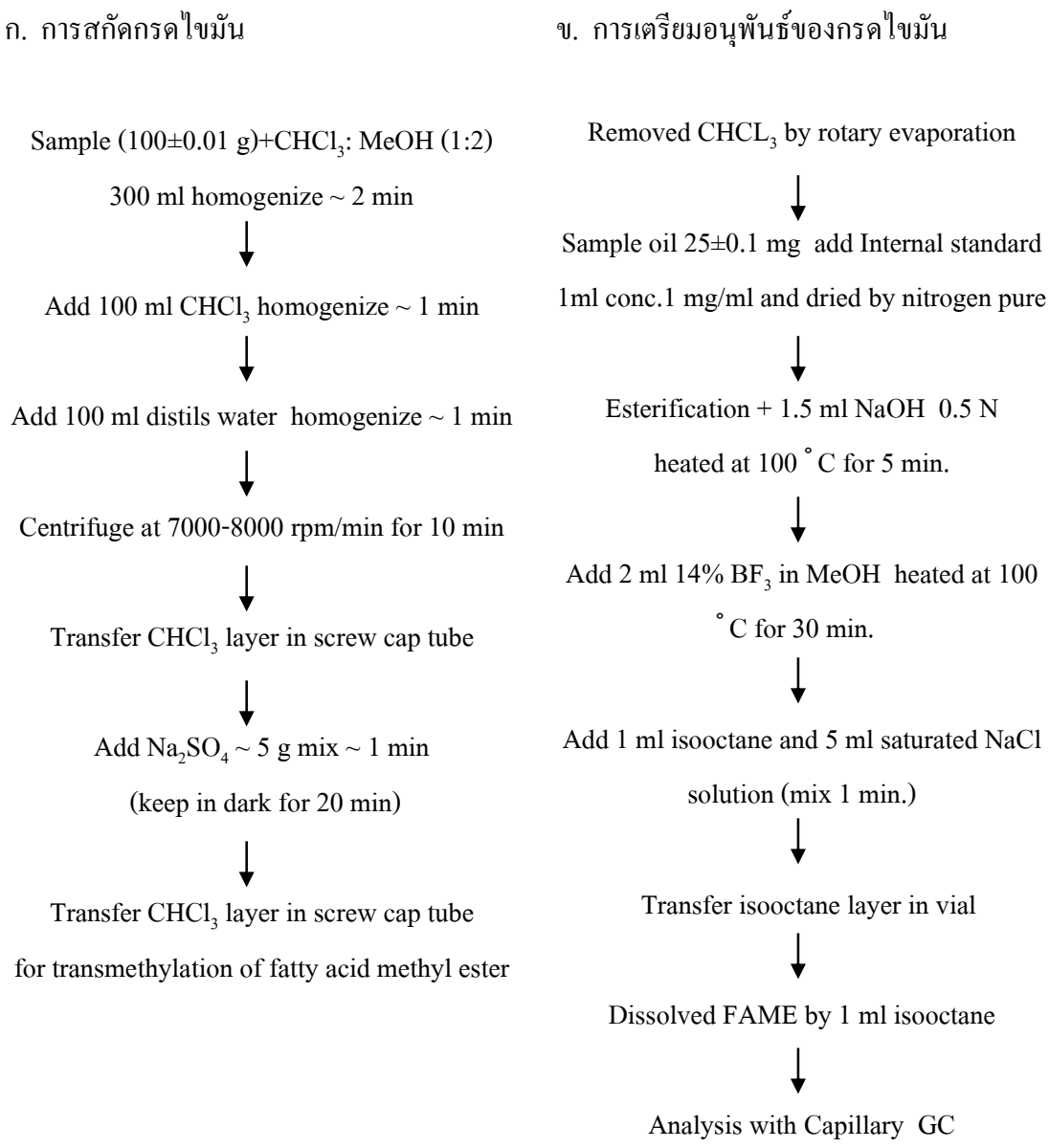
ร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที รอจนอุณหภูมิตัวอย่างลดลง 30-40 องศาเซลเซียส เติมไอโซออกเทน 1 มิลลิลิตร พ่นด้วยก๊าซไนโตรเจนปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์อิ่มตัว 5 มิลลิลิตร พ่นด้วยก๊าซไนโตรเจนปิดฝาแล้วเขย่าให้เข้ากัน วางไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วแยกชั้นของไอโซออกเทนออกจากชั้นของน้ำ พ่นด้วยก๊าซไนโตรเจนและปิดฝาสกัดซ้ำอีกครั้งโดยการเติมไอโซออกเทน 1 มิลลิลิตร แล้วนำมารวมกับครั้งแรก ระเหยด้วยการพ่นก๊าซไนโตรเจนเพื่อทำให้เข้มข้นประมาณ 1 มิลลิลิตร ก่อนนำตัวอย่างที่เตรียมได้จากขั้นนี้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี (gas chromatography) ต่อไป

วิธีการที่ 2 การสกัดไขมัน ดัดแปลงตามวิธีของ Bligh and Dyer (1959) และการเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมัน ตามวิธีของ Holub and Skeaff (1987) หรือในงานวิจัยนี้จะเรียกย่อว่า “วิธี HS” แสดงดังภาพที่ 8

ก. การสกัดไขมัน ชั่งตัวอย่าง 5 ± 0.01 กรัม สกัดด้วยสารละลายอินทรีย์คลอโรฟอร์ม : เมทานอล (1:2) ปริมาตร 15 มิลลิลิตร แล้วสกัดเช่นเดียวกับข้อ 2.1 (ก) ยกเว้น การเติม IS ที่มีความเข้มข้น มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร (เติมในขั้นตอนการสกัด) แล้วเก็บส่วนที่กรองสีเหลืองใสแยกใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียวเพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ข. การเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมัน โดยการนำไขมันที่อยู่ในชั้นคลอโรฟอร์มที่แยกได้จากข้อ 2.2 (ก) มาระเหยจนแห้งด้วยก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์เหลือไขมันแห้งติดก้นหลอด เติมกรดซัลฟูริก 6% ในเมทานอล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และนำไปให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14-16 ชั่วโมง ในอ่างควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้ไขมันเกิดการไฮโดรไลซ์และเกิดการ methylation อย่างสมบูรณ์ จากนั้นนำหลอดทดลองไปวางไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเย็น เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และล้างกรดออกด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 1 มิลลิลิตร เก็บส่วนกรดไขมันที่ละลายอยู่ในชั้นของปิโตรเลียมอีเทอร์ซึ่งอยู่ในชั้นบนไว้ประมาณ 2 มิลลิลิตร ระเหยให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจนอย่างช้าๆ แล้วใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายเติมลงไปปริมาตร 200 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ก่อนนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนการสกัดไขมันและการเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมัน



ภาพที่ 7 วิธีการที่ 1 ก. การสกัดไขมัน ดัดแปลงตามวิธีของ Bligh and Dyer (1959) และ ข. การเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมัน ตามวิธีของ AOCS (1997) หรือในงานวิจัยนี้จะเรียกย่อว่า

ก. การสกัดกรดไขมัน

Sample (5±0.01 g)+$CHCl_3$: MeOH (1:2) 15 ml

↓ homogenize ~ 2 min

Add 5 ml $CHCl_3$ homogenize ~ 1 min

↓

Add 100 µl Internal standard (C23:0); conc. 1 mg/ml

↓

Add 1 ml distils water homogenize ~ 1 min

↓

Centrifuge at 7000-8000 rpm/min for 10 min

↓

Transfer $CHCl_3$ layer in screw cap tube

↓

Add Na_2SO_4 ~ 0.5 g mix ~ 1 min

(keep in dark for 20 min)

↓

Transfer $CHCl_3$ layer in screw cap tube for transmethylation of fatty acid methyl ester

ข. การเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมัน

Lipid in $CHCl_3$ dried by nitrogen pure

↓

Add 2 ml MeOH+ 6% H_2SO_4 (mix 30 sec.)

↓

Heated at 80 ° C for 14-16 hr

cooled down to room temp.

↓

Add 2 ml Petroleum ether (mix 1 min.)

↓

Wash with 1 ml distils water (mix 30 min.)

↓

Transfer petroleum ether layer in vial and dried by nitrogen pure

↓

Dissolved fatty acids methyl ester in 200 µl Hexane

↓

Analysis with capillary GC

ภาพที่ 8 วิธีการที่ 2 ก. การสกัดไขมัน ดัดแปลงตามวิธีของ Bligh and Dyer (1959) และ ข. การเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมัน ตามวิธีของ Holub and Skeaff (1987) หรือในงานวิจัยนี้จะเรียกย่อว่า “วิธี HS”

5.2 วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมันใช้ gas chromatography (GC-17A, Shimadzu, Japan) และคอลัมน์ DB-WAX column 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร อุณหภูมิคอลัมน์ injection port และ detector ที่ใช้งานเริ่มต้น 170 องศาเซลเซียส จนถึง 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ฉีดตัวอย่างครั้งละ 1-2 ไมโครลิตร ใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สพา (carrier gas) อัตราการไหลของแก๊สเท่ากับ 1 มิลลิลิตร/นาที

จากการเปรียบเทียบองค์ประกอบและปริมาณกรดไขมันที่ได้จากวิธีการเตรียมอนุพันธ์ที่แตกต่างกัน 2 วิธี ได้แก่ วิธี AOCS และ HS ในข้อ 5.1.1 และ 5.1.2 นั้น สามารถคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมอนุพันธ์สำหรับวิเคราะห์กรดไขมันในหอยทุกตัวอย่างในการทดลองนี้

6. การจำแนกองค์ประกอบและปริมาณกรดไขมัน

การจำแนกชนิดกรดไขมันใช้การเปรียบเทียบกับ retention time และเปรียบเทียบกับกรดไขมันมาตรฐาน (internal standard) และชนิดกรดไขมันมาตรฐาน (menhaden oil) ที่ใช้ในการอ้างอิง คำนวณปริมาณของกรดไขมันตามวิธีการ AOCS (1997)

สูตรคำนวณ น้ำหนักของ EPA และ DHA ในน้ำมัน (มิลลิกรัม/กรัม)

$$\text{EPA หรือ DHA} = \frac{A_X \times W_{IS} \times CF_X \times 1000}{A_{IS} \times W_S \times 1.04}$$

กำหนดให้

A_x : พื้นที่ของ methyl หรือ ethyl ester

A_{IS} : พื้นที่ของ Internal standard

CF_x : ค่า factor สำหรับ EPA และ DHA [0.99 ของ EPA, 0.97 ของ DHA]

W_{IS} : น้ำหนักของ Internal standard ที่เติมลงในตัวอย่างมิลลิกรัม

Ws : น้ำหนักของน้ำมันตัวอย่างหน่วยมิลลิกรัม

1.04 : ค่า factor ที่ทำให้ ผลที่ออกมาเป็น mg FFA/g oil

7. การวางแผนและวิเคราะห์ผลการทดลอง

7.1 หอยแมลงภู่อายุ 3-8 เดือน

- วิเคราะห์ผลของข้อมูลแบบไม่แยกเพศโดยการเปรียบเทียบปริมาณของกรดไขมันกับอายุ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในแต่ละช่วงอายุ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Rondomized Design; CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

- วิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเพศผู้และเพศเมียในเดือนเดียวกัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละเพศ โดยวิธี T-test

7.2 หอยทะเลสองฝาขนาดที่จำหน่ายในท้องตลาด

โดยการเปรียบเทียบปริมาณของกรดไขมันในแต่ละฤดูกาล และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหอยเพศผู้และเพศเมียในแต่ละฤดูกาล (เฉพาะหอยแมลงภู่ และหอยนางรมปากจีบ) ทำการทดลองเพศละ 3 ซ้ำ ส่วนในตัวอย่างหอยแครง และหอยลาย ไม่แยกเพศ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

8. สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

การทดลองครั้งนี้ดำเนินการที่ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ตั้งแต่เดือน เมษายน 2550 จนถึงเดือน พฤศจิกายน 2551

ผลและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาการคัดเลือกวิธีการเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมันที่เหมาะสม

การศึกษาองค์ประกอบและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างหอยทะเล 3 ชนิด ได้แก่ หอยแมลงภู่ หอยนางรม และหอยลาย โดยการเปรียบเทียบวิธีการเตรียมอนุพันธ์กรดไขมัน 2 วิธี ได้แก่ วิธี AOCS โดยใช้สารโบรอนไตรฟลูออไรด์ 14% ในเมทานอลและไอโซออกเทนเป็นตัวทำละลาย และวิธี HS โดยใช้กรดซัลฟูริก 6% ในเมทานอล และเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย ผลวิเคราะห์ในหอยแมลงภู่ แสดงดังตารางที่ 5 และในหอยนางรม และหอยลายแสดงดังตารางที่ 6

ผลการศึกษาชนิดกรดไขมันที่จำแนกได้และปริมาณกรดไขมันที่วิเคราะห์ได้ พบว่า การเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมันด้วยวิธี HS สามารถจำแนกชนิดของกรดไขมันในหอยทุกตัวอย่างได้มากกว่าวิธี AOCS กล่าวคือ ในหอยแมลงภู่ (เพศผู้) จำแนกได้ 14 ชนิด (วิธี HS) และ 13 ชนิด (วิธี AOCS) โดยในวิธี HS สามารถจำแนก myristic acid; C14:1 ได้ ในหอยนางรม (เพศเมีย) วิธี HS สามารถจำแนกได้ 16 ชนิด ในขณะที่วิธี AOCS จำแนกได้ 14 ชนิด โดยวิธี HS สามารถจำแนก Eicosadienoic acid; C20:2 และ Eicosatrienoic acid; C20:3 ได้เพิ่มจากวิธี AOCS ในส่วนหอยนางรมเพศผู้ และหอยลาย (ไม่แยกเพศ) วิธี HS สามารถจำแนกได้ 16 ชนิด เทียบกับวิธี AOCS ได้ 13 ชนิด ชนิดที่จำแนกได้เพิ่มขึ้น นอกจาก C20:2 และ C20:3 แล้ว คือ C14:1 สรุปได้ว่า การเตรียมอนุพันธ์ด้วยวิธี HS (อ้างอิง Holub and skeaff, 1987) สามารถจำแนกชนิดของกรดไขมันได้มากกว่าวิธี AOCS (อ้างอิง AOCS, 1997) โดยชนิดของกรดไขมันที่จำแนกได้มากขึ้นได้แก่ C14:1, C20:2 และ C20:3

จากผลของปริมาณกรดไขมันที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างหอยที่เตรียมอนุพันธ์แตกต่างกัน 2 วิธีนั้น แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่ใช้วิธีการเตรียมอนุพันธ์ด้วยวิธี HS สามารถวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันที่พบในตัวอย่างทดลองได้มากกว่าตัวอย่างที่เตรียมด้วยวิธี AOCS โดยปริมาณกรดไขมันทั้งหมด (total fatty acid) ในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย (ตารางที่ 5) โดยวิธี HS ให้ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันสูงกว่าวิธี AOCS ประมาณ 2.3-2.4 เท่า (191.06, 203.77 มิลลิกรัม/กรัม และ 76.16, 90.75 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ) และในหอยนางรม และหอยลายได้ผลเช่นเดียวกันคือ

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย จากวิธี AOCS และวิธี HS

ชนิดของกรดไขมัน	หอยแมลงภู่			
	วิธี AOCS[1]		วิธี HS[2]	
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
C14:0 (Myristic acid)	5.34±1.49	5.43±1.57	11.97±3.95	18.33±0.48
C16:0 (Palmitic acid)	10.05±1.54	16.54±3.91	33.50±5.90	36.62±13.7
C18:0 (Stearic acid)	5.10±1.78	5.46±1.92	17.38±3.63	14.60±3.68
∑ SFA	20.29	27.43	62.85	69.55
C14:1 (Myristoleic acid)	n.d.	1.59±0.64	3.11±0.96	3.16±0.60
C16:1 (Palmitoleic acid)	4.57±2.77	9.89±2.11	17.83±3.98	28.21±4.82
C18:1 n-9 (Oleic acid)	3.10±0.32	4.48±0.34	7.02±1.90	6.28±1.29
C18:1 n-7 (Vaccenic acid)	1.35±0.62	2.46±0.49	7.12±3.11	4.67±1.81
C20:1 (Gadoleic acid)	2.03±1.09	2.14±0.74	10.99±3.52	10.98±4.50
C22:1 (Eicosenoic acid)	4.31±0.04	4.09±0.87	11.81±3.95	9.34±3.24
∑ MUFA	15.36	24.65	57.88	62.64
C18:2 (Linoleic acid)	0.67±0.59	1.76±0.79	2.43±0.35	3.58±0.71
C18:3 (Linolenic acid)	1.27±0.40	1.47±0.57	2.35±1.6	4.25±2.02
C20:2 (Eicosadienoic acid)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C20:3 (Eicosatrienoic acid)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C20:4 (Arachidonic acid)	10.56±3.33	10.98±3.99	13.76±3.83	11.95±0.95
C20:5 (Eicosapentaenoic acid)	10.77±5.56	10.63±1.32	23.4±8.31	23.99±9.68
C22:6 (Docosahexaenoic acid)	17.24±1.04	13.83±4.57	28.32±14.6	27.81±5.80
∑ PUFA	40.51	38.67	70.26	71.58
Total fatty acid	76.16±6.57	90.75±3.38	191.06±5.4	203.7±2.74

หมายเหตุ n.d. = ไม่พบ SFA = กรดไขมันอิ่มตัว MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะ PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ

[1] ตามวิธีของ AOCS (1997)

[2] ตามวิธีของ Holub and Skeaff (1987)

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ในหอยนางรมเพศผู้และเพศเมีย และหอยลายจาก วิธี AOCS และวิธี HS

ชนิดของกรดไขมัน	หอยนางรม				หอยลาย	
	วิธี AOCS[1]		วิธี HS[2]		วิธี AOCS[1]	วิธี HS[2]
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย		
C14:0	4.19±1.01	4.42±0.85	7.31±1.47	7.63±1.92	4.03±0.73	10.12±2.95
C16:0	17.15±6.58	20.85±9.07	42.69±11.24	45.01±9.54	19.32±7.92	54.92±10.50
C18:0	3.35±0.98	2.07±0.91	5.83±1.60	4.75±1.77	2.60±1.96	8.74±2.70
∑ SFA	24.69	27.34	55.83	57.39	25.95	73.78
C14:1	n.d.	0.27±0.02	0.45±0.09	0.46±0.26	n.d.	0.91±0.31
C16:1	10.77±4.88	7.81±4.07	15.24±2.94	14.13±3.12	8.72±2.58	14.56±3.01
C18:1 n-9	3.02±0.21	4.51±2.54	7.29±1.39	7.24±2.84	4.43±2.68	11.94±3.86
C18:1 n-7	3.01±0.27	3.91±3.39	11.16±2.50	11.22±2.85	0.62±0.02	6.35±1.52
C20:1	1.18±0.45	1.02±0.48	2.20±0.42	2.58±0.59	0.56±0.04	2.50±0.90
C22:1	3.39±1.07	1.44±0.34	6.34±1.65	6.45±1.72	3.25±0.48	4.78±2.25
∑ MUFA	22.29	18.96	42.68	42.08	17.58	41.04
C18:2	0.48±0.08	0.44±0.20	1.76±0.38	1.98±0.64	0.58±0.09	0.30±0.08
C18:3	0.86±0.59	0.20±0.03	1.50±0.32	1.75±0.48	0.80±0.26	0.60±0.03
C20:2	n.d.	n.d.	n.d.	0.20±0.12	n.d.	0.82±0.02
C20:3	n.d.	n.d.	n.d.	0.01±0.00	n.d.	0.23±0.03
C20:4 (ARA)	6.66±1.88	4.03±0.83	9.13±1.84	10.09±2.49	5.75±1.49	12.34±3.93
C20:5 (EPA)	12.50±1.20	8.99±4.42	22.85±4.50	25.47±6.24	9.97±2.99	34.42±11.08
C22:6 (DHA)	7.92±0.42	6.35±1.58	13.59±2.72	14.37±3.50	5.89±1.70	22.35±7.43
∑ PUFA	28.42	20.01	48.83	53.87	22.99	71.06
Total fatty acid	75.4±15.77	66.31±17.9	147.39±25.6	153.34±36.67	66.58±11.8	185.88±42.19

หมายเหตุ n.d. = ไม่พบ SFA = กรดไขมันอิ่มตัว MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะ PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ

[1] ตามวิธีของ AOCS (1997)

[2] ตามวิธีของ Holub and Skeaff (1987)

(ตารางที่ 6) ปริมาณที่วิเคราะห์ได้จากวิธี HS มากกว่าตัวอย่างจากวิธี AOCS ไม่น้อยกว่า 2 เท่า จากปริมาณกรดไขมันทั้งหมดนั้น เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันแยกในแต่ละกลุ่ม ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid; SFA) กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะ (monounsaturated fatty acid; MUFA) และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ (polyunsaturated fatty acid; PUFA) พบว่า ปริมาณกรดไขมันในทุกกลุ่มที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HS สูงกว่า วิธี AOCS ในหอยทุกชนิดที่ศึกษา

เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดพบว่า ตัวอย่างที่เตรียมอนุพันธ์ด้วยวิธี HS สามารถวิเคราะห์ปริมาณไขมันได้มากกว่าตัวอย่างจากการเตรียมโดยวิธี AOCS เกือบทุกชนิดของกรดไขมัน โดยในหอยแมลงภู่พบสูงกว่าโดยเฉลี่ยประมาณ 2.2-2.5 เท่า ยกเว้น C20:4 ที่พบในปริมาณใกล้เคียงกัน และ C20:1 ที่พบปริมาณมากกว่าถึง 5.1-5.4 เท่า ส่วนในหอยนางรมโดยเฉลี่ยวิธี HS วิเคราะห์พบปริมาณกรดไขมันมากกว่า 1.7-3 เท่า ยกเว้น C18:2 ที่พบมากกว่าถึง 3.6-4.4 เท่า และ C18:3 ในหอยเพศเมียที่พบสูงถึง 8.5 เท่า ส่วนในหอยลาย ปริมาณกรดไขมันทุกชนิดโดยเฉลี่ยวิธี HS พบมากกว่า โดยเฉลี่ยประมาณ 2.5 เท่า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง C20:5 (EPA) และ C22:6 (DHA) ซึ่งพบสูงกว่าถึง 3.4-3.8 เท่า และ C18:1 ที่พบสูงถึง 10.1 เท่า อย่างไรก็ตาม C18:2 และ C18:3 กลับพบต่ำกว่าวิธี AOCS โดยพบปริมาณ 0.5-0.7 เท่า

การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์กรดไขมันด้วยวิธี HS ซึ่งประกอบด้วยการสกัดตัวอย่างโดยดัดแปลงวิธีการของ Bligh and Dyer (1959) และการเตรียมอนุพันธ์ตาม Holub and skeaff (1987) ซึ่งในการทดลองนี้คัดเลือกว่าเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างหอยนั้น นอกจากจะสามารถวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันได้มากกว่า วิธีของ AOCS (1997) แล้วในขั้นตอนการสกัดยังสามารถลดปริมาณตัวอย่าง ลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการสกัดให้น้อยลง และลดขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อป้องกันการปนเปื้อนและการออกซิเดชัน (โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง) ของตัวอย่างน้ำมันในระหว่างการวิเคราะห์ได้ และยังพบว่าการเตรียมอนุพันธ์ด้วยวิธี HS ยังช่วยรักษาปริมาณกรดไขมันให้สูญเสียน้อยลง ดังนั้น การสกัดและการเตรียมอนุพันธ์ด้วยวิธี HS จึงเหมาะสำหรับตัวอย่างที่มีปริมาณไขมันน้อย เช่น ตัวอย่างหอยทะเล เนื่องจากสามารถสกัดและเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมันได้ในขั้นตอนเดียวไม่ต้องสกัดปริมาณไขมันให้ได้ปริมาณหนึ่งก่อนเหมือนในวิธี AOCS และการใช้กรดซัลฟูริก 6% ในเมทานอล และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14-16 ชั่วโมง ช่วยให้ไขมันเกิดการไฮโดรไลซ์อย่างสมบูรณ์ ช่วยรักษาปริมาณกรดไขมันให้สูญเสียน้อยลง ดังนั้นข้อเสียของวิธีนี้คือ อาจต้องใช้เวลานานในการไฮโดรไลซ์ตัวอย่าง Indarti *et al.* (2005) ได้ศึกษา การใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในขั้นตอนการเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมัน (Fatty acid methyl ester; FAME) ในตัวอย่างน้ำมันปลาที่อุณหภูมิ

