รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

คุณค่าอาหารในสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม: วัตถุดิบอาหารสำหรับกุ้งตัวตลก
The Nutrition in Marine Echinodermata: Raw material for Harlequin shrimp

ณิษา สิรนนท์ธนา
จารุนันท์ ประทุมยศ
ชนะ เทศคง
วีณา เคยพุดซา

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2559A10803017
สัญญาเลขที่ 4/ 2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

คุณค่าอาหารในสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม: วัตถุดิบอาหารสำหรับกุ้งตัวตลก

The Nutrition in Marine Echinodermata: Raw material for Harlequin shrimp

ณิษา สิรนนท์ธนา
จารุนันท์ ประทุมยศ
ชนะ เทศคง
วีณา เคยพุดซา
สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา
ตุลาคม พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 4/2559

บทคัดย่อ

สัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์มเป็นแหล่งอาหารในธรรมชาติ ของกุ้งตัวตลก (Hymenocera picta) จากการศึกษาคุณค่าอาหารใน ดาวทะเล 10 ชนิด และปลิงทะเลจำนวน 4 ชนิด พบปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีน ในตัวอย่างดาวทะเลและปลิงทะเล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเถ้าพบปริมาณสูงสุดในตัวอย่างดาวทะเลปุ่มใหญ่ *Protoreaster nodosus* (AS2) ปริมาณค่าเฉลี่ย 52.46% ไขมันพบสูงสุดในตัวอย่างดาว *Astropecten polyacanthus* (GS2) (1.95%) โปรตีนพบสูงสุดในดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata* (AS4) (20.77%) ส่วนในปลิงทะเล ปริมาณเถ้า พบสูงสุดในปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว *Colochirus quadrangularis Troschel* (GSC4) ปริมาณค่าเฉลี่ย 45.75% ไขมันพบสูงสุดในตัวอย่าง *C. quadrangularis Troschel* (GSC4) (9.63%) ส่วนปริมาณโปรตีนพบสูงสุดในปลิงทะเลสีดำ *Holothuria* (Mertensiothuria) *leucospilota* GSC2 (42.94%)

ชนิดและปริมาณกรดไขมันในดาวทะเล พบกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (SFAs), ไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFAs) และชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFAs) และกรดไขมันจำเป็น C18:2n6, C18:3n6, C20:4n6 และ C20:5n3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกรดไขมันชนิด SFAs พบสูงสุดในดาวทะเลสีทอง *Linckia guildingi* Gray (AS5) (57.51%TFA dry wt.), MUFAs พบสูงสุดในตัวอย่าง AS 5 เช่นกัน (10.85%TFA dry wt.) ส่วน PUFAs พบสูงสุดในดาวทะเลปุ่มใหญ่ Protoreaster nodosus (AS2) (19.68%TFA) กรดไขมันจำเป็นที่พบในปริมาณสูงได้แก่ ARA (C20:4n6) ในปริมาณ 14.51%TFA; 423.82 mg/ g dry wt. ในตัวอย่างดาวแสงอาทิตย์ *L. maculata* (GS3) กรดไขมัน EPA พบปริมาณสูงสุด 9.48%TFA; 422.87mg/ g dry wt. ในตัวอย่างดาวทราย *A. polyacanthus* (GS2) ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น Glutamic, Glycine, Proline, Alanine, Arginine พบในดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata* (AS4) สูงกว่าตัวอย่างชนิดอื่น ๆ

ในตัวอย่างปลิงทะเลพบกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (SFAs), ไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFAs) และชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFAs) และกรดไขมันจำเป็น C20:4n6 และ C20:5n3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกรดไขมัน SFAs พบสูงสุดในตัวอย่างปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว (GSC4) ในปริมาณ 26.95%TFA dry wt., MUFAs พบสูงสุดในตัวอย่างปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีชมพูเหลือง (GSC3) ในปริมาณ 22.25%TFA dry wt. ส่วน PUFAs พบสูงสุดในตัวอย่างปลิงทะเลสีดำ (GSC2) ในปริมาณ 24.27%TFA โดย C20:4n6 พบสูงสุดในตัวอย่างปลิงหินหนาม (GSC1) (20.11%; 179.45 mg/ g dry wt.) และ C20:5n3 พบสูงสุดในตัวอย่าง GSC4 (8.85%; 306.72 mg/ g dry wt.)