90-100 องศาเซลเซียส พบว่า มีความเหมาะสมสำหรับการทำทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น และ Abdulkadir and Tsuchiya (2008) รายงานว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นที่ไม่สมบูรณ์ ได้แก่ ชนิดและความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา และอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา อาจจะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนมาของปริมาณกรดไขมันลดลง ส่วนวิธีการสกัดตัวอย่างก่อนนำมาเตรียมอนุพันธ์ ตามวิธีของ AOCS (1997) ต้องใช้ตัวอย่างและสารเคมีในปริมาณมากเพื่อให้ได้น้ำมันที่จะนำมาใช้ในการเตรียมอนุพันธ์ ซึ่งเหมาะสมกับตัวอย่างสัตว์น้ำที่มีปริมาณไขมันสูง เช่น ปลา เป็นต้น

2. ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบของกรดไขมันในหอยแมลงภู่อายุ 3-8 เดือน

2.1 สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำบริเวณแปลงเลี้ยงหอยแมลงภู่

ลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำบริเวณแปลงเลี้ยงชายฝั่งทะเลศรีราชา ตลอดช่วงระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2550 ถึง เมษายน 2551 แสดงดังตารางที่ 7 พบว่า อุณหภูมิของน้ำทะเลอยู่ระหว่าง 24-31 องศาเซลเซียส ความเค็มอยู่ในช่วง 30-32 ppt ซึ่งใกล้เคียงกับช่วงอุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยแมลงภู่ซึ่งอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส และ 25-33 ppt ตามลำดับ (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2536) ค่าความโปร่งแสงของน้ำทะเลที่วัดได้ พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง คือ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.09 เมตร อยู่ในช่วงที่ จิตรา (2541) รายงานไว้ว่า ความโปร่งแสงของน้ำทะเลบริเวณ อ่าวศรีราชา ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 2.0-4.9 เมตร มีความเหมาะสมในการเลี้ยงหอยแมลงภู่ ส่วนความลึกของน้ำทะเลมีค่าระหว่าง 2.8-5.2 เมตร โดยความลึกของน้ำทะเลในช่วงดังกล่าวไม่เป็นอุปสรรคในการเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบทุ่นลอย เนื่องจากวิธีการเลี้ยงหอยแบบแพเชือกหอยแมลงภู่จะอยู่ใต้น้ำตลอด และได้รับอาหารตลอดเวลา สรุปได้ว่าสมบัติของน้ำระหว่างการทดลองเลี้ยงหอยแมลงภู่สามารถเอื้อต่อการเจริญเติบโตของหอยได้ดี

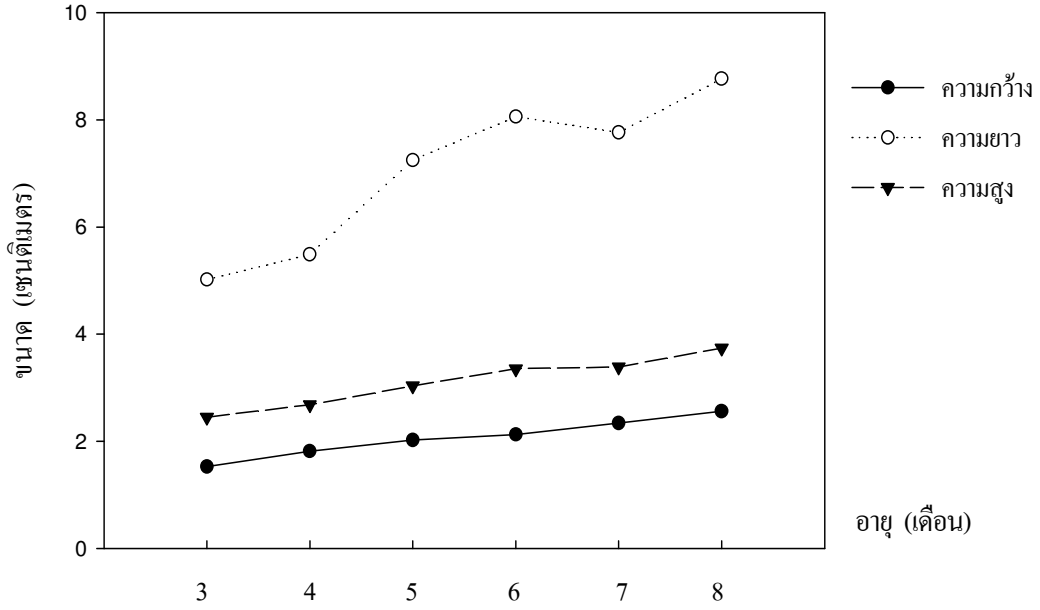
ตารางที่ 7 สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำทะเลบริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่อายุระหว่าง 3-8 เดือน ณ สถานีประมงศรีราชา จังหวัดชลบุรี

คุณสมบัติของน้ำทะเล	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
อุณหภูมิ (° C)	26.70±0.32	28.15±0.06	26.46±1.68	27.77±0.21	29.33±0.07	30.93±0.24
ความเค็ม(ppt)	31.70±0.07	31.10±0.08	31.81±0.15	31.80±0.16	31.85±0.39	31.22±0.17
ความโปร่งแสง (เมตร)	2.00±0.59	1.82±0.45	2.68±0.23	2.40±0.18	1.82±0.25	1.82±0.24
ความลึก (เมตร)	4.50±0.63	4.10±0.50	4.67±0.43	4.37±0.35	4.06±0.30	3.18±0.25

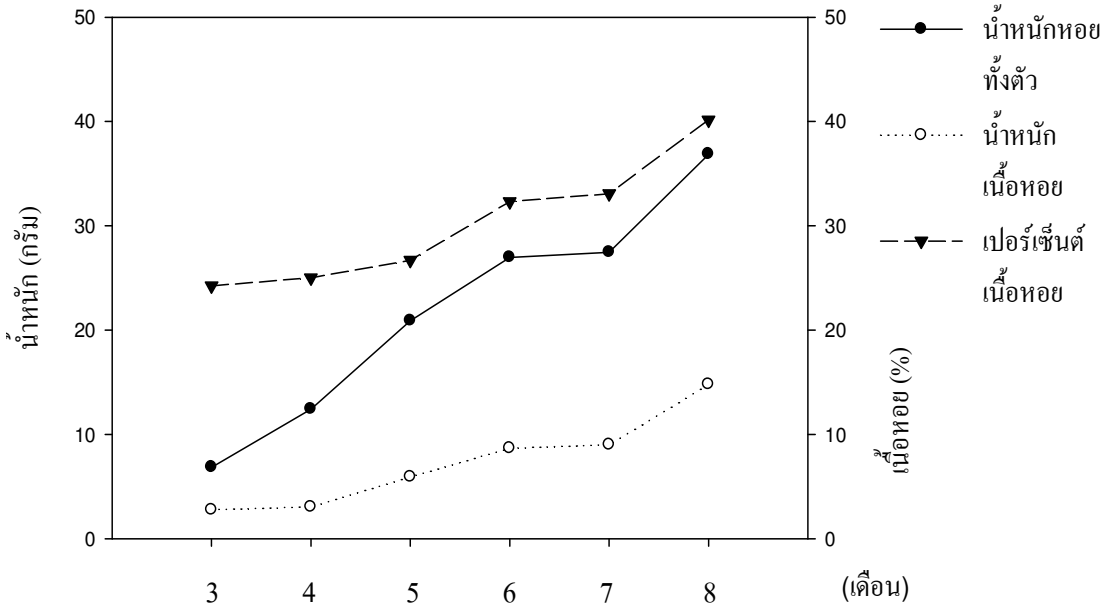
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพ

ผลจากการศึกษาขนาดและน้ำหนักของหอยแมลงภู่ ดังตารางที่ 8 ภาพที่ 9 และ 10 พบว่า หอยแมลงภู่มีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยหอยอายุ 3-8 เดือน มีความกว้าง ความยาว และความสูง อยู่ในช่วงระหว่าง 1.53-2.56, 4.2-9.6 และ 2.46-3.74 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยเฉลี่ยตัวอย่างหอยแมลงภู่มีความกว้าง ความยาว และความสูงเพิ่มขึ้น 0.3-0.4, 0.8-1 และ 0.2-0.3 เซนติเมตรต่อเดือน ตามลำดับ ใกล้เคียงกับการศึกษาของ กมล (2546) รายงานว่า หอยแมลงภู่มีความกว้าง และความยาวเฉลี่ย 0.32 และ 0.85 เซนติเมตรต่อเดือน จากข้อมูลจะเห็นว่าระหว่างการเจริญเติบโต หอยจะเพิ่มความยาวมากที่สุด รองลงมาคือ ความสูง และความกว้าง ตามลำดับ

น้ำหนักหอยทั้งตัว และน้ำหนักเนื้อหอย มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 6.86-36.86 และ 2.76-14.78 กรัม ตามลำดับ โดยเฉลี่ยน้ำหนักหอยทั้งตัวและน้ำหนักเนื้อหอยเพิ่มขึ้น 6-9 และ 1-3 กรัม/เดือน ตามลำดับ ใกล้เคียงกับการศึกษาของ อลงกต และสาโรจน์ (2548) ซึ่งรายงานว่า ภายหลังการเลี้ยงรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 7 เดือน หอยแมลงภู่หอยมีน้ำหนักทั้งตัวและน้ำหนักเนื้อสดเฉลี่ย 25.73±6.97 และ 10.15±2.06 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า หอยในช่วง อายุ 6-7 เดือน จะมีขนาดและน้ำหนักค่อนข้างคงที่ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าตรงกับช่วงฤดูหนาว (กุมภาพันธ์) ซึ่งแหล่ง



ภาพที่ 9 ความกว้าง ความยาว และความสูงของ หอยแมลงภู่อายุ 3-8 เดือน



ภาพที่ 10 น้ำหนักหอยทั้งตัว น้ำหนักเนื้อและเปอร์เซ็นต์เนื้อของหอยแมลงภู่อายุ 3-8 เดือน

ตารางที่ 8 ลักษณะทางกายภาพของหอยแมลงภู่อายุระหว่าง 3-8 เดือน

อายุ (เดือน)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความสูง (ซม.)	น้ำหนักหอยทั้งตัว (กรัม)	น้ำหนักเนื้อหอย (กรัม)	เนื้อหอยสด (%)
3	1.53±0.13	5.01±0.41	1.53±0.13	6.86±1.07	2.76±0.37	24.26±4.20
4	1.81±0.09	5.48±0.29	2.68±0.16	12.42±1.66	3.05±0.49	25.01±2.80
5	2.02±0.18	7.24±0.40	3.03±0.19	20.90±1.85	5.92±1.06	26.69±2.05
6	2.12±0.11	8.05±0.49	3.35±0.19	26.98±4.57	8.67±1.40	32.31±2.62
7	2.34±0.17	7.76±0.51	3.38±0.17	27.45±4.38	9.00±1.39	33.08±4.03
8	2.56±0.21	8.76±0.50	3.74±0.22	36.86±4.13	14.78±2.59	40.15±5.81

อาหารมีปริมาณน้อย และหอยจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากอายุ 7-8 ซึ่งตรงกับช่วงฤดูร้อน และแพลงก์ตอนสามารถเจริญเติบโตได้ดีมีผลทำให้หอยแมลงภู่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2536) จากข้อมูลจะเห็นได้ว่า อัตราการเพิ่มน้ำหนักของหอยทั้งตัวจะสูงกว่าเนื้อหอย และสอดคล้องกับ การเพิ่มความยาว จึงเป็นไปได้ว่าในระหว่างการเจริญเติบโตหอยจะสร้างเปลือกในแนวยาวของตัวหอย ส่วนการสร้างเนื้อจะขึ้นกับความสมบูรณ์ของอาหารเป็นหลัก

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหอยแมลงภู่ทั้งเพศผู้และเพศเมีย (ตารางที่ 9) พบว่า หอยอายุ 3-8 เดือน มีความชื้นใกล้เคียงกันเฉลี่ยร้อยละ 81.26 ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 12.71 ตามลำดับ แต่ในช่วงอายุ 6-8 เดือน มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 13.19 สำหรับไขมันและคาร์โบไฮเดรตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อหอยมีอายุมากขึ้น โดยอายุ 3-5 เดือน มีไขมันและคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 0.73 และ 2.25 เมื่ออายุ 6-8 เดือน มีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.49 และ 3.21 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าอายุ 3-5 เดือนแรก กว่า 1 เท่า สอดคล้องกับขนาดและน้ำหนักของหอยแมลงภู่ที่ศึกษา ทั้งนี้สันนิษฐานว่าในฤดูร้อน (เมษายน) หอยมีการสะสมพลังงานก่อนการ

ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางเคมีในหอยแมลงภู่ อายุระหว่าง 3-8 เดือน (ร้อยละของน้ำหนักเปียก)

องค์ประกอบทางเคมี	อายุ 3 เดือน		อายุ 4 เดือน		อายุ 5 เดือน		อายุ 6 เดือน		อายุ 7 เดือน		อายุ 8 เดือน	
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
ความชื้น	82.56±0.08	82.57±0.54	81.78±0.50	81.96±1.16	83.16±0.04	82.62±0.08	80.51±0.14	80.28±0.74	80.17±0.01	81.90±0.77	80.19±0.77	79.06±0.65
โปรตีน	12.49±0.07	11.27±0.12	12.59±0.44	11.93±0.04	12.40±0.09	12.15±0.08	13.29±0.08	12.91±0.02	12.70±0.36	13.33±0.13	13.03±0.19	13.71±0.80
ไขมัน	0.73±0.03	0.46±0.02	0.81±0.06	0.78±0.05	0.69±0.17	0.89±0.05	0.93±0.19	1.05±0.07	1.34±0.09	1.24±0.03	1.81±0.05	2.12±0.09
คาร์โบไฮเดรต	1.50±0.04	3.02±0.01	2.31±0.09	2.74±0.96	1.65±0.04	2.28±0.07	3.25±0.13	3.70±0.79	3.64±0.35	1.68±0.88	3.52±0.94	3.29±0.98
เถ้า	2.7±0.08	2.65±0.03	2.48±0.08	2.56±0.09	2.08±0.07	2.06±0.04	2.01±0.02	2.04±0.22	2.14±0.09	1.83±0.01	1.43±0.02	1.80±0.01

วางไข่ ประกอบกับในฤดูร้อนแพลงก์ตอนพืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2536) นอกจากนี้หอยแมลงภู่ขนาดใหญ่ (6-8 เดือน) มีอัตราการกรองกินอาหารได้มากกว่าหอยขนาดเล็ก จึงเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วมีปริมาณโปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ส่วนในช่วงอายุ 3-5 เดือน ของการเลี้ยงตรงกับฤดูหนาวหอยมีการใช้พลังงานในการดำรงชีวิตจึงเปลี่ยนโปรตีนและไขมันที่สะสมในร่างกายไปใช้เป็นพลังงานทำให้มีการเจริญเติบโตช้า ส่วนปริมาณเถ้าที่พบในหอยแมลงภู่มีปริมาณน้อยคือ อยู่ในช่วงร้อยละ 1.43-2.70 ซึ่งความสัมพันธ์ของปริมาณเถ้ากับอายุของหอยไม่ชัดเจน เช่นเดียวกับความแตกต่างระหว่างเพศ ซึ่งไม่พบความสัมพันธ์ของเพศต่อองค์ประกอบทางเคมีของหอยแมลงภู่ที่ชัดเจน

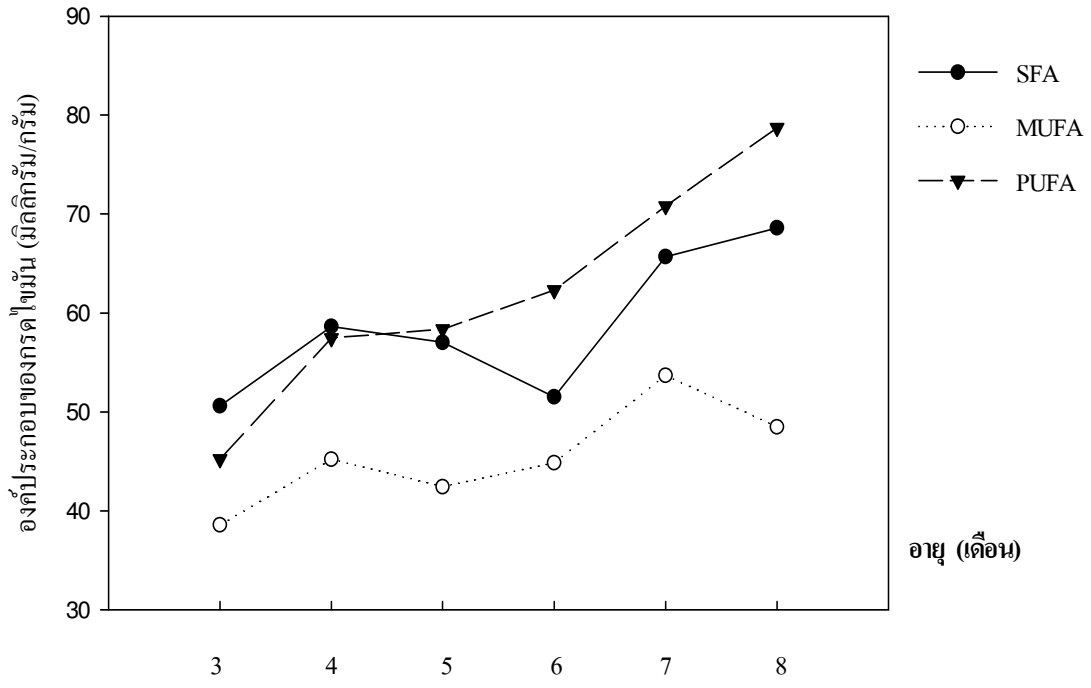
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในหอยแมลงภู่ อายุ 3-8 เดือน แสดงข้อมูลแบบไม่แยกเพศและแยกเพศ แสดงดังตารางที่ 10 และ 11 และภาพที่ 11 จากผลการวิเคราะห์สามารถจำแนกชนิดของกรดไขมันได้ทั้งหมด 14 ชนิด ในทุกอายุ แบ่งออกได้เป็น กลุ่ม SFA, กลุ่ม MUFA และกลุ่ม PUFA ส่วนใหญ่พบว่ากรดไขมันในกลุ่ม PUFA มีมากที่สุด รองลงมาได้แก่ กลุ่มของ SFA และ MUFA ยกเว้น หอยในช่วงอายุ 3-4 เดือน ที่มีปริมาณของ SFA สูงกว่า PUFA และ MUFA ตามลำดับ

ชนิดของกรดไขมันในกลุ่มของ PUFA ที่มีความสำคัญ คือ eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) และ arachidonic acid (ARA) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง EPA และ DHA พบว่ามีปริมาณสูงรองจาก palmitic acid; C16:0 ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดหลักที่พบมากที่สุด โดยปริมาณของ EPA ในหอยขนาดใหญ่ (อายุ 6-8 เดือน) เฉลี่ยพบสูงถึง 31.24 มิลลิกรัม/กรัม ซึ่งมากกว่าหอยขนาดเล็ก (อายุ 3-5 เดือน) เกือบ 1 เท่า ต่างจากปริมาณของ DHA พบสูงสุด ในหอยอายุ 4 เดือน (25.75 มิลลิกรัม/กรัม) มากกว่าหอยขนาดใหญ่ (อายุ 6-8 เดือน) ที่มีค่าใกล้เคียงกันเฉลี่ย 22.66 มิลลิกรัม/กรัม เช่นเดียวกับการศึกษาของ Taylor and Savage (2006) รายงานว่า หอยที่มีขนาดต่างกันมีปริมาณกรดไขมันต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณของ EPA พบว่า ในหอยขนาดใหญ่มีสูงถึง 18.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับหอยขนาดเล็กซึ่งมีค่าเพียง 12.85 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณของ DHA พบในหอยขนาดเล็กประมาณ 19.7 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าหอยขนาดใหญ่ที่มีประมาณ 17.0 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด กรดไขมันที่แตกต่างกันตามอายุหอยนี้ เนื่องจากหอยแต่ละอายุจะมีความต่างในฤดูกาล และสภาพแวดล้อมในด้านอาหาร จึงอาจจะเป็นไปได้ว่าปัจจัยด้าน

แหล่งอาหารอาจมีผลต่อปริมาณกรดไขมันด้วย จากข้อมูลของ จิตรา (2541) รายงานว่า แพลงก์ตอนพืชที่พบมากบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี เป็นแพลงก์ตอนพืชสกุล *Chaetoceros*. spp. เช่นเดียวกับรายงานของ สุริยัน (2542) รายงานว่า *Chaetoceros*. spp. เป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มที่เด่นมากในบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี สามารถตรวจพบได้เกือบตลอดทั้งปี โดยจะพบมากในเดือนมกราคม ถึงเมษายน ซึ่งมีรายงานว่าแพลงก์ตอนกลุ่มนี้สามารถผลิตกรดไขมัน EPA ได้ (นิธิวดี, 2543) จึงมีผลทำให้หอยขนาดใหญ่ที่เก็บในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เมษายน มีปริมาณของ EPA เพิ่มสูงขึ้น

ผลการเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างหอยแมลงภู่ระหว่างเพศผู้และเพศเมีย (ตารางที่ 11) ส่วนใหญ่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ยกเว้น ฤดูวางไข่ของหอยแมลงภู่ซึ่งตรงกับเดือน มกราคม ถึง กุมภาพันธ์ (อายุ 5-6 เดือน) พบว่า หอยเพศเมียจะมีปริมาณกรดไขมันกลุ่ม PUFA น้อยกว่าเพศผู้ สอดคล้องกับรายงานของสถานีวิจัยประมงศรีราชา (2545) กล่าวว่า ฤดูกาลวางไข่ของหอยแมลงภู่บริเวณแนวชายฝั่งทะเลตะวันออก มีการวางไข่ในปริมาณสูงสุด 2 ช่วง คือ เดือนพฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์ และ พฤษภาคม ถึง กรกฎาคม ดังนั้น หอยแมลงภู่เพศเมียที่วางไข่



ภาพที่ 11 องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ในตัวอย่างหอยแมลงภู่อายุ 3-8 เดือน (ไม่แยกเพศ)

ตารางที่ 10 องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่ (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) อายุ 3-8 เดือน

ชนิดของกรดไขมัน	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน
C14:0	8.54±1.59^{d}	10.29±1.54^{bcd}	8.93±2.10^{cd}	10.67±1.68^{abc}	10.83±2.06^{ab}	12.33±1.25^{a}
C16:0	36.40±5.95^{c}	41.49±5.57^{b}	42.09±8.90^{b}	35.63±1.65^{c}	47.90±6.59^{a}	49.78±4.92^{a}
C18:0	5.68±1.14^{ab}	6.85±1.32^{a}	6.01±2.11^{ab}	5.22±0.94^{ab}	6.95±1.51^{a}	6.49±1.09^{ab}
∑ SFA	50.62±6.81^{c}	58.63±5.43^{b}	57.02±8.16^{b}	51.52±2.90^{c}	65.68±6.75^{a}	68.60±4.20^{a}
C14:1	1.22±0.57^{d}	2.17±0.30^{a}	1.81±0.29^{ab}	1.09±0.30^{d}	1.61±0.20^{bc}	1.36±0.47^{cd}
C16:1	9.58±0.81^{d}	13.79±1.48^{c}	13.24±2.05^{c}	18.12±3.63^{b}	21.91±3.11^{a}	18.96±3.56^{b}
C18:1 n-9	12.63±2.16^{a}	11.02±1.27^{ab}	8.41±2.38^{c}	10.99±2.03^{ab}	9.85±1.63^{bc}	10.21±2.24^{b}
C18:1 n-7	4.69±0.99^{c}	5.20±0.94^{bc}	4.33±0.69^{c}	5.73±1.16^{ab}	6.53±1.12^{a}	5.80±0.92^{ab}
C20:1	4.25±0.71^{cd}	6.11±0.96^{b}	5.31±1.28^{bc}	3.64±0.80^{d}	6.48±1.68^{ab}	7.55±1.12^{a}
C22:1	6.19±1.31^{bc}	6.93±1.22^{b}	9.34±1.00^{a}	5.27±0.99^{cd}	7.30±1.87^{b}	4.60±0.60^{d}
∑ MUFA	38.53±4.24^{d}	45.22±4.20^{bc}	42.44±5.06^{cd}	44.83±5.36^{bc}	53.68±4.55^{a}	48.49±4.79^{b}
C18:2 n-6	1.26±0.93^{c}	2.22±0.67^{b}	1.75±0.70^{bc}	1.36±0.48^{c}	1.82±0.34^{bc}	3.06±0.54^{a}
C18:3 n-3	0.95±0.14^{d}	1.95±0.32^{b}	1.26±0.47^{cd}	1.64±0.31^{bc}	1.40±0.17^{c}	3.44±0.71^{a}
C20:4 (ARA)	14.80±1.33^{a}	9.33±0.87^{c}	14.40±1.49^{a}	11.24±1.85^{b}	10.91±0.87^{bc}	15.21±1.75^{a}
C20:5 (EPA)	12.30±2.50^{e}	18.22±2.01^{d}	21.82±2.48^{c}	26.05±2.28^{b}	33.27±2.63^{a}	34.40±2.84^{a}
C22:6 (DHA)	15.91±2.09^{d}	25.75±3.84^{a}	19.12±3.82^{c}	22.01±2.87^{b}	23.40±2.85^{ab}	22.59±1.85^{b}
∑ PUFA	45.22±4.55^{d}	57.44±5.89^{c}	58.32±7.47^{c}	62.31±3.22^{c}	70.80±4.00^{b}	78.70±4.06^{a}
Total fatty acid*	134.41± 12.334^{c}	161.31± 11.24^{b}	157.82± 13.34^{b}	158.69± 8.20^{b}	193.24± 8.72^{a}	195.79± 10.39^{a}

หมายเหตุ SFA = กรดไขมันอิ่มตัว, MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะ, PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ , * = ผลรวมเฉพาะกรดไขมันที่จำแนกได้

a b c d e ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 11 องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย

ชนิดของกรดไขมัน	อายุ 3 เดือน		อายุ 4 เดือน		อายุ 5 เดือน	
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
C14:0	6.67±1.60 [b]	10.41±1.57 [a]	8.66±1.45 [b]	11.92±1.63 [a]	7.94±1.86	9.91±2.34
C16:0	37.10±5.64	35.69±6.26	40.83±5.09	42.15±6.05	43.26±7.80	40.92±9.99
C18:0	5.36±1.50	6.01±0.78	7.28±1.10	6.42±1.55	6.12±1.91	5.92±2.30
∑ SFA	49.13±7.41	52.11±6.22	56.78±5.20	60.49±5.67	57.32±8.96	56.75±7.36
C14:1	1.34±0.46	1.10±0.68	2.16±0.42	2.18±0.18	1.48±0.35 [b]	2.14±0.22 [a]
C16:1	8.88±0.48 [b]	10.29±1.13 [a]	12.39±1.53 [b]	15.18±1.42 [a]	10.00±1.34 [b]	16.48±2.77 [a]
C18:1 n-9	11.74±2.16	13.52±2.15	11.56±0.68	10.48±1.86	7.43±2.00	9.40±2.76
C18:1 n-7	4.71±1.00	4.68±0.98	4.99±0.86	5.41±1.03	4.11±0.74	4.54±0.63
C20:1	4.30±0.74	4.21±0.67	6.34±1.46	5.89±0.47	4.39±1.21 [b]	6.23±1.34 [a]
C22:1	6.35±0.87	6.02±1.75	7.03±1.56	6.84±0.88	8.26±0.70 [b]	10.42±1.29 [a]
∑ MUFA	37.32±3.94	39.80±4.54	44.46±5.41	45.99±2.99	35.66±4.57	49.22±5.56
C18:2	1.70±1.08	0.82±0.77	2.01±1.08	2.42±0.26	1.78±0.91	1.71±0.50
C18:3	0.77±0.11 [b]	1.13±0.18 [a]	1.65±0.39 [b]	2.25±0.25 [a]	1.19±0.67	1.32±0.27
C20:4 (ARA)	13.98±1.23	15.62±1.43	10.25±1.17 [a]	8.40±0.57 [b]	14.88±2.27	13.92±0.70
C20:5 (EPA)	11.67±1.04	12.94±3.96	17.69±1.52	18.75±2.51	21.40±2.79	22.26±2.17
C22:6 (DHA)	15.08±2.12	16.74±2.05	27.70±4.73	23.79±2.95	21.33±3.70	16.90±3.94
∑ PUFA	43.21±3.42	47.24±5.67	59.30±6.14	55.61±5.64	60.56±9.09	56.11±5.86
Total fatty acid*	129.66±10.61	139.16±14.08	160.54±13.67	162.09±8.81	153.56±14.96	162.07±11.73

หมายเหตุ SFA = กรดไขมันอิ่มตัว, MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะ, PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ, * = ผลรวมเฉพาะกรดไขมันที่จำแนกได้

a b ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนระหว่างเพศผู้และเพศเมียในเดือนเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีตัวอักษรกำกับแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

ตารางที่ 11 (ต่อ) องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย

ชนิดของกรดไขมัน	อายุ 6 เดือน		อายุ 7 เดือน		อายุ 8 เดือน	
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
C14:0	9.95±1.96	11.39±1.40	10.24±1.90	11.42±2.22	11.43±0.82 [b]	13.23±1.68 [a]
C16:0	34.80±1.49	36.47±1.82	44.71±6.92	51.09±6.25	49.95±6.02	49.60±3.82
C18:0	5.85±0.91 [a]	4.58±0.96 [b]	7.57±1.64	6.33±1.37	5.83±1.06	7.15±1.12
∑ SFA	50.60±3.40	52.44±2.41	62.52±6.08	68.84±7.43	67.22±5.74	69.98±2.66
C14:1	1.45±0.40 [a]	0.74±0.21 [b]	1.81±0.13 [a]	1.41±0.28 [b]	1.21±0.61	1.50±0.34
C16:1	16.28±3.86	19.97±3.39	22.17±3.12	21.66±3.10	18.80±2.02	19.12±5.10
C18:1 n-9	10.92±1.87	11.06±2.20	10.48±1.23	9.22±2.03	10.75±2.52	9.67±1.96
C18:1 n-7	6.24±1.52	5.23±0.81	7.19±0.67	5.87±1.58	5.87±1.27	5.74±0.56
C20:1	3.64±0.86	3.64±0.73	4.42±1.43 [b]	8.54±1.93 [a]	7.91±0.85	7.20±1.38
C22:1	5.93±1.60	4.61±0.38	8.87±2.57 [a]	5.72±1.17 [b]	4.78±0.77	4.43±0.44
∑ MUFA	44.46±5.61	45.25±5.12	54.94±4.04	52.42±5.06	49.33±5.58	47.66±4.00
C18:2	1.38±0.55	1.34±0.42	2.08±0.29 [a]	1.55±0.39 [b]	3.17±0.74	2.94±0.33
C18:3	1.74±0.39	1.55±0.23	1.22±0.26 [b]	1.57±0.09 [a]	3.99±0.31 [a]	2.89±1.12 [b]
C20:4 (ARA)	12.61±3.40	9.89±0.30	13.04±1.15 [a]	8.79±0.60 [b]	16.01±2.66	14.41±0.84
C20:5 (EPA)	29.03±3.06 [a]	23.06±1.51 [b]	30.20±3.01 [b]	36.34±2.26 [a]	32.26±2.72 [b]	36.54±2.95 [a]
C22:6 (DHA)	23.82±3.50	20.21±2.24	22.12±2.11	24.69±3.59	21.18±0.83 [b]	24.00±2.87 [a]
∑ PUFA	68.57±4.74 [a]	56.05±1.70 [b]	68.67±6.12	72.94±1.89	76.61±5.62	80.78±2.50
Total fatty acid*	163.63±9.88	153.74±6.52	186.13±6.32	194.20±11.12	193.15±14.64	198.42±6.14

หมายเหตุ SFA = กรดไขมันอิ่มตัว, MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะ, PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ, * = ผลรวมเฉพาะกรดไขมันที่จำแนกได้

a b ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนระหว่างเพศผู้และเพศเมียในเดือนเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ในเดือนมกราคม ถึง กุมภาพันธ์ นี้ ทำให้เพศเมียมีปริมาณ PUFA น้อยกว่าเพศผู้ เนื่องจากเพศเมียมีการใช้กลุ่ม PUFA ในการสร้างไข่ ทำให้ PUFA ภายหลังจากการวางไข่ไปแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณของ DHA ลดลง (Mclean and Bulling, 2005; Chan *et al*, 2004)

3. ผลของฤดูกาลต่อลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบของกรดไขมันขนาดที่จำหน่ายในท้องตลาด

3.1 หอยแมลงภู่

3.1.1 สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำบริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่

จากผลการศึกษาลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำบริเวณแปลงเลี้ยงชายฝั่งทะเลศรีราชา (ตารางที่ 12) พบว่า ตลอดช่วงระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง อุณหภูมิของน้ำทะเลอยู่ระหว่าง 27-30 องศาเซลเซียส และความเค็มอยู่ในช่วง 24-31 ppt สอดคล้องกับอุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยแมลงภู่ซึ่งอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส และ 25-33 ppt (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2536) ค่าความโปร่งแสงของน้ำทะเลที่วัดได้มีค่าใกล้กับผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยแมลงภู่บริเวณอ่าวศรีราชา (จิตรา, 2541) ดังนั้นคุณสมบัติของน้ำทะเลบริเวณนี้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยแมลงภู่

ตารางที่ 12 สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำทะเลบริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่ ณ สถานีประมงศรีราชา จังหวัดชลบุรี

สมบัติของน้ำทะเล	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
อุณหภูมิ (° C)	27.05±1.16	30.48±0.99	29.63±0.62
ความเค็ม (ppt)	31.67±0.28	31.22±0.68	24.17±2.84
ความโปร่งแสง (เมตร)	2.27±0.52	1.69±0.30	2.18±0.61
ความลึก (เมตร)	4.48±0.51	3.55±0.59	3.54±0.43

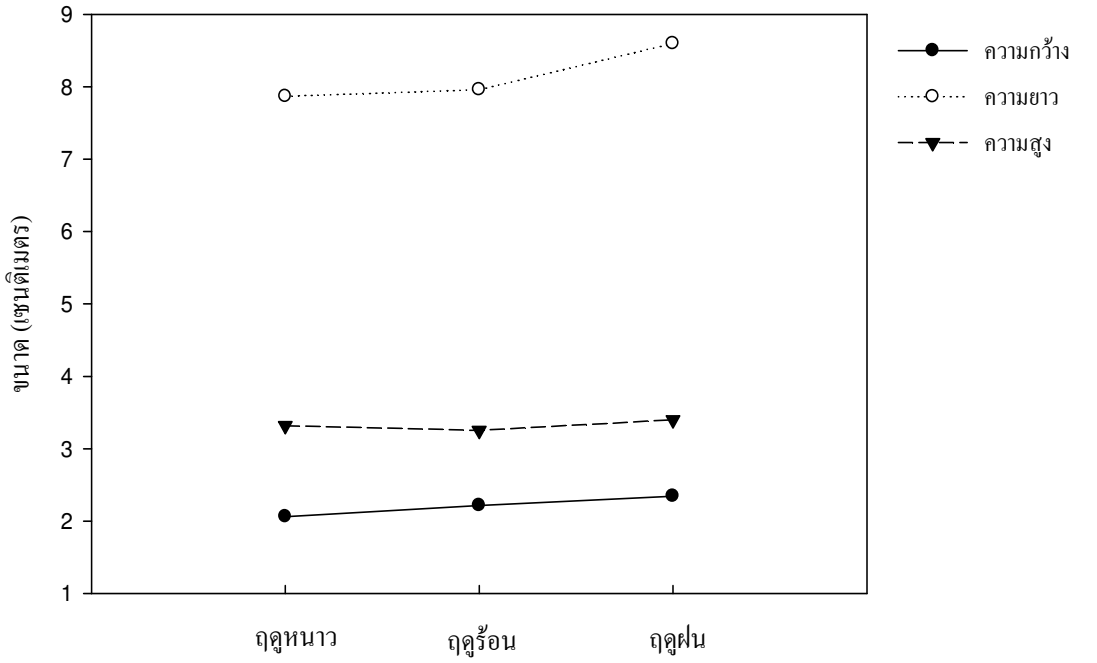
3.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพ

ผลจากการศึกษาขนาดและน้ำหนักของหอยแมลงภู่ แสดงดังตารางที่ 13 ภาพที่ 12 และ 13 พบว่า ในฤดูฝนหอยมีขนาดใหญ่ที่สุด ทั้งความกว้าง ความยาว และความสูงของเปลือก รวมทั้งน้ำหนักทั้งตัว และน้ำหนักเนื้อหอย เนื่องจากบริเวณอ่าวศรีราชามีฝนตกชุกมีผลทำให้ความเค็มของน้ำทะเลลดลง (ดังตารางที่12) ประกอบกับน้ำฝนได้ชะเอาแร่ธาตุจากพื้นดินลงสู่ทะเลทำให้น้ำทะเลมีความอุดม สมบูรณ์ และเหมาะแก่การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแพลงก์ตอนพืชกลุ่มคีโตเซอรอส (*Chaetoceros* spp.) ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของหอยแมลงภู่ (สถานีวิจัยประมงศรีราชา, 2545) จึงทำให้หอยแมลงภู่เจริญเติบโตได้ดีและมีขนาดใหญ่

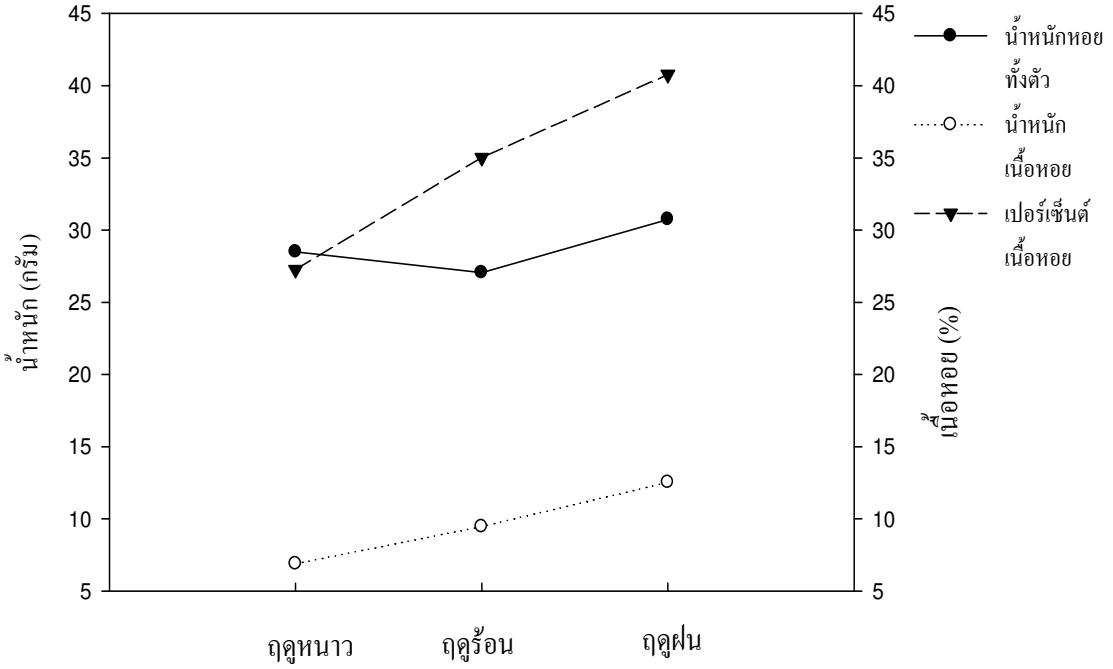
ตารางที่ 13 ลักษณะทางกายภาพของหอยแมลงภู่

ลักษณะทางกายภาพ	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
ความกว้าง (ซม.)	2.06±0.24 ^{c}	2.22±0.24 ^{b}	2.35±0.19 ^{a}
ความยาว (ซม.)	7.87±0.71 ^{b}	7.96±0.83 ^{b}	8.60±0.61 ^{a}
ความสูง (ซม.)	3.32±0.23 ^{ab}	3.25±0.28 ^{b}	3.40±0.18 ^{a}
น้ำหนักทั้งตัว (กรัม)	28.49±5.80 ^{ab}	27.05±9.11 ^{b}	30.74±5.78 ^{a}
น้ำหนักเนื้อ (กรัม)	6.89±2.06 ^{c}	9.47±2.65 ^{b}	12.53±2.89 ^{a}
เนื้อหอยสด (%)	27.27±4.85 ^{c}	35.02±7.50 ^{b}	40.76±5.26 ^{a}

หมายเหตุ a b c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนระหว่างเพศผู้และเพศเมียในเดือนเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 12 ความกว้าง ความยาว และความสูงของหอยแมลงภู่



ภาพที่ 13 น้ำหนักหอยทั้งตัว น้ำหนักเนื้อ และเปอร์เซ็นต์เนื้อของหอยแมลงภู่

3.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 14) พบว่า ในฤดูร้อนและฤดูฝน หอยแมลงภู่มีปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตมากกว่าฤดูหนาวอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ในฤดูหนาวมีปริมาณไขมันต่ำกว่าประมาณ 2 เท่า และคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าฤดูร้อนและฤดูฝน 2-3 และ 3-4 เท่า ตามลำดับ เนื่องจากในฤดูร้อนน้ำมีความโปร่งแสงแพลงก์ตอนสามารถสังเคราะห์แสงได้ดี และฤดูฝนน้ำทะเลมีปริมาณของธาตุอาหารสูง เนื่องจากน้ำฝนได้ชะเอาแร่ธาตุจากพื้นดินลงสู่ทะเล ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.4 ทำให้ทั้ง 2 ฤดูกาลนี้ แพลงก์ตอนสามารถเจริญเติบโตได้ดีเป็นแหล่งอาหารที่มีความอุดมสมบูรณ์ หอยจึงสะสมอาหารสร้างความสมบูรณ์เพื่อเตรียมตัวสำหรับการวางไข่ในเดือนพฤษภาคม ถึง กรกฎาคม โดยฤดูการวางไข่ของหอยแมลงภู่ในบริเวณแนวชายฝั่งทะเลตะวันออก มีการวางไข่ในปริมาณสูงสุด 2 ช่วง ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.4 มีงานวิจัยรายงานว่า ช่วงก่อนการวางไข่ พบว่า มีปริมาณของไขมันสูงกว่าฤดูกาลอื่นๆ เนื่องจากไขมันที่สะสมจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างไข่ (gonad) และมีปริมาณไขมันลดลงภายหลังจากการวางไข่ (Li *et al*, 2007; Mclean and Bulling, 2005) สอดคล้องกับปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรต

ตารางที่ 14 องค์ประกอบทางเคมีในหอยแมลงภู่ (ร้อยละของน้ำหนักเปียก)

องค์ประกอบทางเคมี	ฤดูหนาว		ฤดูร้อน		ฤดูฝน	
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
ความชื้น ^{ns}	82.34±1.63	83.25±1.22	81.34±3.23	80.56±2.22	78.95±0.38	80.52±0.14
โปรตีน ^{ns}	13.52±0.83	13.24±0.18	11.94±0.53	12.50±1.13	12.39±1.00	11.58±0.96
ไขมัน	0.69±0.12 ^{c}	0.73±0.01 ^{bc}	1.89±0.67 ^{a}	1.67±0.21 ^{a}	1.55±0.07 ^{a}	1.45±0.06 ^{ab}
คาร์โบไฮเดรต	1.81±1.13 ^{b}	1.30±0.75 ^{b}	3.16±0.19 ^{ab}	3.51±1.13 ^{ab}	5.16±0.53 ^{a}	4.47±0.99 ^{ab}
เถ้า	2.59±0.06 ^{a}	2.53±0.04 ^{a}	1.64±0.17 ^{b}	1.73±0.25 ^{b}	1.96±0.15 ^{b}	1.93±0.06 ^{b}

หมายเหตุ a b c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนระหว่างเพศผู้และเพศเมียในเดือนเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

ที่วิเคราะห์ได้สูงในฤดูร้อนและฤดูฝน ส่วนในฤดูหนาวหอยมีการวางไข่ในปริมาณสูงอีกรอบในเดือนพฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์ ประกอบกับในฤดูหนาวน้ำบริเวณแหล่งเลี้ยงมีความเค็มสูง และความโปร่งแสงต่ำ แพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโตน้อย ทำให้หอยมีขนาด และน้ำหนักลดลง อีกทั้งหอยอาจจะมีการเปลี่ยนไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่สะสมในร่างกายเพื่อใช้เป็นพลังงานในการดำรงชีวิต

3.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในหอยแมลงภู่ แสดงผลข้อมูลแบบไม่แยกเพศและเปรียบเทียบผลของข้อมูลระหว่างเพศ ดังตารางที่ 15 และ16 สามารถจำแนกกรดไขมันได้ทั้งหมด 14 ชนิด พบว่า palmitic acid; C16:0 เป็นกรดไขมันชนิดหลักที่พบมากที่สุดในทุกฤดูกาลที่ศึกษา เช่นเดียวกับกรดไขมันกลุ่ม PUFA มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็น SFA และ MUFA ตามลำดับ ยกเว้นในฤดูฝนที่มีปริมาณของ SFA สูงกว่าปริมาณของ PUFA เล็กน้อย ผลขององค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันมีลักษณะใกล้เคียงกับหอยแมลงภู่อายุ 6-8 เดือน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.4

ผลจากการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณกรดไขมันในฤดูกาลต่างๆ พบว่า ในฤดูฝนและฤดูร้อนหอยแมลงภู่มีปริมาณ DHA และ EPA สูงกว่าฤดูหนาว ดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้วว่าในฤดูร้อนน้ำทะเลมีความโปร่งใส แสงสามารถส่องผ่านลงไปในน้ำได้ดีมีผลทำให้แพลงก์ตอนสามารถสังเคราะห์แสงได้ดี มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเป็นแหล่งอาหารที่สมบูรณ์ (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2536) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คีโตเซอรอส (*Chaetoceros* spp.) โดยแพลงก์ตอนชนิดนี้สามารถผลิตกรดไขมัน EPA ได้ (สุริยัน, 2542; นิธิวดี, 2543) จึงมีผลทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันชนิด PUFA ในหอยแมลงภู่สูงขึ้นในฤดูร้อน ประกอบกับเป็นฤดูเตรียมการวางไข่ หอยจึงมีความสมบูรณ์สูง ส่วนในฤดูหนาวและฤดูฝน ตรงกับช่วงฤดูกาลวางไข่ มีผลทำให้ปริมาณของ PUFA ลดลงกว่าในฤดูร้อน การทดลองนี้สอดคล้องกับ Taylor and Savage (2005) และ Mclean and Bulling (2005) ซึ่งรายงานว่า ปริมาณของ PUFA มีปริมาณมากในช่วงก่อนการวางไข่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง EPA และ DHA ถึงแม้ว่าในฤดูฝนจะเป็นฤดูวางไข่ทำให้ปริมาณของ PUFA ลดลง ต่างจากปริมาณของ SFA มีปริมาณสูงขึ้น เนื่องจากปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมของแหล่งอาหารที่เอื้อในฤดูฝน ทำให้หอยแมลงภู่เจริญเติบโตได้ดีและมีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับฤดูร้อน

ตารางที่ 15 องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ของหอยแมลงภู่ขนาดที่จำหน่ายในท้องตลาดในแต่ละฤดูกาล

ชนิดกรดไขมัน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
C14:0	10.47±2.09 [b]	10.80±2.38 [b]	12.87±4.37 [a]
C16:0	41.16±4.50 [b]	45.71±5.78 [a b]	47.50±12.37 [a]
C18:0	8.18±1.94 [b]	8.39±2.11 [b]	11.45±5.11 [a]
∑ SFA	59.81±4.71 [a]	64.91±6.82 [a b]	71.83±19.11 [b]
C14:1	0.99±1.06 [b]	1.98±0.72 [a]	0.59±0.08 [b]
C16:1 [ns]	19.06±4.05	21.43±6.43	21.17±4.82
C18:1 n-9	10.45±3.87 [b]	13.80±2.87 [a]	9.43±1.93 [b]
C18:1 n-7	6.15±2.07 [a]	6.79±1.93 [a]	4.14±2.26 [b]
C20:1	6.68±2.47 [b]	6.62±1.71 [b]	10.31±2.31 [b]
C22:1	8.38±2.67 [b]	12.40±4.78 [b]	8.42±2.80 [a]
∑ MUFA	51.72±8.42 [b]	63.02±10.11 [a]	54.06±8.06 [b]
C18:2	3.15±1.57 [a]	2.81±0.63 [a]	2.17±0.83 [b]
C18:3 [ns]	2.32±1.57	2.12±0.70	2.40±0.54
C20:4 (ARA)	14.43±4.00 [a]	14.94±3.99 [a]	7.05±2.26 [b]
C20:5 (EPA)	26.34±6.22 [b]	37.13±9.61 [a]	28.02±7.82 [b]
C22:6 (DHA)	19.25±4.36 [b]	28.49±5.16 [a]	30.48±6.35 [a]
∑ PUFA	65.69±13.62 [b]	85.48±11.08 [a]	70.73±11.62 [b]
Total fatty acid*	176.52±13.95 [c]	213.97±20.42 [a]	196.62±23.03 [b]

หมายเหตุ SFA = กรด ไขมันอิ่มตัว, MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะ, PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ, * = ผลรวมเฉพาะกรดไขมันที่จำแนกได้

a b c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns แสดงถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

ตารางที่ 16 องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ของหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย

กรดไขมัน	ฤดูหนาว		ฤดูร้อน		ฤดูฝน	
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
C14:0	8.74±1.18 ^{c}	12.21±1.08 ^{ab}	10.13±2.82 ^{bc}	11.48±1.70 ^{b}	11.52±3.54 ^{b}	14.22±4.91 ^{a}
C16:0	42.22±3.37 ^{b}	40.09±5.34 ^{b}	41.37±2.43 ^{b}	50.05±4.78 ^{a}	42.51±9.16 ^{b}	52.49±13.47 ^{a}
C18:0	7.76±2.13 ^{b}	8.59±1.72 ^{b}	8.66±2.45 ^{b}	8.13±1.78 ^{b}	12.25±2.74 ^{a}	10.66±3.62 ^{ab}
$\sum$ SFA	58.72±3.57 ^{c}	60.89±5.58 ^{bc}	60.15±5.46 ^{bc}	69.66±4.28 ^{ab}	66.28±15.96 ^{bc}	77.37±21.02 ^{a}
C14:1	1.00±1.21 ^{b}	1.47±0.73 ^{b}	1.87±0.71 ^{a}	2.09±0.75 ^{a}	1.53±0.84 ^{b}	1.00±0.62 ^{b}
C16:1	17.92±3.76 ^{b}	20.21±4.16 ^{b}	17.65±5.26 ^{b}	25.21±5.27 ^{a}	21.32±5.48 ^{b}	21.02±4.30 ^{b}
C18:1 n-9	8.66±3.15 ^{b}	12.23±3.80 ^{a}	13.46±2.76 ^{a}	14.15±3.06 ^{a}	9.39±2.24 ^{b}	9.47±1.67 ^{b}
C18:1 n-7	5.42±1.61 ^{bc}	6.88±2.28 ^{ab}	7.70±1.97 ^{a}	5.89±1.44 ^{bc}	3.70±1.54 ^{d}	4.58±2.81 ^{cd}
C20:1	5.57±1.99 ^{c}	7.80±2.47 ^{b}	6.69±1.83 ^{bc}	6.55±1.66 ^{bc}	10.38±2.90 ^{a}	10.24±1.66 ^{a}
C22:1	8.87±2.75 ^{b}	7.89±2.62 ^{b}	12.25±3.95 ^{a}	12.55±5.66 ^{a}	8.39±3.50 ^{b}	8.46±2.04 ^{b}
$\sum$ MUFA	47.45±7.88 ^{c}	56.00±6.80 ^{b}	59.60±9.97 ^{ab}	66.44±9.43 ^{a}	53.94±10.61 ^{bc}	54.18±4.81 ^{bc}
C18:2	2.81±1.19 ^{abc}	3.49±1.86 ^{a}	2.53±0.50 ^{bc}	3.09±0.63 ^{ab}	1.90±0.88 ^{c}	2.44±0.70 ^{bc}
C18:3	2.86±1.98 ^{a}	1.78±0.74 ^{b}	1.70±0.58 ^{b}	2.54±0.56 ^{ab}	2.36±0.57 ^{ab}	2.43±0.54 ^{ab}
C20:4 (ARA)	13.55±3.20 ^{a}	15.71±4.55 ^{a}	14.64±3.46 ^{a}	15.23±4.60 ^{a}	6.64±1.43 ^{b}	7.46±2.87 ^{b}
C20:5 (EPA)	23.80±4.39 ^{c}	28.89±6.90 ^{bc}	29.87±7.10 ^{b}	44.38±5.27 ^{a}	30.55±9.55 ^{b}	25.49±4.75 ^{bc}
C22:6 (DHA)	18.87±4.78 ^{c}	19.63±4.08 ^{c}	31.27±4.71 ^{a}	25.71±4.08 ^{b}	31.19±3.96 ^{a}	29.76±8.21 ^{ab}
$\sum$ PUFA	61.89±11.85 ^{d}	69.50±14.70 ^{cd}	80.01±6.34 ^{b}	90.95±12.30 ^{a}	73.19±12.72 ^{bc}	68.28±10.35 $^{c d}$
Total fatty acid*	168.06± 15.67 ^{c}	186.39± 23.13 ^{b}	199.76± 16.63 ^{b}	227.05± 21.59 ^{a}	193.41± 32.52 ^{b}	199.83± 20.94 ^{b}

หมายเหตุ SFA = กรด ไขมันอิ่มตัว, MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะ, PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ, * = ผลรวมเฉพาะกรดไขมันที่จำแนกได้

a b c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns แสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

ผลการเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างหอยแมลงภู่ระหว่างเพศผู้และเพศเมีย (ตารางที่ 16) ส่วนใหญ่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในแต่ละฤดูกาล โดยในฤดูร้อนเพศเมียมี EPA สูงที่สุด และเพศผู้มี DHA สูงรองจาก EPA ในฤดูกาลเดียวกัน รองลงไปเป็นฤดูฝน หอยเพศผู้มีทั้ง EPA และ DHA สูงใกล้เคียงกัน ส่วนเพศเมียมีปริมาณของ EPA และ DHA ลดลง เนื่องจากในเดือน พฤษภาคม ถึง กรกฎาคม (ฤดูฝน) หอยแมลงภู่มีการวางไข่ในเดือนนี้ทำให้มีปริมาณของ PUFA ลดลง โดยเฉพาะปริมาณของ EPA และ DHA อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าหอยแมลงภู่จะมีการวางไข่ในฤดูฝนแต่ก็มีความสมบูรณ์อยู่ ดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว ส่วนในฤดูหนาวนั้น เป็นช่วงที่หอยมีการวางไข่อีกรอบ อีกทั้งแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้อยในฤดูนี้ ทำให้หอยมี EPA และ DHA น้อยที่สุด ทั้งเพศผู้และเพศเมีย แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ

3.2 หอยนางรมปากจีบ

3.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพ

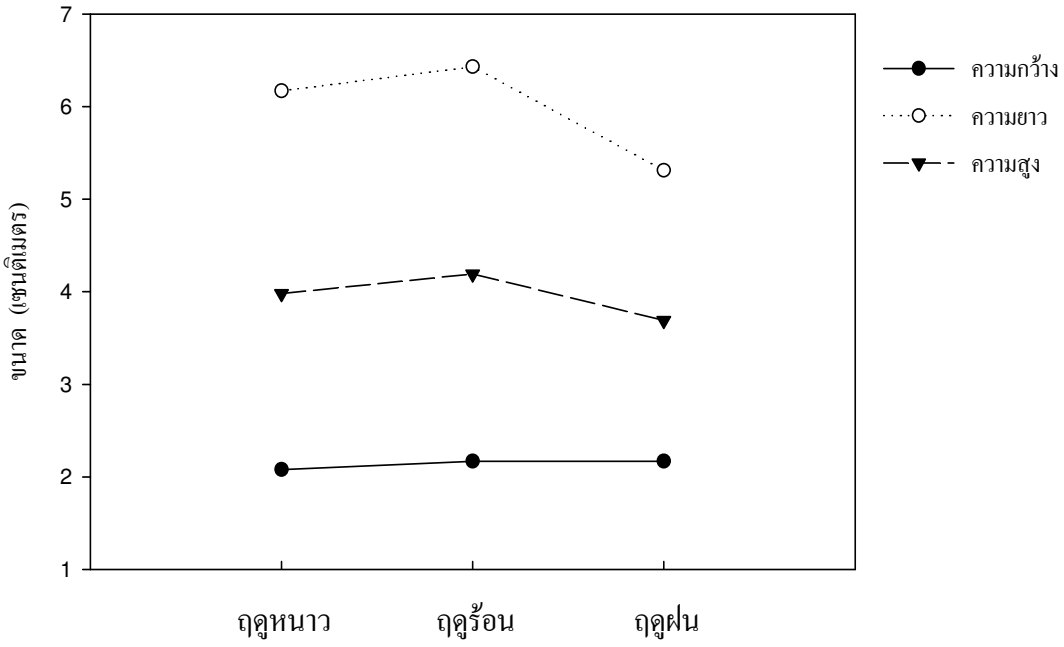
ผลการศึกษาขนาดและน้ำหนักของหอยนางรม ดังตารางที่ 17 ภาพที่ 14 และ 15 พบว่า หอยนางรมในทุกฤดูกาลมีความกว้างไม่แตกต่างกัน ส่วนความยาว ความสูง น้ำหนักทั้งตัวและน้ำหนักเนื้อในฤดูร้อนมีค่าสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก ในฤดูร้อนน้ำบริเวณอ่างศิลา จังหวัดชลบุรีมีความโปร่งแสง แพลงก์ตอนสามารถเจริญเติบโตได้ดีเป็นแหล่งอาหารที่มีความอุดมสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สกุล *Nitzschia* spp. และ *Chaetoceros* spp. (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2536) จึงมีผลทำให้หอยนางรมมีการเจริญเติบโตได้ดีในฤดูร้อน เช่นเดียวกับหอยแมลงภู่ที่ศึกษา ส่วนเปอร์เซ็นต์เนื้อของหอยนางรมปากจีบ พบว่า ในฤดูฝนมีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุด โดยส่วนใหญ่หอยมีการเจริญเติบโตจนกระทั่งเต็มวัย การเจริญของเปลือกหอยจะค่อนข้างคงที่ แต่น้ำหนักยังคงเพิ่มขึ้นเนื่องจากการกินอาหารและความสมบูรณ์ของเซลล์สืบพันธุ์ อาจทำให้หอยมีเปอร์เซ็นต์เนื้อสูงขึ้น (จารุนันท์, 2539)

ตารางที่ 17 ลักษณะทางกายภาพของหอยนางรมปากจีบ

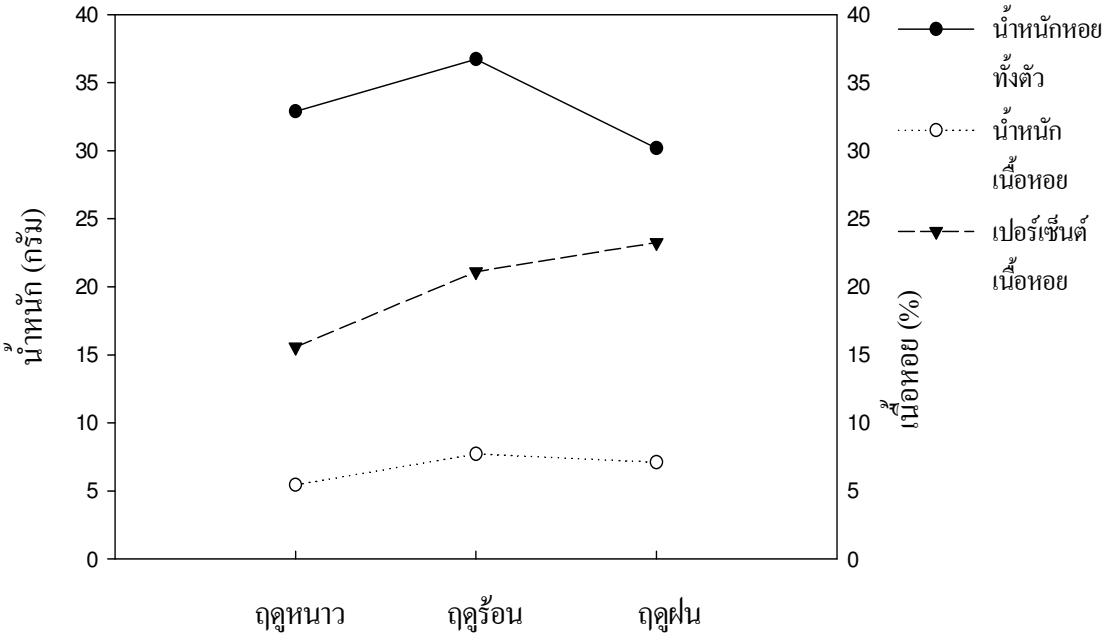
ลักษณะทางกายภาพ	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
ความกว้าง (ซม.)[ns]	2.08±0.26	2.17±0.21	2.17±0.29
ความยาว (ซม.)	6.17±0.73[a]	6.43±0.46[a]	5.31±0.81[b]
ความสูง (ซม.)	3.98±0.41[b]	4.19±0.42[a]	3.69±0.46[c]
น้ำหนักทั้งตัว (กรัม)	32.90±6.90[b]	36.73±4.81[a]	30.19±8.37[b]
น้ำหนักเนื้อ (กรัม)	5.45±2.40[b]	7.72±1.68[a]	7.10±2.80[a]
เนื้อหอยสด (%)	15.57±5.13[c]	21.11±4.03[b]	23.25±3.40[a]

หมายเหตุ a b c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns แสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)



ภาพที่ 14 ความกว้าง ความยาว และความสูงของหอยนางรมปากจีบ



ภาพที่ 15 น้ำหนักหอยทั้งตัว น้ำหนักเนื้อ และเปอร์เซ็นต์เนื้อของหอยนางรมปากจีบ

3.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหอยนางรมปากจีบ ดังตารางที่ 18 พบว่าในฤดูร้อนและฤดูหนาวหอยนางรมปากจีบมีโปรตีนใกล้เคียงกันและลดลงเล็กน้อยในฤดูฝน หอยยังอุดมไปด้วยไขมันและคาร์โบไฮเดรต โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มีไขมันสูงในฤดูร้อนและฤดูฝน เมื่อเทียบกับหอยแมลงภู่ที่ศึกษา พบว่า มีปริมาณสูงกว่า 2-4 เท่า และไม่มีความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างหอยนางรมปากจีบเพศผู้และเพศเมีย เมื่อเปรียบเทียบกับหอยนางรม (ไม่ระบุพันธุ์และฤดูกาล) ที่รายงานโดย กองโภชนาการ (2530) รายงานว่า ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ร้อยละ 81.9-85.5, 8.1-9.7, 0.9-1.8, 3.1-5.0 และ 1.6-2.4 ตามลำดับ มีความใกล้เคียงกับตัวอย่างหอยนางรมที่ศึกษา ยกเว้น ปริมาณไขมันในหอยนางรมที่ศึกษามีสูงกว่า 2-3 เท่า อย่างไรก็ตาม ปริมาณไขมันในตัวอย่างหอยนางรมปากจีบจะเริ่มลดลงในฤดูหนาว (พฤศจิกายน ถึงมกราคม) ใกล้เคียงกับฤดูกาลวางไข่ของหอยนางรมปากจีบที่รายงานโดย สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ (2546) รายงานว่า การวางไข่ของหอยนางรมปากจีบในจังหวัดชลบุรีมีตลอดทั้งปีแต่พบมาก 2 ช่วง คือ เดือนเมษายน ถึง มิถุนายน และกันยายน ถึง พฤศจิกายน ของทุกปี ซึ่งหอยนางรมที่ศึกษา

จะมีการวางไข่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง มกราคม (ฤดูหนาว) จึงทำให้หอยมีปริมาณไขมันลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Dridi *et al*. (2007) ที่รายงานว่า ภายหลังจากการเริ่มวางไข่ของหอยนางรม จะทำให้น้ำหนักเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว รวมถึงความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งอาหารในฤดูหนาวมีปริมาณน้อยกว่าฤดูอื่นๆ ด้วย

ตารางที่ 18 องค์ประกอบทางเคมีในหอยนางรมปากจีบ (ร้อยละของน้ำหนักเปียก)

องค์ประกอบทางเคมี	ฤดูหนาว		ฤดูร้อน		ฤดูฝน	
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
ความชื้น	80.70±0.86^{bc}	79.61±0.57^{c}	80.88±1.29^{bc}	80.95±2.29^{bc}	82.38±0.83^{ab}	83.33±1.76^{a}
โปรตีน	10.99±0.96^{a}	10.18±0.47^{ab}	10.50±3.22^{ab}	11.27±2.94^{a}	8.76±1.65^{ab}	8.15±1.52^{b}
ไขมัน	2.31±0.48^{c}	2.66±0.26^{cd}	4.09±0.77^{a}	3.82±0.96^{ab}	3.17±0.07^{bc}	3.35±0.21^{abc}
คาร์โบไฮเดรต	4.46±0.15^{ab}	5.88±0.03^{a}	3.92±1.27^{ab}	3.22±0.11^{b}	4.38±1.59^{ab}	3.91±0.35^{ab}
เถ้า	1.52±0.02^{a}	1.65±0.34^{a}	0.59±0.11^{b}	0.71±0.20^{b}	1.29±0.45^{a}	1.24±0.72^{a}

หมายเหตุ a b c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns แสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

3.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในหอยนางรมปากจีบ แสดงผลข้อมูลแบบไม่แยกเพศและเปรียบเทียบผลของข้อมูลระหว่างเพศ ดังตารางที่ 19 และ 20 พบว่าองค์ประกอบของกรดไขมันในหอยนางรมมีกรดไขมันในกลุ่ม PUFA สูงที่สุด รองลงมาเป็น SFA และ MUFA ตามลำดับ เช่นเดียวกับหอยแมลงภู่ เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 ฤดูกาล หอยนางรมปากจีบมีกรดไขมันกลุ่ม PUFA สูงที่สุดในฤดูร้อน รองลงมาเป็นฤดูฝนและฤดูหนาว มีกรดไขมันกลุ่มนี้ต่ำที่สุด ในกลุ่ม PUFA หอยนางรมปากจีบมี EPA รองลงไปคือ DHA และ ARA ในทุกฤดูกาล ในฤดูร้อนเป็นฤดูที่มีอาหารจำพวกแพลงก์ตอนอุดมสมบูรณ์ ทำให้มีการเจริญเติบโตได้ดีและมี EPA สูงมากถึง 42.30 มิลลิกรัม/กรัม ส่วนในฤดูฝนและฤดูหนาวทำให้ต้องสูญเสียกรดไขมันบางส่วนไปพร้อมกับการวางไข่

ตารางที่ 19 องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ของหอยนางรมปากจีบ

ชนิดของกรดไขมัน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
C14:0^{ns}	10.94±2.04	12.05±2.18	11.52±2.85
C16:0	47.92±5.97^{b}	54.22±9.93^{a}	56.67±9.61^{a}
C18:0	7.55±1.66^{b}	8.10±1.78^{b}	11.70±1.95^{a}
∑ SFA	66.41±7.03^{c}	74.37±12.04^{b}	79.89±8.72^{a}
C14:1	0.75±0.44^{a}	0.45±0.43^{b}	0.52±0.37^{ab}
C16:1	13.16±2.29^{b}	20.38±4.75^{a}	14.35±3.26^{b}
C18:1 n-9	13.17±2.36^{b}	13.30±2.42^{b}	15.04±3.23^{a}
C18:1 n-7^{ns}	10.68±2.36	10.26±2.81	10.18±3.42
C20:1	4.41±1.53^{b}	4.95±1.54^{b}	6.23±2.13^{a}
C22:1	8.61±1.82^{b}	9.23±2.21^{b}	11.28±1.82^{a}
∑ MUFA	50.78±6.23^{b}	58.56±7.24^{a}	57.59±7.40^{a}
C18:2	3.02±0.84^{b}	3.70±1.32^{a}	3.48±1.06^{ab}
C18:3	2.87±1.25^{b}	2.91±1.06^{b}	6.38±1.76^{a}
C20:4 (ARA)	12.87±2.20^{b}	15.15±2.54^{a}	13.14±3.20^{b}
C20:5 (EPA)	32.26±4.75^{b}	42.30±5.16^{a}	34.91±5.65^{b}
C22:6 (DHA)	20.69±2.74^{c}	26.01±3.96^{a}	22.69±2.92^{b}
∑ PUFA	71.72±6.25^{c}	90.07±7.27^{a}	80.61±8.11^{b}
Total fatty acid*	188.90±15.33^{b}	223.00±19.55^{a}	218.90±18.92^{a}

หมายเหตุ SFA = กรด ไขมันอิ่มตัว, MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะ, PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ, * = ผลรวมเฉพาะกรดไขมันที่จำแนกได้

a b c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns แสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

ตารางที่ 20 องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ของหอยนางรมปากจีบเพศผู้และเพศเมีย

ชนิดของกรดไขมัน	ฤดูหนาว		ฤดูร้อน		ฤดูฝน	
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
C14:0^{ns}	11.24±2.53	10.63±1.45	11.57±1.92	12.54±2.40	11.56±3.21	11.48±2.58
C16:0	50.79±5.29^{ab}	45.05±5.35^{b}	52.00±9.13^{ab}	56.45±10.58^{a}	56.30±6.87^{a}	57.04±12.07^{a}
C18:0	7.67±1.99^{b}	7.44±1.34^{b}	8.14±1.51^{b}	8.05±2.09^{b}	11.32±1.97^{a}	12.09±1.94^{a}
∑ SFA	69.71±5.68^{cd}	63.11±6.88^{d}	71.71±11.06^{bc}	77.03±12.86^{abc}	79.17±7.63^{ab}	80.61±9.98^{a}
C14:1	0.81±0.50^{a}	0.68±0.36^{ab}	0.54±0.49^{ab}	0.35±0.34^{b}	0.62±0.28^{ab}	0.71±0.30^{b}
C16:1	13.49±2.67^{b}	12.82±1.88^{b}	21.31±5.36^{a}	19.45±4.08^{a}	13.74±4.05^{b}	14.95±2.24^{b}
C18:1 n-9	14.09±2.31^{b}	12.24±2.12^{b}	12.64±2.61^{b}	13.95±2.11^{b}	12.72±2.58^{b}	17.35±1.85^{a}
C18:1 n-7	12.17±1.43^{a}	9.19±2.18^{b}	11.20±3.54^{ab}	9.32±1.45^{b}	9.32±3.46^{b}	11.03±3.30^{ab}
C20:1	4.67±1.71^{bc}	4.15±1.35^{b}	5.11±1.31^{bc}	4.79±1.79^{bc}	5.81±2.20^{ab}	6.65±2.06^{a}
C22:1	8.98±1.65^{bc}	8.24±1.98^{c}	8.76±1.41^{c}	9.70±2.78^{bc}	10.44±1.79^{b}	12.12±1.49^{a}
∑ MUFA	54.22±4.89^{b}	47.34±5.60^{c}	59.57±7.68^{a}	57.56±6.96^{ab}	52.67±6.64^{b}	62.52±4.16^{a}
C18:2	3.22±1.04^{ab}	2.82±0.56^{b}	3.82±1.19^{a}	3.58±1.48^{ab}	3.12±1.25^{ab}	3.84±0.70^{a}
C18:3	3.55±1.28^{c}	2.19±0.79^{d}	2.81±1.35^{cd}	3.01±0.72^{cd}	5.68±1.71^{b}	7.08±1.58^{a}
C20:4 (ARA)	12.41±2.58^{cd}	13.34±1.72^{bcd}	14.36±2.34^{abc}	15.93±2.59^{a}	11.45±2.98^{d}	14.83±2.51^{ab}
C20:5 (EPA)	35.02±4.22^{b}	29.51±3.57^{c}	40.85±4.90^{a}	43.74±5.19^{a}	34.70±7.07^{b}	35.12±4.09^{b}
C22:6 (DHA)	20.46±2.93^{c}	20.92±2.64^{bc}	25.68±4.09^{a}	26.35±3.98^{a}	21.77±2.92^{bc}	23.61±2.73^{ab}
∑ PUFA	74.67±5.79^{c}	68.77±5.40^{d}	87.52±7.10^{ab}	92.61±6.78^{a}	76.73±8.50^{c}	84.49±5.70^{b}
Total fatty acid*	198.59±12.25^{c}	179.22±11.69^{d}	218.80±16.40^{b}	227.31±22.16^{a}	208.57±20.12^{b}	227.62±12.07^{a}

หมายเหตุ n.d. = ไม่พบ, SFA = กรด ไขมันอิ่มตัว, MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะ PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ, * = ผลรวมเฉพาะกรดไขมันที่จำแนกได้

a b c d ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns แสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

จากตารางที่ 20 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหอยนางรมปากจีบเพศผู้และเพศเมีย พบว่า ส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของกรดไขมันแตกต่างกัน โดยในฤดูร้อนเพศเมียมีกรดไขมัน EPA, DHA และ ARA สูงที่สุด รองลงไปเป็นหอยเพศผู้ในฤดูกาลเดียวกัน กรดไขมันกลุ่ม PUFA ในหอยเพศเมียจะสูงกว่าเพศผู้ในทุกฤดูกาล ยกเว้นฤดูหนาวซึ่งเป็นฤดูวางไข่ ซึ่งจะพบว่า EPA ในหอยเพศเมียต่ำกว่าเพศผู้ อย่างมีนัยสำคัญ

3.3 หอยแครง

3.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพ

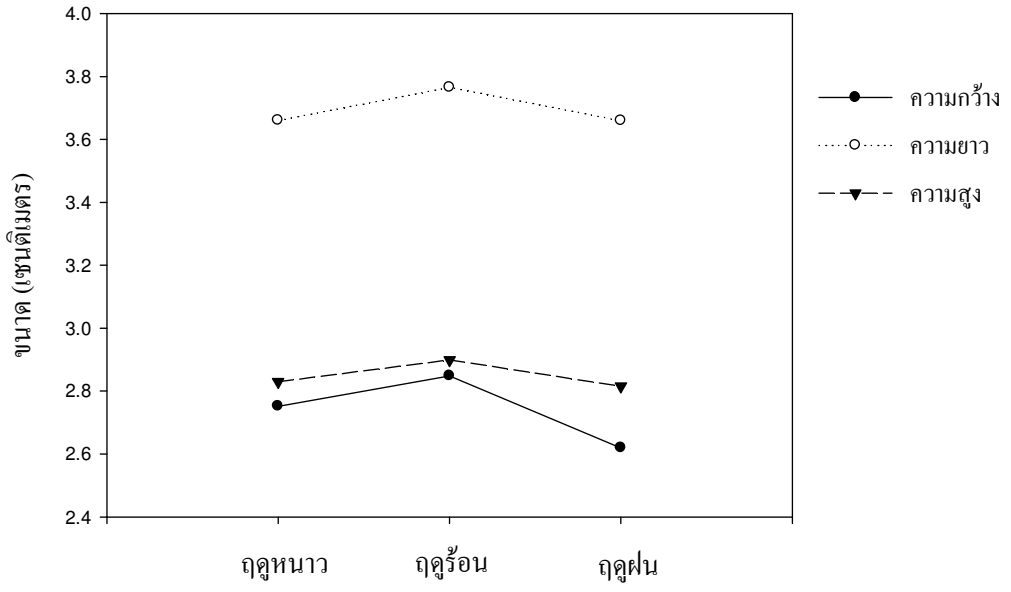
ผลการศึกษาขนาดและน้ำหนักของหอยแครง พบว่า ในฤดูร้อนหอยมีความกว้าง น้ำหนักทั้งตัว และน้ำหนักเนื้อมากกว่าฤดูหนาวและฤดูฝน ส่วนความยาว ความสูง และเปอร์เซ็นต์เนื้อ มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงดังตารางที่ 21 และ ภาพที่ 16 และ 17 สอดคล้องกับการศึกษาของ ชุตินันท์ (2544) รายงานว่า เดือนที่พบหอยแครงมีดัชนีความสมบูรณ์มากที่สุด คือ เดือนเมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่หอยแครงอยู่ในระยะเซลล์สืบพันธุ์สุกร้อยละ 85 โดยระยะเวลาที่ไข่สุกนั้นมี

ตารางที่ 21 ลักษณะทางกายภาพของหอยแครง

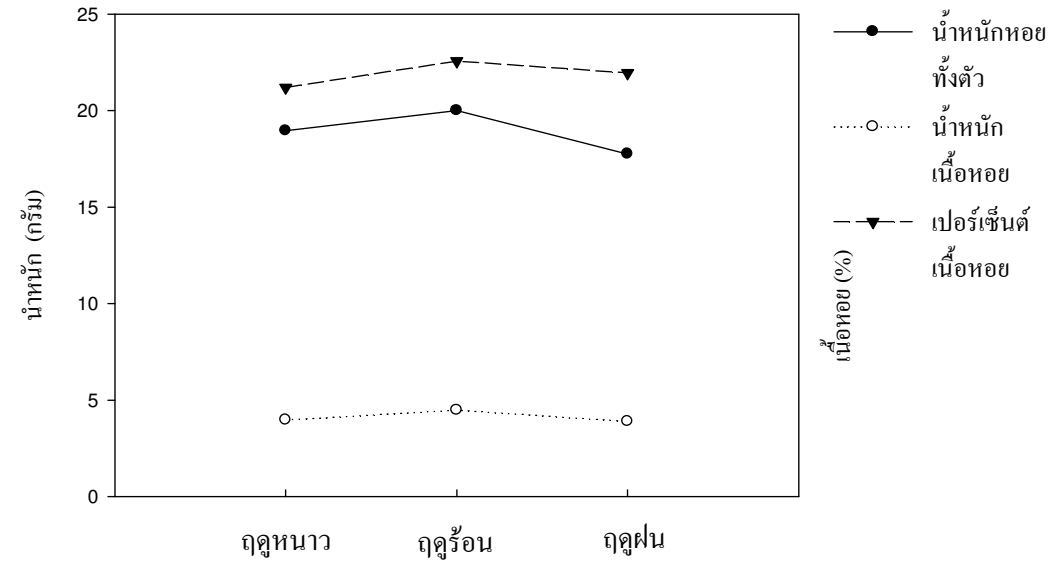
ลักษณะทางกายภาพ	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
ความกว้าง (ซม.)	2.75±0.19[b]	2.85±0.16[a]	2.62±0.21[c]
ความยาว (ซม.)[ns]	3.66±0.26	3.69±0.33	3.66±0.29
ความสูง (ซม.)[ns]	2.83±0.19	2.86±0.19	2.82±0.22
น้ำหนักทั้งตัว (กรัม)	18.95±3.31[b]	20.00±2.33[a]	17.75±2.98[c]
น้ำหนักเนื้อ (กรัม)	3.97±0.38[b]	4.48±0.64[a]	3.89±0.93[c]
เนื้อหอยสด (%)[ns]	21.19±4.46	22.56±3.64	21.94±4.06

หมายเหตุ a b c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns แสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)



ภาพที่ 16 ความกว้าง ความยาว และความสูงของหอยแครง



ภาพที่ 17 น้ำหนักหอยทั้งตัว น้ำหนักเนื้อ และเปอร์เซ็นต์เนื้อของหอยแครง

ความสัมพันธ์กับค่าดัชนีความสมบูรณ์ เพราะเป็นระยะที่หอยมีอวัยวะที่ขยายกว้างและมีปริมาณไข่และน้ำเชื้อที่หนาแน่นพร้อมที่จะสืบพันธุ์วางไข่ได้ (ธีรยา และคณะ, 2547) ทำให้หอยมีความกว้างและน้ำหนักเนื้อเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยด้านอาหาร ซึ่ง พิชิต และคณะ (2539) รายงานว่า บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ต. คลองด่าน จังหวัดสมุทรปราการ มีลักษณะดินเป็นโคลนเหลวและหนา มีปริมาณอินทรีย์สารในดินเฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 1.68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือได้ว่ามีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยแครง

3.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี แสดงดังตารางที่ 22 พบว่า ปริมาณความชื้น ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต มีปริมาณใกล้เคียงกันทั้ง 3 ฤดูกาล เฉลี่ยร้อยละ 82.17, 0.7 และ 4.37 ตามลำดับ ยกเว้น ปริมาณโปรตีน พบว่า ในฤดูหนาวมีมากกว่าฤดูกาลอื่นๆ โดยหอยแครงที่ศึกษาอาจจะสืบพันธุ์วางไข่ในเดือนกรกฎาคม ถึง ตุลาคม (ฤดูฝน) ซึ่งในฤดูฝนระดับน้ำทะเลและความเค็มที่ลดลงมีส่วนกระตุ้นให้หอยแครงมีการวางไข่ หรือผลทางอ้อมจากฤดูฝนคือ ทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดลง จะกระตุ้นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อีกทางหนึ่งด้วย (ธีรยา และคณะ, 2547) ทำให้ในฤดูฝนหอยแครงมีโปรตีน และเถ้าลดลง อาจจะมีการใช้พลังงานส่วนนี้ในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

ตารางที่ 22 องค์ประกอบทางเคมีในหอยแครง (ร้อยละของน้ำหนักเปียก)

องค์ประกอบทางเคมี	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
ความชื้น^{ns}	81.36±2.39	82.30±0.36	82.87±0.09
โปรตีน	12.78±0.52^{a}	11.18±1.85^{b}	10.75±0.57$^{b\backslash}$
ไขมัน^{ns}	0.76±0.08	0.69±0.08	0.67±0.03
คาร์โบไฮเดรต^{ns}	3.82±1.72	4.47±0.63	4.83±0.30
เถ้า	1.26±0.06^{ab}	1.34±0.49^{a}	0.85±0.33^{b}

หมายเหตุ a b c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns แสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

และวางไข่ นอกจากนี้ สอดคล้องกับรายงานของ พิชิต และคณะ (2539) รายงานว่า บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงมีแพลงก์ตอนพืชและสัตว์เฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 11,421 เซลล์/ลิตร ในจำนวนนี้เป็นแพลงก์ตอนพืชถึง 98.14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งชนิดที่พบมากได้แก่ *Nitzschia, Chaetoceros, Rhizosolenia, Coscinodiscus* และ ไดอะตอมอื่นๆ ทำให้หอยแครงมีไขมัน และคาร์โบไฮเดรต มีปริมาณใกล้เคียงกันตลอดทั้งปี

3.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณกรดไขมันในหอยแครง แสดงในตารางที่ 23 พบว่า จำนวนชนิดของกรดไขมันในหอยแครงสามารถจำแนกได้แตกต่างกันในแต่ละฤดู กล่าวคือ ในฤดูฝน ฤดูร้อน และฤดูหนาว จำแนกได้ 14, 15 และ 16 ชนิด โดยในฤดูหนาวพบกรดไขมันชนิด eicosadienoic acid; C20:0 และ eicosatrienoic acid; C20:3 เพิ่มขึ้น จากปริมาณกรดไขมันทั้งหมด กรดไขมัน PUFA เป็นกลุ่มที่พบมากที่สุด เช่นเดียวกับหอยแมลงภู่ และหอยนางรม ยกเว้นในฤดูฝนที่ กรดไขมันกลุ่ม PUFA มีปริมาณน้อยที่สุด ซึ่งตรงกับข้อสันนิษฐานว่าตรงกับฤดูวางไข่ ในกรดไขมันกลุ่ม PUFA พบว่า DHA เป็นกรดไขมันที่พบมากที่สุด โดยเฉพาะในฤดูร้อน รองลงมาคือ EPA และ ARA ยกเว้นในฤดูฝนที่พบว่า ปริมาณ DHA ลดลงจนใกล้เคียงกับปริมาณ EPA ปริมาณ EPA พบได้ใกล้เคียงกับในทุกฤดูกาล ส่วน ARA พบมากในฤดูร้อน เช่นเดียวกัน รองลงมาคือ ฤดูหนาวและฤดูฝน สรุปว่า หอยแครงมีกรดไขมันชนิดที่สำคัญในกลุ่ม PUFA มากที่สุดในฤดูร้อน และน้อยที่สุดในฤดูฝนซึ่งตรงกับฤดูวางไข่

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ EPA และ DHAในหอยแครงกับหอยแมลงภู่และหอยนางรมที่ศึกษา พบว่า หอยแครงมีปริมาณ EPA น้อยกว่าเกือบ 1 เท่า ในทุกฤดูกาล และ DHA มีค่าใกล้เคียงกันกับหอยทั้งสองชนิด ยกเว้น หอยแมลงภู่ในฤดูฝนมี DHA สูงกว่าหอยแครงประมาณ 0.8 เท่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหอยแครงอาศัยในดินโคลน กินอาหารโดยการกรองจากน้ำทะเล ส่วนใหญ่เป็นอินทรียวัตถุที่เน่าเปื่อย รวมทั้งสัตว์และพืชขนาดเล็กจำพวกแพลงก์ตอน (ธีรยา และคณะ, 2547) อาจจะส่งผลให้มีองค์ประกอบของกรดไขมันแตกต่างกัน

ตารางที่ 23 องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ของหอยแครง

ชนิดของกรดไขมัน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
C14:0^{ns}	9.21±2.63	8.91±1.59	8.01±1.49
C16:0	30.40±5.33 ^{b}	38.32±4.97 ^{a}	39.88±8.27 ^{a}
C18:0	6.45±1.62 ^{c}	12.75±2.36 ^{a}	9.10±1.96 ^{b}
∑ SFA	46.06±5.53 ^{b}	59.98±5.24^{a}	56.98±9.39^{a}
C14:1	0.97±0.56^{b}	1.60±0.82 ^{ab}	1.82±0.63 ^{a}
C16:1	14.78±3.13 ^{a}	11.14±3.03	14.26±2.70 ^{a}
C18:1 n-9^{ns}	13.84±1.77	12.14±2.31	13.60±3.48
C18:1 n-7	7.29±1.83 ^{ab}	5.64±2.55 ^{b}	7.56±1.58 ^{a}
C20:1	3.79±1.91 ^{b}	5.69±2.11 ^{a}	3.86±1.47 ^{b}
C22:1	6.63±2.71 ^{b}	14.30±1.75 ^{a}	13.27±2.65 ^{a}
∑ MUFA	47.29±4.80 ^{b}	50.52±6.36 ^{ab}	54.37±5.02 ^{a}
C18:2	3.67±1.71 ^{a}	4.19±1.03 ^{a}	2.19±0.95 ^{b}
C18:3	2.30±1.16 ^{b}	4.33±1.36 ^{a}	2.66±1.53 ^{b}
C20:2	0.65±0.54 ^{a}	0.23±0.09 ^{b}	n.d
C20:3	0.52±0.15 ^{a}	n.d	n.d
C20:4 (ARA)	10.75±1.96 ^{a}	12.18±3.35 ^{a}	8.57±1.93 ^{b}
C20:5 (EPA)^{ns}	18.92±3.68	18.84±2.61	18.42±3.62
C22:6 (DHA)	22.58±5.27 ^{a}	24.05±4.75 ^{a}	17.73±3.50^{b}
∑ PUFA	58.91±3.82 ^{a}	63.63±8.65 ^{a}	49.58±9.44^{b}
Total fatty acid*	152.26±7.21 ^{b}	174.13±9.88 ^{a}	160.93±15.56 ^{b}

หมายเหตุ n.d. = ไม่พบ, SFA = กรด ไขมันอิ่มตัว, MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะ, PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ, * = ผลรวมเฉพาะกรดไขมันที่จำแนกได้

a b c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns แสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

3.4 หอยลาย

3.4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพ

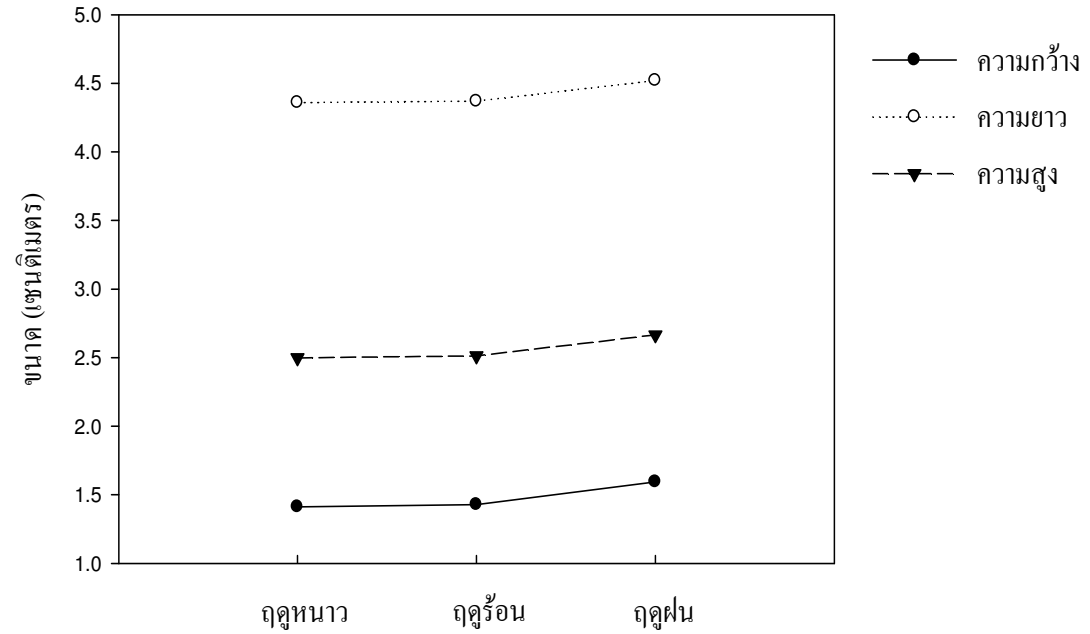
ผลการศึกษา ขนาดและน้ำหนักของหอยลาย แสดงดังตารางที่ 24 ภาพที่ 18 และ 19 พบว่า ในฤดูฝนหอยลายมีขนาด น้ำหนัก และเปอร์เซ็นต์เนื้อหอยมากที่สุด แสดงให้เห็นถึงภาวะความอ้วนหรือสมบูรณ์ของหอยลาย เนื่องจากอยู่ในระยะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์สุกหรือช่วงก่อนการวางไข่ (จินตนา, 2543) และมีขนาด และน้ำหนักลดลงในฤดูหนาว และฤดูร้อน ซึ่งอาจเป็นเพราะหอยลายที่ศึกษามีการวางไข่ในช่วงนี้ ใกล้เคียงกับการศึกษาของ สุนันท์ (2530) รายงานว่าจากการประเมินดรรชนีความสมบูรณ์ของเนื้อหอย ช่วงที่หอยลายมีความสมบูรณ์สูงสุดอยู่ในช่วงเดือนธันวาคม ถึง มีนาคม และลดลงในช่วงการวางเซลล์สืบพันธุ์วางไข่ในเดือนเมษายน โดยส่วนใหญ่พบว่าแต่ละสถานที่มีช่วงระยะเวลาในการวางไข่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของบริเวณที่หอยอาศัยอยู่ (จินตนา, 2543)

ตารางที่ 24 ลักษณะทางกายภาพของหอยลาย

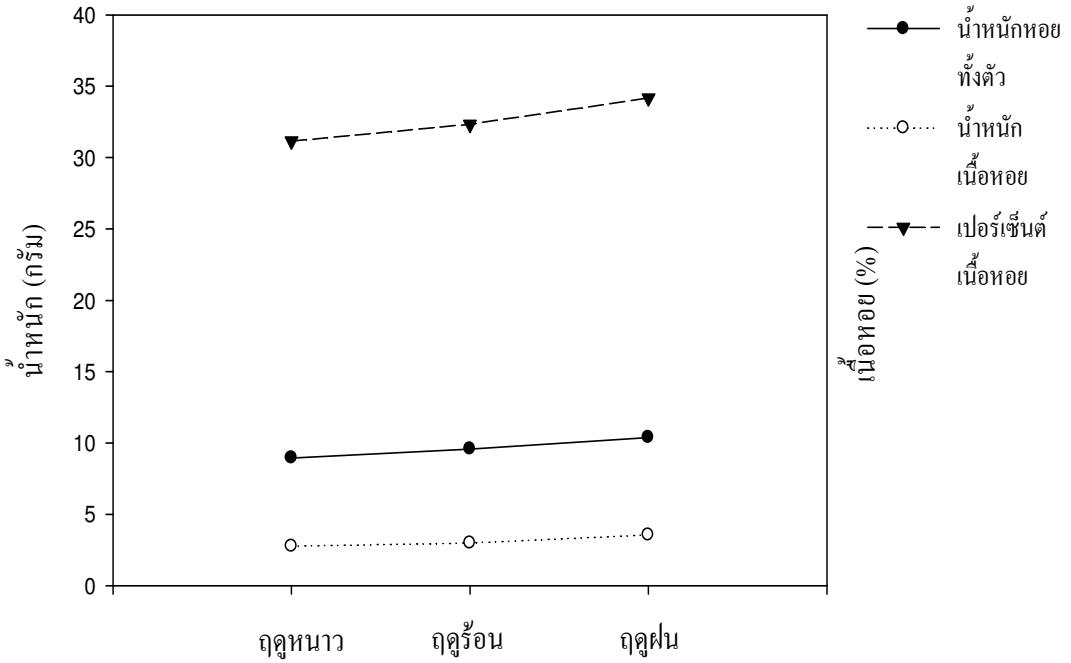
ลักษณะทางกายภาพ	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
ความกว้าง (ซม.)	1.41±0.10 ^{b}	1.43±0.06 ^{b}	1.59±0.23 ^{a}
ความยาว (ซม.)	4.36±0.24 ^{b}	4.37±0.16 ^{b}	4.52±0.37 ^{a}
ความสูง (ซม.)	2.50±0.15 ^{b}	2.51±0.10 ^{b}	2.67±0.24 ^{a}
น้ำหนักทั้งตัว(กรัม)	8.96±1.51 ^{b}	9.58±1.93 ^{ab}	10.39±2.58 ^{a}
น้ำหนักเนื้อ (กรัม)	2.77±0.44 ^{b}	3.00±0.40 ^{b}	3.57±1.14 ^{a}
เปอร์เซ็นต์เนื้อ (%)	31.16±3.59 ^{b}	32.77±6.39 ^{ab}	34.17±6.99 ^{a}

หมายเหตุ a b ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns แสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)



ภาพที่ 18 ความกว้าง ความยาว และความสูงของหอยลาย



ภาพที่ 19 น้ำหนักหอยทั้งตัว น้ำหนักเนื้อ และเปอร์เซ็นต์เนื้อของหอยลาย

3.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี แสดงดังตารางที่ 25 พบว่า ในฤดูฝนมีปริมาณไขมันมากที่สุด คือ ร้อยละ 1.14 สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพ คือ หอยมีขนาดใหญ่ที่สุด และน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาเป็นฤดูหนาวและฤดูร้อน ร้อยละ 0.90 และ 0.78 ตามลำดับ โดยในฤดูร้อนเป็นช่วงภายหลังจากการวางไข่ ซึ่งเมื่อผ่านระยะเวลาของการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์มีผลทำให้องค์ประกอบของโปรตีน และไขมันลดลง เนื่องจากมีการสูญเสียพลังงานในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์วางไข่ (จินตนา, 2543; Lue and Thoa, 2003; Orban *et al.*, 2006) ส่วนปริมาณโปรตีนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ตลอดทุกฤดูกาล

ตารางที่ 25 องค์ประกอบทางเคมีในหอยลาย (ร้อยละของน้ำหนักเปียก)

องค์ประกอบทางเคมี	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
ความชื้น	80.79±0.95 ^{ab}	83.24±1.23 ^{a}	79.13±0.18 ^{b}
โปรตีน ^{ns}	11.85±3.49	10.98±1.73	12.35±1.07
ไขมัน	0.98±0.10 ^{b}	0.78±0.06 ^{c}	1.14±0.07 ^{a}
คาร์โบไฮเดรต ^{ns}	4.52±0.89	3.42±1.86	5.34±1.10
เถ้า ^{ns}	1.83±0.24	1.56±0.57	2.02±0.22

หมายเหตุ a b c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns แสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

3.4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในหอยลาย ดังตารางที่ 26 พบว่ากรดไขมันกลุ่ม PUFA มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็น SFA และ MUFA ในทุกฤดูกาล เช่นเดียวกับ การศึกษาของ Orban *et al.* (2006) ที่รายงานว่า กรดไขมันกลุ่ม PUFA มีปริมาณ 41.6-48.1 เปอร์เซ็นต์ มากกว่ากลุ่ม SFA และ MUFA เท่ากับ 29.1-39.3 และ 14.2-23.4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ตลอดทุกฤดูกาล จากผลวิเคราะห์กรดไขมันในหอยลายพบว่า มีทั้งหมด 16 ชนิด

ตารางที่ 26 องค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำมัน) ของหอยลาย

ชนิดของกรดไขมัน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
C14:0	6.81±0.81 [b]	9.76±2.14 [a]	11.09±2.27 [a]
C16:0	44.39±6.55 [a]	38.79±4.95 [b]	42.43±6.90 [ab]
C18:0	12.08±3.57 [a]	11.69±2.31 [a]	8.35±1.95 [b]
∑ SFA [ns]	63.28±5.39	60.24±5.23	61.88±10.27
C14:1	0.18±0.06 [b]	0.71±0.53 [a]	1.09±0.43 [a]
C16:1	13.88±2.61 [b]	16.90±3.55 [a]	17.81±3.83 [a]
C18:1 n-9	12.27±1.46 [b]	13.44±2.23 [b]	15.63±1.82 [a]
C18:1 n-7	4.65±1.17 [b]	8.52±2.36 [a]	9.40±2.04 [b]
C20:1	3.36±0.82 [ab]	4.24±1.42 [a]	2.92±1.37 [b]
C22:1	5.19±1.66 [a]	3.03±1.29 [b]	4.67±1.38 [a]
∑ MUFA	39.53±6.02 [a]	46.84±3.72 [b]	51.43±5.85 [a]
C18:2	0.88±0.25 [b]	3.57±1.51 [a]	0.32±0.20 [b]
C18:3	0.33±0.07 [a]	2.10±0.83 [a]	0.94±0.14 [b]
C20:2	1.27±0.31 [a]	1.26±0.69 [a]	0.97±0.45 [b]
C20:3	0.77±0.03 [a]	0.63±0.34 [a]	0.50±0.34 [b]
C20:4 (ARA)	9.65±1.40 [b]	13.30±3.76 [a]	11.24±1.27 [b]
C20:5 (EPA)	23.51±3.03 [b]	20.23±4.48 [b]	40.32±5.31 [a]
C22:6 (DHA)	36.27±4.49 [a]	27.16±4.78 [b]	22.65±4.21 [c]
∑ PUFA [ns]	71.74±6.23	68.24±11.40	75.75±7.85
Total fatty acid*	174.55±9.23 [b]	175.33±15.10 [b]	189.06±22.50 [a]

หมายเหตุ n.d. = ไม่พบ, SFA = กรดไขมันอิ่มตัว, MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะ
PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ, * = ผลรวมเฉพาะกรดไขมันที่จำแนกได้
a b c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
ns แสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

เช่นเดียวกับหอยแครง โดยกรดไขมันชนิด palmitic acid; C16:0 เป็นกรดไขมันชนิดหลักที่พบมากที่สุดเช่นเดียวกับการศึกษาในหอยชนิดอื่นๆ

ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของฤดูกาล พบว่า ในฤดูฝนซึ่งเป็นฤดูที่หอยมีขนาด น้ำหนัก และปริมาณไขมันมากที่สุด หอยลายมีปริมาณกรดไขมันกลุ่ม PUFA สูงที่สุด โดย EPA เป็นกรดไขมันที่พบมากที่สุดคือ มีค่าเท่ากับ 40.32 มิลลิกรัม/กรัม มากกว่าฤดูร้อนและฤดูหนาวเกือบ 1 เท่า ตรงกันข้ามกับปริมาณของ DHA ที่มีปริมาณต่ำสุดในฤดูฝน สาเหตุที่มีกรดไขมันชนิด EPA สูงในฤดูฝน ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านแหล่งอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อรุณี (2525) รายงานว่า แหล่งอาศัยของหอยลายบริเวณตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์หนาแน่นในเดือนพฤษภาคม ส่วนใหญ่เป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่ม *Chaetocerros* และ *Nitzschia* และแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบสม่ำเสมอ คือ *Copepod* ซึ่งแพลงก์ตอนเหล่านี้เป็นแหล่งของกรดไขมันที่สำคัญ เช่น EPA เป็นต้น ส่งผลให้หอยลายมีปริมาณไขมันและองค์ประกอบของกรดไขมันสูงที่สุดในฤดูฝน

สรุปผลการทดลอง

1. วิธีการสกัดไขมันและวิธีการเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมันที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน ในตัวอย่างหอยทะเลสองฝาคือ วิธีของ Holub and Skeaff (1987) เนื่องจากสามารถจำแนกชนิดของกรดไขมันได้มากกว่าและวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันได้มากกว่าวิธีของ AOCS (1997) โดยเฉลี่ยมากกว่า 2 เท่า ในทุกชนิดกรดไขมันและตัวอย่างหอยทุกชนิดที่ศึกษา งานวิจัยนี้มีประโยชน์ในการกำหนดวิธีวิเคราะห์กรดไขมันที่เหมาะสมในหอยสองฝา เพื่อให้ผลวิเคราะห์มีความถูกต้องมากขึ้น

2. ผลการศึกษาหอยแมลงภู่อายุ 3-8 เดือน พบว่า คุณสมบัติของน้ำทะเลบริเวณแหล่งเลี้ยงอยู่ในระดับที่เหมาะสมทำให้หอยมีการเจริญเติบโตได้ดี โดยเฉลี่ยในระหว่างการเจริญเติบโตหอยจะเพิ่มความยาวมากที่สุด รองลงมาคือความสูงและความกว้าง ตามลำดับ มีน้ำหนักทั้งตัว และน้ำหนักเนื้อหอยเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6-9 และ 1-3 กรัม/เดือน ในช่วง 6-8 เดือน มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 13.19 ส่วนไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ในหอยขนาดใหญ่ (อายุ 6-8 เดือน) มีสูงกว่า หอยขนาดเล็ก (อายุ 3-5 เดือน) เกือบ 1 เท่า ส่วนกรดไขมันกลุ่ม PUFA มีมากที่สุด ตั้งแต่อายุ 6 เดือน ขึ้นไป โดยเฉพาะ EPA พบในหอยขนาดใหญ่มากกว่าหอยขนาดเล็กเกือบ 1 เท่า ตรงกันข้ามกับ DHA พบสูงสุดในอายุ 4 เดือนเท่ากับ 25.75 มิลลิกรัม/กรัม ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับปัจจัยทางด้านแหล่งอาหารเป็นหลัก และในฤดูกาลวางไข่หอยเพศมีกรดไขมัน PUFA น้อยกว่าเพศผู้อย่างมีนัยสำคัญ

3. ผลการศึกษาสรุปได้ว่าหอยแมลงภู่จัดเป็นแหล่งที่ดีของกรดไขมันประเภท PUFA ได้แก่ EPA และ DHA ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ และหอยแมลงภู่ในฤดูร้อนและฤดูฝนมีความสมบูรณ์และมีคุณค่าทางอาหารสูงเหมาะสำหรับการบริโภค กล่าวคือ มีขนาด น้ำหนัก ปริมาณไขมัน ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตลอดจนองค์ประกอบของกรดไขมันประเภท EPA และ DHA สูงกว่าในฤดูหนาว

4. ผลการศึกษาในหอยนางรมปากจีบ พบว่า หอยมีความสมบูรณ์มากที่สุดในฤดูร้อน โดยมีความยาว ความสูง น้ำหนักทั้งตัวและน้ำหนักเนื้อสูงที่สุด อุดมไปด้วยโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต โดยเฉพาะไขมันในฤดูร้อนและฤดูฝนมีปริมาณมากกว่าฤดูหนาวเกือบ 1-2 เท่า ส่วนกรดไขมันกลุ่ม PUFA สูงที่สุดในฤดูร้อน โดยเฉพาะ EPA สูงถึง 42.30 มิลลิกรัม/กรัม ในฤดูร้อนสูงกว่าฤดูฝนและฤดูหนาว รองลงไปคือ DHA และ ARA ในทุกฤดูกาล เนื่องจากในฤดูร้อน

เป็นฤดูที่มีแพลงก์ตอนอุดมสมบูรณ์ ทำให้หอยนางรมปากจีบมีการเจริญเติบโตได้ดีและมี EPA สูง ส่วนในหนาวอาจทำให้ต้องสูญเสียกรดไขมันบางส่วนไปพร้อมกับการวางไข่

5. การศึกษาในหอยแครง พบว่า หอยมีความสมบูรณ์มากที่สุดในฤดูร้อน (เมษายน) โดยมีความกว้าง น้ำหนักทั้งตัว น้ำหนักเนื้อสูงที่สุด และมีความชื้น และคาร์โบไฮเดรต ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ฤดูกาล ยกเว้น โปรตีน มีมากที่สุดในฤดูหนาว ส่วนกรดไขมันกลุ่ม PUFA เป็นกรดไขมันที่พบมากที่สุด ยกเว้น ในฤดูฝน พบว่า มี PUFA น้อยกว่า SFA และ MUFA โดยพบกรดไขมันชนิด DHA สูงสุดในฤดูร้อน รองจาก palmitic acid ส่วนปริมาณ EPA พบได้ใกล้เคียงกับในทุกฤดูกาล โดยฤดูวางไข่ของหอยแครงตรงกับฤดูฝน มีผลให้หอยมี น้ำหนัก ไขมัน โปรตีน และกรดไขมันกลุ่ม PUFA ลดลงในฤดูฝน

6. การศึกษาในหอยลาย พบว่า หอยมีความสมบูรณ์ที่สุดในฤดูฝนโดยมีขนาด น้ำหนัก ปริมาณไขมัน ปริมาณกรดไขมันกลุ่ม PUFA สูงที่สุดกรดไขมันเด่นที่พบในหอยลาย คือ EPA มีปริมาณสูงถึง 40.32 มิลลิกรัม/กรัม ในฤดูฝนซึ่งสูงกว่า ฤดูร้อนและฤดูหนาว ถึงเกือบเท่าตัว เหตุผลที่หอยลายมีความสมบูรณ์ในฤดูฝน เนื่องจากเป็นฤดูกาลเตรียมวางไข่ และมีแหล่งอาหารอาหารอุดมสมบูรณ์

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาการคัดเลือกวิธีการเตรียมอนุพันธ์ของกรดไขมันที่เหมาะสม ตามวิธีของ Holub and Skeaff (1987) ในขั้นตอนของการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14-16 ชั่วโมง เพื่อช่วยให้ไขมันเกิดการไฮโดรไลซ์อย่างสมบูรณ์นั้น ควรมีการศึกษาการการเพิ่มอุณหภูมิ ซึ่งอาจจะช่วยลดระยะเวลาในการไฮโดรไลซ์ตัวอย่างให้น้อยลงได้ หรือศึกษาวิธีการอื่นๆ เพิ่มเติม

2. ในการศึกษาปัจจัยด้านอายุของหอยแมลงภู่อายุ 3-8 เดือนนี้ เป็นการศึกษาเพียงรุ่นเดียว ค่าวิเคราะห์ที่ได้แตกต่างกันนั้น อาจเกิดจากปัจจัยด้านอายุ หรือสิ่งแวดล้อม เช่น ฤดูกาล และอาหารร่วมด้วย จึงไม่สามารถสรุปปัจจัยที่แน่นอนได้ ควรมีการศึกษาหอยในช่วงอายุเดียวกัน แต่ในช่วงฤดูกาลอื่น เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลอาจทำให้มีข้อมูลเพื่อสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3. ควรศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอน บริเวณแปลงเลี้ยงหอยประกอบ เนื่องจากแพลงก์ตอนบางชนิดสามารถบ่งบอกถึงองค์ประกอบและปริมาณกรดไขมันได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมล เพ็ชรมี. 2546. **การเลี้ยงหอยแมลงภู่บนผืนอวนชนิดโพลีเอธทีลีน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____, ชัยชาญ มหาสวัสดิ์, อุดม สิทธิภู่ประเสริฐ และ ส่งศรี มหาสวัสดิ์. 2546. การเลี้ยงหอยแมลงภู่บนผืนอวนชนิดโพลีเอธทีลีน. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 (สาขาประมง)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กรมประมง. 2536. **คู่มือการเลี้ยงหอยแครง.** กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2549. **คู่มืออบรมเกษตรกรโครงการ แปลงสินทรัพย์เป็นทุน Sea Food Bank**. ศูนย์ปฏิบัติงานโครงการ Sea Food Bank กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2548. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2548**. ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองประมงทะเล. 2535. หอยลายในประเทศไทย, 62 หน้า. *ใน* กลุ่มวิชาการสำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล. 2548. **หอยลายในประเทศไทย**. กองประมงทะเล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 2536. **คู่มือการเลี้ยงหอยแมลงภู่**. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการ. 2530. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย**. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.

_____. 2544. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย**. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.

กองส่งเสริมการประมง. 2536. **การเลี้ยงหอยแมลงภู่**. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ขวัญฤทัย ถนอมเกียรติ. 2537. **การสำรวจความชุกชุมและการแพร่กระจายของพันธุ์หอยแครงบริเวณทะเลชายฝั่ง**. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

จรวย สุขแสงจันทร์. 2543. **การจำแนกชนิดของหอยนางรมบริเวณสถานีวิจัยทรัพยากรชายฝั่งระนอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุนันท์ ประทุมยศ. 2539. **องค์ประกอบในกระเพาะอาหารและพัฒนาการอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยนางรมบริเวณอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี**. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.

จิตรา ตีระเมธี. 2541. **การเจริญเติบโตของหอยแมลงภู่ *(Perna viridis* Linnaeus) เลี้ยงแบบแขวนใต้โครงกระชัง แพโฟม และเส้นเชือกยาวติดทุ่นลอย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จินตนา จินดาลิขิต. 2543. **ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของหอยลาย *Paphia undulate* (Born, 1778) บริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 16. ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนบน กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ชุตินันท์ ศรีสัมพันธ์. 2544. **วงศ์สืบพันธุ์ของหอยแครง (*Anadara granosa* L.) จากบริเวณเมืองใหม่ จังหวัดชลบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ธีรยา ช่วยสุรินทร์, ณัฐพงศ์ ต้นสาลี และ ชอุ่ม สุขช่วย. 2547. **สภาพแวดล้อมและฤดูกาลเกิดของลูกพันธุ์หอยแครง (*Anadara granosa,* Linnaeus) บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 28. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎร์ธานี สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน**. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิวดี ทุมวัน. 2543**. ผลของวิธีการเก็บรักษาคีโตเซอรอสที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันอีพีเอ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นัยนา บุญทวียุวัฒน์. 2546. **ชีวเคมีทางโภชนาการ (Nutritional Biochemistry)**. ซิกม่าดีไซน์กราฟฟิก, กรุงเทพฯ.

วันทนา อยู่สุข. 2528. **การเลี้ยงหอยทะเล**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิชิต ศรีมุกดา, ลือชัย ดรุณชู และ จรัญ วงษ์วิวัฒนาวุฒิ. 2539. **การศึกษาอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมต่อการตกของลูกหอยแครงบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง และอ่าวชลบุรี**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 17. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ฉะเชิงเทรา กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมพงศ์ สหพงศ์. 2540. **น้ำมันปลา น้ำมันลดไขมัน**. รวมทรรศน์, กรุงเทพฯ.

สมสมร แก้วบริสุทธิ์. 2540. **สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแอซิดออยล์เพื่อใช้ผลิตกรดไขมันซึ่งมี EPA และ DHA เข้มข้น โดยวิธีการตกผลึกด้วยยูเรีย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถานีวิจัยประมงศรีราชา และภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง. 2550. **โครงการศึกษาดัชนีคุณภาพในด้านสัดส่วนเนื้อ ความแน่นเนื้อ ค่าความสดทางเคมี ประสาทสัมผัส และจุลินทรีย์ หอยสองฝา**. รายงานฉบับสมบูรณ์ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ. 2546. **คู่มือการเพาะและอนุบาลหอยนางรมสำหรับการเลี้ยง**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ประสุขชัยการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สุนันท์ ทวยเจริญ. 2528. **ชีวประวัติเบื้องต้นของหอยแครง**. เอกสารประกอบการบรรยายในการอบรมหลักสูตรประมงจังหวัด. ภาควิชาการประมง รุ่นที่ 2 ระหว่างวันที่ 11-23 มีนาคม 2528 ณ. สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดสตูล ฝ่ายสำรวจแหล่งเพาะเลี้ยง กองประมงน้ำกร่อย กรมประมง. (อัดสำเนา)

_____. 2530. **ดรรชนีความสมบูรณ์ของหอยลายที่ จ. สุราษฎร์ธานี.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 18. ฝ่ายสำรวจแหล่งเพาะเลี้ยง กองประมงน้ำกร่อย กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ, ไตรเทพ วิชย์โกวิทเทน, อลงกต อินทรชาติ และ ปรเมษฐ์ พลอยประดับ. 2542. **การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการลงเกาะของลูกหอยแมลงภู่วันอ่อนในธรรมชาติ.** รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สถาบันวิจัยประมงศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรุณี จินดานนท์, ยอดชาย กรรณสูตร, ชาติ มงคลมาลย์ และ สไบทิพย์ อมรจารุชิต. 2525. **การศึกษาชีวประวัติเบื้องต้นของหอยลายที่ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 2. งานสำรวจแหล่งเพาะเลี้ยง กองประมงน้ำกร่อย กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อลงกต อินทรชาติ และ สาโรจน์ เริ่มดำริห์. 2548. การเจริญเติบโตของหอยแมลงภู่จากการเลี้ยงโดยวิธีเชือกล่อลูกหอยในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 (สาขาประมงและสาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abdulkadir S., and M. Tsuchiya. (2008). One-step method for quantitative and qualitative analysis of fatty acid in marine animal samples. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.** 354: 1-8.

Ackman, R. G. 2000. Fatty acids in fish and shellfish. pp. 153-174. *In* C. K. Chow, eds. **Fatty acids in food and their health implications**. Marcal Deker, Inc., New York.

AOAC, 1995. **Official Methods of Analysis.** 16th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.

_____. 2000. **Official Methods of Analysis.** 27th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.

AOCS, 1997. **Fatty Acid Composition by GLC – Marine oils**. AOCS Official Method Ce 1b-89. AOCS Press, Champaign, IL.

APHA, AWWA and WEF. 2000. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th ed., American Public Health Association, Washington, DC.

Bligh, E.G. and W.J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. **Journal Biochemistry Physiology**. 37: 911-917.

Cleland, L.G., M.J. James and S.M. Proudman. 2003. **The role of fish oils in the treatment of rheumatoid arthritis**. Drugs.

Chan, K. Y., Q. F. Gao., K. M. Yip., W. H. Wong., P. K. S. Shin and S. D. Cheung. 2004. Lipid content and fatty acid composition in the Green-lipid mussel *perna viridis* (L.). **Journal of Food Lipids.** 11(2): 123-130.

Chotimarkorn, C., S. Benjakul and N. Silalai. 2008. Antioxidative effects of rice bran extracts on refined tuna oil during storage. **Food Research International**, In press.

Chow, C. K. 2000. **Fatty acids in food and their health implications**. Marcal Deker, Inc., New York.

Dawczynski, C., R. Schubert and G. Jahreis. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. **Food Chemistry**. 103: 891-899.

Dore, I. 1991. **Shellfish**. Van Nostrand Reinhold, New York.

Dridi, S., M. S. Romdhane and M. Elcafsi. 2007. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in relation to the gametogenic cycle and environmental conditions of the Bizert lagoon, Tunisia. **Aquaculture**. 263: 238-248.

Dyerberg, J. 1986. Linoleate-derived polyunsaturated fatty acids and prevention of artherosclerosis. **Journal Nutrition**. 44: 125-134.

Fuentes, A., I. Fernandez-Segovia., I. Escriche and J.A. Serra. 2008. Comparison of physico-chemical parameters and composition of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) from different Spanish origins. **Food Chemistry**. 112: 295-302.

Galap, C., P. Netchitailo., F. Leboulenger and G. Jean-Pierre. 1999. Variations of fatty acid contents in selected tissues of the female dog cockle (*Glycymeris glycymeris* L., Mollusca, Bivalvia) during the annual cycle. **Comparative Biochemistry and Physiology**. 122: 241-254

Holub, B.J. and C.M. Skeaff. 1987. Nutrition regulation of cellular phosphatidylinositol. **Method in Enzymology**. 141: 234-244.

Indarti, E., M. Isa Abdul Majid., R. Hashim and A. Chong. 2005. Direct FAME synthesis for rapid total lipid analysis from fish oil and cod liver oil. **Journal of Food Composition and Analysis**. 18: 161-170.

Kinsella, J.E. 1987. **Seafood and fish oils in human health and disease**. Marcel dekker, Inc., New York.

Krzynowek, J. and J. Murphy. 1987. **Proximate Composition, Energy, Fatty Acid, Sodium, and Chollesterol Content of Finfish, Shellfish, and their Products**. Northeast Fisheries Center, National Marine Fisheries Service, NOAA. แหล่งที่มา: http://spo.nwr.noaa.gov/tr550pt.pdf. 23 กันยายน 2551.

Klaypradit, W. and Y. W. Huang. 2008. Fish oil encapsulation with chitosan using ultrasonic atomizer. **LWT**. 41: 1133-1139.

Lees, R.S. and M. Kerel. 1990. **Omega-3 fatty acid in health and disease**. Marcel Dekker, Inc., New York.

Li, D., Y. Zhang and A. J. Sinclair. 2007. Seasonal variations of lipid content and composition in *Perna viridis*. **Lipid**. 42: 739-747.

Linehana, L.G., T.P. O'Connora and G. Burnell. 1999. Seasonal variation in the chemical composition and fatty acid profile of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*). **Food Chemistry**. 64: 211-214.

Lue, N. T., and N. V. Thoa. 2003. **Chemical compositions and food value of clam (*Meretrix lyrata*)**. Research Institute of Aquaculture. แหล่งที่มา: http://www.fistenet.gov.vn /details_e.asp?Object=2111609&news_ID=15269271. 1 ตุลาคม 2551.

Malco, C. C., J. P. Kerry and A. L. Kelly. 2008. Fatty acids, volatile compounds and colour changes in high-pressure-treated oysters (*Crassostrea gigas*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 9: 54-61.

Martino, R.C. and G.M. Cruz. 2004. Proximate composition and fatty acid content of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* along the year seasons. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 47 (6): 955-960.

Mclean, C. H. and K. R. Bulling. 2005. Differences in lipid profile of New Zealand marine species over four seasons. **Journal of Food Lipids**. 12: 313-326.

Nettleton, J. A. 1995. **Omega-3 Fatty acid and Health**. Chapman & Hall, New York.

Orban, E., G. D. Lena., T. Nevigato., I. Casini., A. Marzetti and R. Caproni. 2002. Seasonal changes in meat content, condition index and chemical composition of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) cultured in two different Italian sites. **Food Chemistry**. 77: 57-65.

_____ , _____ , _____ , _____ , R. Caproni., G. Santaroni and G. Giulini. 2006. Nutritional and commercial quality of the striped venus clam, *Chamelea gallina*, from the Adriatic sea. **Food Chemistry**. 101: 1063-1070.

Pernet, F., S. Gauthier-Clerc., É. Mayrand. 2007. Change in lipid composition in eastern oyster (*Crassostrea virginica* Gmelin) exposed to constant or fluctuating temperature regimes. **Comparative Biochemistry and Physiology**. 147: 557–565.

Quayle, D. B. and G. F. Newkirk. 1989. **Farming bivalve molluscs: methods for study and development**. The world Aquaculture Society, Ottawa, Canada.

Shahidi, F. and J. W. Finley. 2001. **Omega-3 fatty acids chemistry, nutrition and health effects**. Chemical Society, Washington DC, American.

Stenzel, H. B. 1971. **Oyster. In: Treatise on Invertebrate Paleontology Pt. N**. Vol. 3 mollusca, Geol. Soc. Inc. & Univ. Kansas, Boulder, Colorado, America

Su, X., K. Antonas., D. Li., and P. Nichols. 2006. Seasonal variations of total lipid and fatty acid contents in the muscle of two Australian farmed Abalone species. **Journal of Food Lipids**. 13: 411-423.

Surh, J., J. Ryu and H. Kwon. 2003. Seasonal variation of fatty acid compositions in various Korean shellfish. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 51: 1617-1622.

Taylor, A. G. and C. Savage. 2006. Fatty acid composition of New Zealand green-lipped mussel, *Pernacanaliculus*: Implications for harvesting for n-3 extracts. **Aquaculture**. 216: 430-439.

Vakily, J.M. 1989. T**he Biology and Culture of Mussels of the Genus *Perna***. ICARM studies and Reviews 17, Manila.

Wildman, R.E.C. 2001. **Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods**. CRC Press, Boca Raton, FLA.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

ภาคผนวกที่ ก1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

1. อุปกรณ์

1.1 ตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

1.2 ภาชนะสำหรับหาความชื้น (Aluminium can)

1.3 โถดูดความชื้น (Desiccator)

1.4 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2. วิธีการทดลอง

2.1 หาน้ำหนักคงที่ของภาชนะสำหรับหาความชื้น โดยนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก แล้วนำเข้าตู้อบใหม่ ดำเนินการเหมือนครั้งแรก จนได้น้ำหนักคงที่ ไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

2.2 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2-5 กรัม ใส่ลงในภาชนะสำหรับหาความชื้น ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว

2.3 เกลี่ยตัวอย่าง แผ่ออกสม่ำเสมอ ให้มีเนื้อที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.4 นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบทำให้เย็นในโถดูดความชื้น นาน 20 นาที แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่าง แล้วนำเข้าตู้อบใหม่ ดำเนินการเหมือนครั้งแรก จนได้น้ำหนักคงที่ไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

2.5 นำผลที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณความชื้น ดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(A - B) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

A : น้ำหนัก aluminium can + น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

B : น้ำหนัก aluminium can + น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

ภาคผนวกที่ ก2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1995)

1. อุปกรณ์

1.1 หลอดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มิลลิลิตร

1.2 เครื่องมือวิเคราะห์โปรตีนแบบ Kjeldaltherm system ประกอบด้วย

- เครื่องย่อยรุ่น BUCHI 435
- เครื่องกลั่น (distillation) รุ่น BUCHI 323
- เครื่องกำจัดควันพิษ (scrubber unit) รุ่น BUCHI 412

1.3 ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร (Volumetric flask)

1.4 ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร (Erlenmeyer flask)

1.5 ปิเปต ขนาด 5, 10 มิลลิลิตร (pipett)

1.6 บิวเรต ขนาด 25 มิลลิลิตร (Burett)

1.7 กระดาษกรอง

1.8 ลูกแก้ว

2. สารเคมี

2.1 สารเร่งปฏิกิริยา (catalysts) ประกอบด้วย selenium reagent mixture ใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSo_4$) 11.5 กรัม ต่อโปแตสเซียมซัลเฟตปราศจากน้ำ (K_2SO_4) 100 กรัม

2.2 กรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)

2.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่นรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.4 สารละลายกรดบอริก (boric acid) เข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ชั่งกรดบอริก 20 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

2.5 กรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ที่ทำการหาความเข้มข้นที่แน่นอน

2.6 อินดิเคเตอร์ใช้ Fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution ชั่ง เมธิลลีนบลู (Methylene blue) 0.2 กรัม ละลายในเอทธานอล (Ethanol) 200 มิลลิลิตร และชั่งเมธิลเรด (Methyl red) 0.05 กรัม ละลายในเอทธานอล 50 มิลลิลิตร เวลานำมาผสมกัน ในอัตราส่วน Stock Solution 1 ส่วน : เอทธานอล 1 ส่วน : น้ำกลั่น 2 ส่วน

3. วิธีการทดลอง

3.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่กระดาษชั่งสาร แล้วพับใส่ใน หลอดย่อยเติม Selenium reagent mixture ประมาณ 1-2 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4 conc.) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และเตรียมหลอดเปรียบเทียบ (blank)

3.2 เปิดเครื่องดักจับไอกรด ประกอบเข้ากับเครื่องย่อย ให้ความร้อนอ่อนๆ ก่อนช่วงแรก ประมาณเลข 4 แล้วนาน 5-10 นาที จึงค่อยเพิ่มความร้อนของ heater มาถึงเลข 10 ย่อยเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง หรือจนกว่าตัวอย่างจะใสแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

3.3 เปิด Cooling unit ก่อนใช้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำเย็น นำขวดย่อยที่เย็นแล้ว ประกอบเข้าเครื่องกลั่นโปรตีนและใช้กรดบอริก 2 เปอร์เซ็น ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ผสมด้วยอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด ต่อเข้ากับชุดกลั่นเพื่อจับก๊าซ NH_3

3.4 เปิดสวิตช์ของเครื่องกลั่นซึ่งอยู่ทางด้านหลัง แล้วกดปุ่ม preheat เครื่องจะกลั่นและล้างน้ำในหลอด รอจนmode จะแสดงพร้อมที่จะใช้งาน ปรับโปรแกรมที่หน้าจอของเครื่องให้เป็น ดังนี้

- H_2O = 25 มิลลิลิตร
- dist. = 6 นาที
- NaOH = 110 มิลลิลิตร
- delay = 2 นาที

3.5 นำสิ่งที่กลั่นได้ไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งถึงจุดยุติเป็นสีชมพู จดปริมาตร 0.1 นอร์มอล ของ H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรท

3.6 ทำ blank โดยใช้ภาวะเดียวกันกับตัวอย่าง

3.7 คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนของตัวอย่างโดย

1 มิลลิลิตร ของสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับไนโตรเจน 0.0014 กรัม

- ไนโตรเจน (ร้อยละ) = $\frac{(Va - Vb) \times N \times 1.4}{W}$
- โปรตีน (ร้อยละ) = % Nitrogen × 6.25

กำหนดให้

Va = ปริมาตรของ H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่างอาหาร

Vb = ปริมาตรของ H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรทกับแบลงค์

N = นอร์มอลของ กรด H_2SO_4

W = น้ำหนักตัวอย่าง

CF = ค่าแฟกเตอร์ สำหรับเปลี่ยนไนโตรเจนให้เป็นโปรตีน

ภาคผนวกที่ ก3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

1. อุปกรณ์

1.1 อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) ประกอบด้วยบีกเกอร์ (Extraction cup) สำหรับใส่ตัวทำละลาย เครื่อง SOXTEC SYSTEM HT ประกอบด้วย

- Soxtec system HT 1043 extraction unit
- Soxtec system HT 1044 service unit
- เครื่องทำความเย็น (Cooling unit)

1.2 หลอดใส่ตัวอย่าง (Extraction thimble)

1.3 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

1.4 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.5 โถดูดความชื้น (Desiccator)

2. สารเคมี

2.1 ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether)

3. วิธีการทดลอง

3.1 อบบีกเกอร์สำหรับหาไขมัน (Extraction cup) ในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

3.2 ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วประมาณ 5 กรัม ใส่กระดาษกรองโดยเกลี่ยให้ตัวอย่างกระจายออกไปให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นแล้วม้วนใส่ใน Thimble

3.3 เปิดเครื่องทำความเย็นควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และเปิดน้ำให้เข้าเครื่อง extraction unit

3.4 ตั้งอุณหภูมิของเครื่องตัดอุณหภูมิอัตโนมัติของเครื่อง service unit ไว้ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส (สำหรับปิโตรเลียมอีเทอร์)

3.5 นำ Thimble ต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ของ extraction unit

3.6 เติมปิโตเลียมอีเทอร์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงใน extraction cup นำไปต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ (เครื่อง Service unit 1044)

3.7 เริ่มสกัดโดยเลื่อนปุ่มบังคับ thimble ให้อยู่ในตำแหน่ง boiling position เพื่อให้ thimble จุ่มอยู่ในปิโตรเลียมอีเทอร์ เริ่มสกัดโดยเปิดวาล์วของคอนเดนเซอร์ใช้เวลาสกัด 30 นาที

3.8 เมื่อครบเวลาสกัดแล้วเลื่อนปุ่มบังคับไปยังตำแหน่ง rinsing เพื่อให้ thimble แขวนอยู่และให้ปิโตรเลียมอีเทอร์ไหลชะล้างตัวอย่างประมาณ 10 นาที

3.9 ปิดวาล์วของคอนเดนเซอร์เพื่อให้ปิโตรเลียมอีเทอร์รวมอยู่ในคอนเดนเซอร์ กดสวิทซ์ Air และเลื่อนปุ่ม Evaporation ขึ้น เพื่อระเหย solvent ที่ยังตกค้างอยู่ใน Extraction cup ให้ระเหยไปประมาณ 2-3 นาที แล้วเลื่อนปุ่ม Evaporation ลง

3.10 เอา Extraction cup ออกโดยกดปุ่ม Control ซ้ายมือขึ้น แล้วดึง Cup holder ออกมา

3.11 นำ Thimble support holder ใส่เข้าไป แล้วกดปุ่ม Control ซ้ายมือลงเพื่อนำ Thimble ออกมา

3.12 นำ Extraction cup ไประเหยให้ solvent ระเหยออกให้หมด เหลือแต่ไขมันในตู้อบโดยใช้ความร้อนอ่อนๆ

3.13 นำ Extraction cup ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ของไขมันในตัวอย่าง ดังนี้

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักบีกเกอร์และไขมัน-น้ำหนักบีกเกอร์ครั้งแรก})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

ภาคผนวกที่ ก4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

1. อุปกรณ์

1.1 เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace)
1.2 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible) พร้อมฝาปิด
1.3 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
1.4 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
1.5 เตาไฟฟ้า Hot plate
1.6 โถดูดความชื้น (Desiccator)

2. วิธีการทดลอง

2.1 หาน้ำหนักทีแน่นอนของถ้วยกระเบื้องเคลือบ โดยอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำออกมาวางไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 20 นาที ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำอีก 1 ชั่วโมง ทำซ้ำจนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ (ชั่งฝาพร้อมถ้วยกระเบื้องเคลือบ)

2.2 ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วประมาณ 2 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน วางบนกระดาษกรอง ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบแล้วนำไปเผาไล่ควันบนเตาไฟฟ้า (hot plate) จนหมดควัน

2.3 นำไปเผาในเตาเผาอุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส นาน 5-12 ชั่วโมง จนได้เถ้าสีเทาอ่อนหรือสีขาวสม่ำเสมอ ไม่มีส่วนที่เป็นสีดำเหลืออยู่ (ระยะเวลาที่ใช้เผาขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณตัวอย่าง) แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งจนได้น้ำหนักคงที่

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ข1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมัน ในหอยแมลงภู่อายุ 3-8 เดือน

ชนิดกรดไขมัน	SOV	df	SS	MS	F
Myristic acid (C14:0)	อายุ (3-8เดือน)	5	114.115	22.823	5.22*
	Error	66	288.137	4.366	
Palmitic acid (C16:0)	อายุ (3-8เดือน)	5	2006.868	401.374	11.290*
	Error	66	2346.486	35.553	
Stearic acid (C18:0)	อายุ (3-8เดือน)	5	28.062	5.612	2.667*
	Error	66	138.904	2.105	
Total SFA	อายุ (3-8เดือน)	5	3195.717	639.143	17.539*
	Error	66	2405.136	36.411	
Myristoleic acid (C14:1)	อายุ (3-8เดือน)	5	9.691	1.938	9.933*
	Error	66	12.878	0.195	
Palmitoleic acid (C16:1)	อายุ (3-8เดือน)	5	1222.966	244.593	24.706*
	Error	66	653.410	9.900	
Oleic acid (C18:1 n-9)	อายุ (3-8เดือน)	5	118.697	23.739	5.638*
	Error	66	277.923	4.211	
Vaccenic acid (C18:1 n-7)	อายุ (3-8เดือน)	5	38.799	7.760	7.113*
	Error	66	72.007	1.091	
Gadoleic acid (C20:1)	อายุ (3-8เดือน)	5	127.029	25.406	11.578*
	Error	66	144.819	2.194	
Eicosenoic acid (C22:1)	อายุ (3-8เดือน)	5	168.197	33.639	14.475*
	Error	66	153.382	2.324	
Total MUFA	อายุ 3-8 เดือน	5	1605.969	321.194	10.758*
	Error	66	1970.549	29.857	
Linoleic acid (C18:2)	อายุ 3-8 เดือน	5	26.040	5.208	11.057*
	Error	66	31.088	0.471	

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ชนิดกรดไขมัน	SOV	df	SS	MS	F
Linolenic acid (C18:3)	อายุ 3-8 เดือน	5	46.849	9.370	35.191*
	Error	66	17.573	0.266	
Arachidonic acid (C20:4)	อายุ 3-8 เดือน	5	363.052	72.610	18.050*
	Error	66	265.499	4.023	
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	อายุ 3-8 เดือน	5	5223.176	1044.635	125.015*
	Error	66	551.500	8.356	
Docohexaenoic acid (C22:6)	อายุ 3-8 เดือน	5	720.596	144.119	12.539*
	Error	66	758.607	11.494	
Total PUFA	อายุ 3-8 เดือน	5	8793.754	1758.751	52.772*
	Error	66	2199.592	33.327	
Total fatty acid	อายุ 3-8 เดือน	5	33176.452	6635.290	52.371*
	Error	66	8370.716	126.829	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางผนวกที่ ข2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย T-test ขององค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย อายุ 3 เดือน

ชนิดของกรดไขมัน	T-test for Equality of Means		
	t	df	Sig. (2-tailed)
Myristic acid (C14:0)	-4.705	10	0.002*
Palmitic acid (C16:0)	0.410	10	0.691^{ns}
Stearic acid (C18:0)	-0.942	10	0.368^{ns}
Total SFA	-0.755	10	0.468^{ns}
Myristoleic acid (C14:1)	0.718	10	0.489^{ns}
Palmitoleic acid (C16:1)	-2.799	10	0.019*
Oleic acid (C18:1 n-9)	-1.428	10	0.184^{ns}
Vaccenic acid (C18:1 n-7)	0.064	10	0.950^{ns}
Gadoleic acid (C20:1)	0.225	10	0.827^{ns}
Eicosenoic acid (C22:1)	0.425	10	0.680^{ns}
Total MUFA	-1.011	10	0.336^{ns}
Linoleic acid (C18:2)	1.637	10	0.133^{ns}
Linolenic acid (C18:3)	-4.139	10	0.002*
Arachidonic acid (C20:4)	-2.126	10	0.59^{ns}
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	-0.760	10	0.465^{ns}
Docohexaenoic acid (C22:6)	-1.371	10	0.200^{ns}
Total PUFA	-1.490	10	0.167^{ns}
Total fatty acid	-1.319	10	0.217^{ns}

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ตารางผนวกที่ ข3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย T-test ขององค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย อายุ 4 เดือน

ชนิดของกรดไขมัน	T-test for Equality of Means		
	t	df	Sig. (2-tailed)
Myristic acid (C14:0)	-3.672	10	0.004*
Palmitic acid (C16:0)	-0.408	10	0.692^{ns}
Stearic acid (C18:0)	1.122	10	0.288^{ns}
Total SFA	-1.181	10	0.265^{ns}
Myristoleic acid (C14:1)	-0.136	10	0.895^{ns}
Palmitoleic acid (C16:1)	-3.264	10	0.009*
Oleic acid (C18:1 n-9)	1.332	10	0.213^{ns}
Vaccenic acid (C18:1 n-7)	-0.763	10	0.463^{ns}
Gadoleic acid (C20:1)	0.700	10	0.500^{ns}
Eicosenoic acid (C22:1)	0.251	10	0.807^{ns}
Total MUFA	-0.605	10	0.559^{ns}
Linoleic acid (C18:2)	-0.911	10	0.384^{ns}
Linolenic acid (C18:3)	-3.161	10	0.010*
Arachidonic acid (C20:4)	3.479	10	0.006*
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	-0.891	10	0.394^{ns}
Docohexaenoic acid (C22:6)	1.721	10	0.116^{ns}
Total PUFA	1.084	10	0.304^{ns}
Total fatty acid	-0.233	10	0.821^{ns}

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ตารางผนวกที่ ข4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย T-test ขององค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย อายุ 5 เดือน

ชนิดของกรดไขมัน	T-test for Equality of Means		
	t	df	Sig. (2-tailed)
Myristic acid (C14:0)	-1.611	10	0.138 ns
Palmitic acid (C16:0)	0.483	10	0.660 ns
Stearic acid (C18:0)	0.164	10	0.873 ns
Total SFA	0.122	10	0.906 ns
Myristoleic acid (C14:1)	-3.881	10	0.003 *
Palmitoleic acid (C16:1)	-5.172	10	0.000 *
Oleic acid (C18:1 n-9)	-1.420	10	0.186 ns
Vaccenic acid (C18:1 n-7)	-1.091	10	0.301 ns
Gadoleic acid (C20:1)	-2.502	10	0.031*
Eicosenoic acid (C22:1)	-3.599	10	0.005*
Total MUFA	-4.619	10	0.001*
Linoleic acid (C18:2)	0.178	10	0.863 ns
Linolenic acid (C18:3)	-0.427	10	0.679 ns
Arachidonic acid (C20:4)	0.989	10	0.346 ns
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	-0.594	10	0.566 ns
Docohexaenoic acid (C22:6)	2.007	10	0.73 ns
Total PUFA	1.014	10	0.334 ns
Total fatty acid	-1.096	10	0.299 ns

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ตารางผนวกที่ ข5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย T-test ขององค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย อายุ 6 เดือน

ชนิดของกรดไขมัน	T-test for Equality of Means		
	t	df	Sig. (2-tailed)
Myristic acid (C14:0)	-1.469	10	0.173 ns
Palmitic acid (C16:0)	-1.744	10	0.112 ns
Stearic acid (C18:0)	2.361	10	0.040 *
Total SFA	-1.082	10	0.305 ns
Myristoleic acid (C14:1)	3.835	10	0.003 *
Palmitoleic acid (C16:1)	-1.761	10	0.109 ns
Oleic acid (C18:1 n-9)	-0.113	10	0.912 ns
Vaccenic acid (C18:1 n-7)	1.432	10	0.183 ns
Gadoleic acid (C20:1)	0.011	10	0.991 ns
Eicosenoic acid (C22:1)	1.965	10	0.78 ns
Total MUFA	-0.254	10	0.804 ns
Linoleic acid (C18:2)	0.126	10	0.902 ns
Linolenic acid (C18:3)	1.045	10	0.320 ns
Arachidonic acid (C20:4)	1.948	10	0.080 ns
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	4.295	10	0.002 *
Docohexaenoic acid (C22:6)	2.128	10	0.059 ns
Total PUFA	6.090	10	0.000 *
Total fatty acid	2.048	10	0.068 ns

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ตารางผนวกที่ ข6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย T-test ขององค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย อายุ 7 เดือน

ชนิดของกรดไขมัน	T-test for Equality of Means		
	t	df	Sig. (2-tailed)
Myristic acid (C14:0)	-0.985	10	0.348 ns
Palmitic acid (C16:0)	-1.675	10	0.125 ns
Stearic acid (C18:0)	1.416	10	0.187 ns
Total SFA	-1.612	10	0.138 ns
Myristoleic acid (C14:1)	3.178	10	0.010 *
Palmitoleic acid (C16:1)	0.285	10	0.781 ns
Oleic acid (C18:1 n-9)	1.303	10	0.222 ns
Vaccenic acid (C18:1 n-7)	1.883	10	0.089 ns
Gadoleic acid (C20:1)	-4.202	10	0.002 *
Eicosenoic acid (C22:1)	2.729	10	0.021 *
Total MUFA	0.955	10	0.362 ns
Linoleic acid (C18:2)	2.617	10	0.026 *
Linolenic acid (C18:3)	-3.060	10	0.012 *
Arachidonic acid (C20:4)	8.061	10	0.000 *
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	-3.999	10	0.003 *
Docohexaenoic acid (C22:6)	-1.512	10	0.161 ns
Total PUFA	-1.635	10	0.133 ns
Total fatty acid	-1.545	10	0.153 ns

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ตารางผนวกที่ ข7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย T-test ขององค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย อายุ 8 เดือน

ชนิดของกรดไขมัน	T-test for Equality of Means		
	t	df	Sig. (2-tailed)
Myristic acid (C14:0)	-2.358	10	0.040 *
Palmitic acid (C16:0)	0.120	10	0.907 ns
Stearic acid (C18:0)	-2.085	10	0.064 ns
Total SFA	-1.070	10	0.310 ns
Myristoleic acid (C14:1)	-1.014	10	0.335 ns
Palmitoleic acid (C16:1)	-0.143	10	0.889 ns
Oleic acid (C18:1 n-9)	0.834	10	0.424 ns
Vaccenic acid (C18:1 n-7)	0.227	10	0.825 ns
Gadoleic acid (C20:1)	1.073	10	0.309 ns
Eicosenoic acid (C22:1)	0.974	10	0.353 ns
Total MUFA	0.596	10	0.565 ns
Linoleic acid (C18:2)	0.695	10	0.503 ns
Linolenic acid (C18:3)	2.320	10	0.043 *
Arachidonic acid (C20:4)	1.405	10	0.190 ns
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	-2.608	10	0.026 *
Docohexaenoic acid (C22:6)	-2.310	10	0.044 *
Total PUFA	-1.659	10	0.128 ns
Total fatty acid	-0.812	10	0.436 ns

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ตารางผนวกที่ ข8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะทางกายภาพของหอยแมลงภู่

ลักษณะการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F
ความกว้าง (ซม.)[ns]	ชุดการทดลอง	2	1.600	0.800	15.222 *
	Error	117	6.148	0.053	
ความยาว (ซม.)	ชุดการทดลอง	2	12.737	6.368	13.070 *
	Error	117	57.009	0.487	
ความสูง (ซม.)	ชุดการทดลอง	2	0.428	0.214	3.782 *
	Error	117	6.624	0.057	
น้ำหนักทั้งตัว (กรัม)	ชุดการทดลอง	2	276.129	138.064	2.756 *
	Error	117	5862.024	50.103	
น้ำหนักเนื้อ (กรัม)	ชุดการทดลอง	2	638.100	319.050	48.668 *
	Error	117	767.003	6.556	
เปอร์เซ็นต์เนื้อ (%)	ชุดการทดลอง	2	5961.309	2980.654	83.105 *
	Error	117	4196.320	35.866	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ตารางผนวกที่ ข9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีของหอยแมลงภู่

ลักษณะการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F
ความชื้น	ชุดการทดลอง	2	19.012	9.506	3.621 *
	Error	9	23.627	2.625	
โปรตีน	ชุดการทดลอง	2	3.359	1.679	2.594 ^{ns}
	Error	9	5.826	0.647	
ไขมัน	ชุดการทดลอง	2	2.461	1.230	19.071*
	Error	9	0.581	0.065	
คาร์โบไฮเดรต	ชุดการทดลอง	2	21.329	10.665	0.006 *
	Error	9	10.133	1.126	
เถ้า	ชุดการทดลอง	2	1.606	0.803	50.646 *
	Error	9	0.143	0.016	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ภาคผนวกที่ ข10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันของหอยแมลงภู่

ชนิดกรดไขมัน	SOV	df	SS	MS	F
Myristic acid (C14:0)	ฤดูกาล	2	81.160	40.580	4.173 *
	Error	69	670.985	9.724	
Palmitic acid (C16:0)	ฤดูกาล	2	513.171	256.586	3.727 *
	Error	69	4750.00	68.841	
Stearic acid (C18:0)	ฤดูกาล	2	161.070	80.535	7.026 *
	Error	69	790.870	11.462	
Total SFA	ฤดูกาล	2	1746.827	873.414	6.037 *
	Error	69	9982.510	144.674	
Myristoleic acid (C14:1)	ฤดูกาล	2	24.512	12.256	15.855 *
	Error	69	53.338	0.773	
Palmitoleic acid (C16:1)	ฤดูกาล	2	80.763	40.381	1.496 ^{ns}
	Error	69	1862.370	26.991	
Oleic acid (C18:1 n-9)	ฤดูกาล	2	251.412	125.706	14.002 *
	Error	69	619.448	8.978	
Vaccenic acid (C18:1 n-7)	ฤดูกาล	2	92.184	46.092	10.564 *
	Error	69	301.062	4.363	
Gadoleic acid (C20:1)	ฤดูกาล	2	214.326	107.163	22.350 *
	Error	69	330.837	4.795	
Eicosenoic acid (C22:1)	ฤดูกาล	2	255.735	127.867	10.148 *
	Error	69	869.427	12.600	
Total MUFA	ฤดูกาล	2	1707.054	853.527	10.758 *
	Error	69	5474.307	79.338	
Linoleic acid (C18:2)	ฤดูกาล	2	12.020	6.010	5.111 *
	Error	69	81.138	1.176	

ภาคผนวกที่ ข10 (ต่อ)

ลักษณะการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F
Linolenic acid (C18:3)	ฤดูกาล	2	0.995	0.498	0.461 ^{ns}
	Error	69	74.465	1.079	
Arachidonic acid (C20:4)	ฤดูกาล	2	957.984	478.992	38.788 *
	Error	69	852.068	12.349	
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	ฤดูกาล	2	1616.043	808.022	12.616 *
	Error	69	4419.260	64.047	
Docohexaenoic acid (C22:6)	ฤดูกาล	2	1722.124	861.062	30.065 *
	Error	69	1976.181	28.640	
Total PUFA	ฤดูกาล	2	5073.338	2536.669	17.164 *
	Error	69	10197.507	147.796	
Total fatty acid	ฤดูกาล	2	15735.719	7867.859	13.589 *
	Error	69	39950.342	578.990	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ภาคผนวกที่ ข11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันของหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมีย

ชนิดกรดไขมัน	SOV	df	SS	MS	F
Myristic acid (C14:0)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	208.366	41.673	5.058 *
	Error	66	543.779	8.239	
Palmitic acid (C16:0)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	1589.627	317.925	5.712 *
	Error	66	3673.544	55.660	
Stearic acid (C18:0)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	181.935	36.837	3.119 *
	Error	66	770.005	11.667	
Total SFA	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	3055.202	611.040	4.649 *
	Error	66	8674.135	131.426	
Myristoleic acid (C14:1)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	25.562	5.112	6.453 *
	Error	66	52.288	0.792	
Palmitoleic acid (C16:1)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	455.791	91.158	4.045 *
	Error	66	1487.341	22.535	
Oleic acid (C18:1 n-9)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	330.549	66.110	8.075 *
	Error	66	540.311	8.187	
Vaccenic acid (C18:1 n-7)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	129.324	25.865	6.468 *
	Error	66	263.922	3.999	
Gadoleic acid (C20:1)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	244.643	48.929	10.746 *
	Error	66	300.519	4.553	
Eicosenoic acid (C22:1)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	262.106	52.421	4.009 *
	Error	66	863.056	13.077	
Total MUFA	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	2426.441	485.288	6.736 *
	Error	66	4754.920	72.044	
Linoleic acid (C18:2)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	18.383	3.677	3.245 *
	Error	66	74.776	1.133	

ภาคผนวกที่ ข11 (ต่อ)

ลักษณะการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F
Linolenic acid (C18:3)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	12.276	2.455	2.565 *
	Error	66	63.185	0.957	
Arachidonic acid (C20:4)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	992.326	198.465	16.018 *
	Error	66	817.726	12.390	
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	3187.920	637.584	14.779 *
	Error	66	2847.384	43.142	
Docohexaenoic acid (C22:6)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	1923.011	384.602	14.298 *
	Error	66	1775.294	26.898	
Total PUFA	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	6284.886	1256.977	9.232 *
	Error	66	8985.959	136.515	
Total fatty acid	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	22467.144	4493.249	8.928 *
	Error	66	33218.917	503.317	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ตารางผนวกที่ ข12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะทางกายภาพของหอยนางรมปากจีบ

ลักษณะการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F
ความกว้าง (ซม.)[ns]	ชุดการทดลอง	2	0.229	0.114	1.666 [ns]
	Error	117	8.031	0.069	
ความยาว (ซม.)	ชุดการทดลอง	2	27.357	13.687	28.879 *
	Error	117	55.452	0.474	
ความสูง (ซม.)	ชุดการทดลอง	2	5.007	2.504	13.196 *
	Error	117	22.197	0.190	
น้ำหนักทั้งตัว (กรัม)	ชุดการทดลอง	2	863.485	431.742	9.179 *
	Error	117	5503.361	47.037	
น้ำหนักเนื้อ (กรัม)	ชุดการทดลอง	2	110.557	55.278	10.038 *
	Error	117	644.336	5.507	
เปอร์เซ็นต์เนื้อ (%)	ชุดการทดลอง	2	1255.452	627.726	28.812 *
	Error	117	2549.038	21.787	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ตารางผนวกที่ ข13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีของหอยนางรมปากจีบ

ลักษณะการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F
ความชื้น	ชุดการทดลอง	5	35.159	7.032	4.056 *
	Error	18	31.209	1.734	
โปรตีน	ชุดการทดลอง	5	31.420	6.284	2.123 *
	Error	18	53.273	2.960	
ไขมัน	ชุดการทดลอง	5	9.128	1.826	7.815 *
	Error	18	1.309	0.073	
คาร์โบไฮเดรต	ชุดการทดลอง	5	15.899	3.180	1.709 *
	Error	18	33.495	1.861	
เถ้า	ชุดการทดลอง	5	3.689	0.738	6.113 *
	Error	18	2.173	0.121	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ภาคผนวกที่ ข14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันหอยของนางรมปากจีบ

ชนิดกรดไขมัน	SOV	df	SS	MS	F
Myristic acid (C14:0)	ฤดูกาล	2	14.946	7.473	1.315 ^{ns}
	Error	69	392.000	5.681	
Palmitic acid (C16:0)	ฤดูกาล	2	978.413	489.206	6.476 *
	Error	69	5212.165	75.539	
Stearic acid (C18:0)	ฤดูกาล	2	244.023	122.011	37.539 *
	Error	69	224.267	3.250	
Total SFA	ฤดูกาล	2	2205.330	1102.665	12.233 *
	Error	69	6219.774	90.142	
Myristoleic acid (C14:1)	ฤดูกาล	2	1.187	0.593	3.506 *
	Error	69	11.676	0.169	
Palmitoleic acid (C16:1)	ฤดูกาล	2	720.120	360.060	28.106 *
	Error	69	883.931	12.811	
Oleic acid (C18:1 n-9)	ฤดูกาล	2	52.255	26.128	3.588 *
	Error	69	502.395	7.281	
Vaccenic acid (C18:1 n-7)	ฤดูกาล	2	3.517	1.758	0.210 ^{ns}
	Error	69	578.833	8.389	
Gadoleic acid (C20:1)	ฤดูกาล	2	41.895	20.947	6.806 *
	Error	69	212.367	3.078	
Eicosenoic acid (C22:1)	ฤดูกาล	2	94.004	47.002	12.250 *
	Error	69	264.742	3.837	
Total MUFA	ฤดูกาล	2	864.103	432.052	8.884 *
	Error	69	3355.757	48.634	
Linoleic acid (C18:2)	ฤดูกาล	2	5.802	2.901	2.437 *
	Error	69	82.143	1.190	

ภาคผนวกที่ ข14 (ต่อ)

ชนิดกรดไขมัน	SOV	df	SS	MS	F
Linolenic acid (C18:3)	ฤดูกาล	2	194.930	97.465	50.435 *
	Error	69	133.342	1.932	
Arachidonic acid (C20:4)	ฤดูกาล	2	74.138	37.069	5.157 *
	Error	69	495.937	7.187	
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	ฤดูกาล	2	1297.022	648.511	24.002 *
	Error	69	1864.314	27.019	
Docohexaenoic acid (C22:6)	ฤดูกาล	2	346.874	173.437	16.405 *
	Error	69	729.484	10.572	
Total PUFA	ฤดูกาล	2	4042.252	2021.126	38.457 *
	Error	69	3626.363	52.556	
Total fatty acid	ฤดูกาล	2	15735.719	7867.859	13.589 *
	Error	69	39950.342	578.990	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ภาคผนวกที่ ข15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันหอย ของนางรมเพศผู้และเพศเมีย

ชนิดกรดไขมัน	SOV	df	SS	MS	F
Myristic acid (C14:0)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	22.843	4.569	0.785 ^{ns}
	Error	66	384.102	5.820	
Palmitic acid (C16:0)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	1298.516	259.703	3.504 *
	Error	66	4892.062	74.122	
Stearic acid (C18:0)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	247.957	49.591	14.855 *
	Error	66	220.333	3.338	
Total SFA	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	2648.283	529.657	6.051*
	Error	66	5776.821	87.528	
Myristoleic acid (C14:1)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	1.776	0.355	2.115 *
	Error	66	11.087	0.168	
Palmitoleic acid (C16:1)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	752.469	150.494	11.664 *
	Error	66	851.582	12.903	
Oleic acid (C18:1 n-9)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	211.369	42.274	8.128 *
	Error	66	343.281	5.201	
Vaccenic acid (C18:1 n-7)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	95.475	19.095	2.588 *
	Error	66	486.875	7.377	
Gadoleic acid (C20:1)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	48.352	9.670	3.100 *
	Error	66	205.910	3.120	
Eicosenoic acid (C22:1)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	119.585	23.917	6.600 *
	Error	66	239.161	3.624	
Total MUFA	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	1754.935	350.987	9.398 *
	Error	66	2464.926	37.347	
Linoleic acid (C18:2)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	10.209	2.042	1.734 *
	Error	66	77.736	1.178	

ภาคผนวกที่ ข15 (ต่อ)

ลักษณะการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F
Linolenic acid (C18:3)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	218.116	43.623	26.137 *
	Error	66	110.156	1.669	
Arachidonic acid (C20:4)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	162.792	32.558	5.276 *
	Error	66	407.283	6.171	
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	1530.472	306.094	12.387 *
	Error	66	1630.864	24.710	
Docohexaenoic acid (C22:6)	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	371.010	74.202	6.943 *
	Error	66	705.348	10.687	
Total PUFA	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	4767.414	953.483	21.691 *
	Error	66	2901.201	43.958	
Total fatty acid	ชุดการทดลอง (เพศ)	5	22467.144	4493.429	8.928 *
	Error	66	33218.917	503.317	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ตารางผนวกที่ ข16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะทางกายภาพของหอยแครง

ลักษณะการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F
ความกว้าง (ซม.)[ns]	ชุดการทดลอง	2	1.053	0.526	14.409 *
	Error	117	4.274	0.037	
ความยาว (ซม.)	ชุดการทดลอง	2	0.297	0.149	1.969 [ns]
	Error	117	8.829	0.075	
ความสูง (ซม.)	ชุดการทดลอง	2	0.159	0.080	2.090 [ns]
	Error	117	4.453	0.038	
น้ำหนักทั้งตัว (กรัม)	ชุดการทดลอง	2	101.698	50.849	6.010 *
	Error	117	989.897	8.461	
น้ำหนักเนื้อ (กรัม)	ชุดการทดลอง	2	8.137	4.068	5.889 *
	Error	117	80.828	0.691	
เปอร์เซ็นต์เนื้อ (%)	ชุดการทดลอง	2	37.369	18.685	1.125 [ns]
	Error	117	1942.822	16.605	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ตารางผนวกที่ ข17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีของหอยแครง

ลักษณะการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F
ความชื้น	ชุดการทดลอง	2	4.660	2.330	1.592 ^{ns}
	Error	9	13.175	1.464	
โปรตีน	ชุดการทดลอง	2	9.152	4.576	4.896 *
	Error	9	8.411	0.935	
ไขมัน	ชุดการทดลอง	2	0.018	0.009	1.718 ^{ns}
	Error	9	0.047	0.005	
คาร์โบไฮเดรต	ชุดการทดลอง	2	2.122	1.061	0.658 ^{ns}
	Error	9	14.522	1.614	
เถ้า	ชุดการทดลอง	2	0.548	0.274	3.377 *
	Error	9	0.730	0.081	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ภาคผนวกที่ ข18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันของหอยแครง

ชนิดกรดไขมัน	SOV	df	SS	MS	F
Myristic acid (C14:0)	ชุดการทดลอง	2	9.466	4.733	1.218 ^{ns}
	Error	33	128.280	3.887	
Palmitic acid (C16:0)	ชุดการทดลอง	2	620.413	310.206	7.664 *
	Error	33	1335.628	40.474	
Stearic acid (C18:0)	ชุดการทดลอง	2	240.663	120.331	29.936 *
	Error	33	132.648	4.020	
Total SFA	ชุดการทดลอง	2	1289.554	644.777	13.232 *
	Error	33	1608.090	48.730	
Myristoleic acid (C14:1)	ชุดการทดลอง	2	4.742	2.371	3.118 *
	Error	33	25.094	0.760	
Palmitoleic acid (C16:1)	ชุดการทดลอง	2	93.159	46.580	5.318 *
	Error	33	289.037	8.759	
Oleic acid (C18:1 n-9)	ชุดการทดลอง	2	20.274	10.137	1.477 ^{ns}
	Error	33	226.489	6.863	
Vaccenic acid (C18:1 n-7)	ชุดการทดลอง	2	25.860	12.930	3.132 *
	Error	33	136.255	4.129	
Gadoleic acid (C20:1)	ชุดการทดลอง	2	28.085	14.042	3.930 *
	Error	33	117.904	3.573	
Eicosenoic acid (C22:1)	ชุดการทดลอง	2	461.090	208.045	29.545 *
	Error	33	232.373	7.042	
Total MUFA	ชุดการทดลอง	2	301.371	150.686	5.092 *
	Error	33	976.520	29.592	
Linoleic acid (C18:2)	ชุดการทดลอง	2	25.940	12.970	7.955 *
	Error	33	53.803	1.630	

ภาคผนวกที่ ข18 (ต่อ)

ลักษณะการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F
Linolenic acid (C18:3)	ชุดการทดลอง	2	28.060	14.030	7.609 *
	Error	33	60.845	1.844	
Eicosadienoic acid (C20:2)	ชุดการทดลอง	2	3.201	1.600	16.249 *
	Error	33	3.250	0.098	
Eicosatrienoic acid (C20:3)	ชุดการทดลอง	2	0.015	0.008	1.000 *
	Error	33	0.250	0.008	
Arachidonic acid (C20:4)	ชุดการทดลอง	2	79.380	39.690	6.341 *
	Error	33	206.558	6.259	
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	ชุดการทดลอง	2	1.687	0.843	0.076 ^{ns}
	Error	33	689.125	20.883	
Docohexaenoic acid (C22:6)	ชุดการทดลอง	2	262.427	131.213	6.283 *
	Error	33	689.125	20.883	
Total PUFA	ชุดการทดลอง	2	1226.910	613.455	10.303 *
	Error	33	1964.841	59.541	
Total fatty acid	ชุดการทดลอง	2	2910.664	1455.332	11.139 *
	Error	33	4311.634	130.656	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ตารางผนวกที่ ข19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะทางกายภาพของหอยลาย

ลักษณะการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F
ความกว้าง (ซม.)[ns]	ชุดการทดลอง	2	0.814	0.407	16.973 *
	Error	117	2.805	0.024	
ความยาว (ซม.)	ชุดการทดลอง	2	0.654	0.327	4.317 *
	Error	117	8.864	0.076	
ความสูง (ซม.)	ชุดการทดลอง	2	0.688	0.344	10.726 *
	Error	117	3.753	0.032	
น้ำหนักทั้งตัว (กรัม)	ชุดการทดลอง	2	41.347	20.673	4.857 *
	Error	117	498.020	4.257	
น้ำหนักเนื้อ (กรัม)	ชุดการทดลอง	2	13.467	6.733	12.080 *
	Error	117	65.215	0.557	
เปอร์เซ็นต์เนื้อ (%)	ชุดการทดลอง	2	184.178	92.089	0.072 *
	Error	117	4006.646	34.245	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ตารางผนวกที่ ข20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีของหอยลาย

ลักษณะการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F
ความชื้น	ชุดการทดลอง	2	34.265	17.133	4.040 *
	Error	9	38.167	4.241	
โปรตีน	ชุดการทดลอง	2	3.861	1.931	0.524 ^{ns}
	Error	9	33.169	3.685	
ไขมัน	ชุดการทดลอง	2	0.264	0.132	21.975 *
	Error	9	0.054	0.006	
คาร์โบไฮเดรต	ชุดการทดลอง	2	7.440	3.720	1.258 ^{ns}
	Error	9	26.612	2.957	
เถ้า	ชุดการทดลอง	2	0.424	0.212	1.934 ^{ns}
	Error	9	0.986	0.110	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ภาคผนวกที่ ข21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันของหอยลาย

ชนิดกรดไขมัน	SOV	df	SS	MS	F
Myristic acid (C14:0)	ชุดการทดลอง	2	115.232	57.616	16.575 *
	Error	33	114.708	3.476	
Palmitic acid (C16:0)	ชุดการทดลอง	2	194.308	97.154	2.533 *
	Error	33	1265.717	38.355	
Stearic acid (C18:0)	ชุดการทดลอง	2	100.690	50.345	6.915 *
	Error	33	240.251	7.280	
Total SFA	ชุดการทดลอง	2	55.588	27.794	0.515 ^{ns}
	Error	33	1781.234	53.977	
Myristoleic acid (C14:1)	ชุดการทดลอง	2	4.076	2.038	9.806 *
	Error	33	6.859	0.208	
Palmitoleic acid (C16:1)	ชุดการทดลอง	2	101.484	50.724	4.467 *
	Error	33	374.850	11.359	
Oleic acid (C18:1 n-9)	ชุดการทดลอง	2	69.742	34.871	10.058 *
	Error	33	114.408	3.467	
Vaccenic acid (C18:1 n-7)	ชุดการทดลอง	2	153.692	76.846	20.808 *
	Error	33	121.871	3.693	
Gadoleic acid (C20:1)	ชุดการทดลอง	2	10.819	5.409	3.558 *
	Error	33	50.179	1.521	
Eicosenoic acid (C22:1)	ชุดการทดลอง	2	30.576	15.288	7.278 *
	Error	33	69.315	2.100	
Total MUFA	ชุดการทดลอง	2	864.641	432.321	15.386 *
	Error	33	927.245	28.098	
Linoleic acid (C18:2)	ชุดการทดลอง	2	85.839	42.919	49.894 *
	Error	33	28.387	0.860	

ภาคผนวกที่ ข21 (ต่อ)

ลักษณะการทดสอบ	SOV	df	SS	MS	F
Linolenic acid (C18:3)	ชุดการทดลอง	2	27.377	13.689	42.382 *
	Error	33	10.658	0.323	
Eicosadienoic acid (C20:2)	ชุดการทดลอง	2	1.883	0.942	3.240 *
	Error	33	9.591	0.291	
Eicosatrienoic acid (C20:3)	ชุดการทดลอง	2	1.668	0.834	6.661 *
	Error	33	4.132	0.125	
Arachidonic acid (C20:4)	ชุดการทดลอง	2	80.492	40.246	7.088 *
	Error	33	187.373	5.678	
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	ชุดการทดลอง	2	2788.631	1394.315	72.830 *
	Error	33	631.782	19.145	
Docohexaenoic acid (C22:6)	ชุดการทดลอง	2	1156.730	578.365	28.550 *
	Error	33	668.521	20.258	
Total PUFA	ชุดการทดลอง	2	338.371	169.185	2.202 *
	Error	33	2534.918	76.816	
Total fatty acid	ชุดการทดลอง	2	1598.498	799.249	2.926 *
	Error	33	9012.749	273.114	

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายสุวัฒน์ เนตรเจริญ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	7 มกราคม 2526
สถานที่เกิด	ต. ไทรขึง อ. พระแสง จ. สุราษฎร์ธานี
ประวัติการศึกษา	คอ.บ (อุตสาหกรรมเกษตร) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	ผลงานเผยแพร่: การเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ - เรื่อง วิธีการเตรียมอนุพันธ์ที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในหอยทะเลสองฝา Methylation methods for quantitative analysis of fatty acids in marine bivalves - เรื่อง ลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบของกรดไขมันของหอยแมลงภู่ *(Perna viridis* Linnaeus., 1758) ในฤดูกาลต่างๆ Seasonal Changes in Physical characteristics, Chemical composition and Fatty acid profiles of Green Mussel *(Perna viridis* Linnaeus., 1758)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2551)