Abstract

In the wild, marine echinoderms are natural prey of harlequin shrimp (*Hymenocera picta*, Dana 1852). In present study, the nutrient composition of ten species of sea star and four species of sea cucumber were investigated. The study found significant differences ($p<0.05$) in the protein, lipid and ash content between the species examined. Of the sea stars examined, the highest content of ash was in the *Protoreaster nodosus* (AS2) (52.46%), highest lipid (1.95%) in the *Astropecten polyacanthus* (GS2) and the greatest protein (20.77%) content in the blue seastar, *Linckia laevigata Linnaeus*, 1758. Among the sea cucumbers, the *Colochirus quadrangularis* Troschel, 1843 had the highest ash (45.75%) and lipid (9.63%) content, while *Holothuria* (Mertensiothuria) *leucospilota* (Brandt, 1835) had the highest amount of protein (42.94%).

There were also significant differences ($p<0.05$) in fatty acid (FA) profiles of the 10 sea stars species, notably in their total saturated FA (SFA), total monosaturated FA (MUFA) and total polyunsaturated FA (PUFA) contents, and also in their concentrations of the essential FAs linoleic acid (C18:2n6, LA), linolenic acid (C18:3n6, LNA), arachicdonic acid (C20:4n6, ARA) and eicosapentaenoic acid (C20:5n3, EPA). *Linckia guildingi* Gray contained high quantities of both SFA (57.51%) and MUFA (10.85%), while *Protoreaster nodosus* Linnaeus, 1758 contained the highest percentage of PUFAs (19.68%). The sea star *L. maculata* contained high amounts of ARA (14.51%; 423.82 mg/ g dry wt.) while *A. polyacanthuscontained* high levels of EPA (9.48%; 422.87mg/ g dry wt.). The highest amount of amino acid; Glutamic, Glycine, Proline, Alanine and Arginine was found in *Linckia laevigata* (AS4.

Among the sea cucumber species that were analysed, *C. quadrangularis* Troschel, 1843 contained the highest level of SFAs at approximately 26.95%. *Cercodemas anceps* (Selenka, 1867) had the highest content of MUFAs (ca. 22.25%) and *Holothuria* (Mertensiothuria) *leucospilota* (Brandt, 1835) had the highest content of PUFAs at 24.27%, *Stichopus horrens* had high levels of ARA (20.11%; 179.45 mg/ g dry wt.) while specimens of *C. quadrangularis* contained high levels of EPA (ca. 8.85%; 306.72 mg/ g dry).

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
วิธีดำเนินการวิจัย	2
ทฤษฎี และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	4
องค์ประกอบของธาตุอาหารที่สำคัญ	5
บทบาทและความสำคัญของลิปิด	9
กรดไขมัน (Fatty acid)	11
ความสำคัญของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6	14
แหล่งของกรดไขมัน	16
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	17
หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	18
อุปกรณ์และวิธีการ	19
ผลการวิจัย	27
อภิปรายผลการศึกษา	50
สรุปผล	60
ผลผลิต (Output)	61
บรรณานุกรม	65
ประวัติคณะผู้วิจัย	72

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	กรดไขมันอิ่มตัวชนิดต่าง ๆ	13
2	กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดต่าง ๆ	14
3	รายชื่อตัวอย่างที่ทำการศึกษา	29
4	% proximate analysis of sea star and sea cucumber dry wt.	32
5	% proximate analysis of sea star and sea cucumber wet wt.	33
6	ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล (%TFA) wet wt.	35
7	ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล (%TFA) wet wt	36
8	ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล (%TFA) dry wt.	37
9	ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล (%TFA) dry wt.	38
10	ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล mg/g	39
11	ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล mg/g	40
12	ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล mg/g	41
13	ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล (%TFA) wet wt.	43
14	ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล %TFA dry wt.	44
15	ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล mg/g	45
16	ชนิดและปริมาณ Amino acid ในตัวอย่างดาวทะเล (กรัม/100 กรัม)	47
17	ปริมาณสารอาหารจากสัตว์และพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสำเร็จรูปสำหรับสัตว์น้ำ	51
18	ค่าเฉลี่ยความต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นของสัตว์น้ำทั่วไป	53
19	ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะลและดาวทะเล AS1 (%TFA)	59

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเขียนสัญลักษณ์กรดไขมัน	12
2	ตัวอย่างดาวทะเล	27
3	ตัวอย่างปลิงทะเล	29
4	ปริมาณคุณค่าอาหารในตัวอย่างดาวทะเลและปลิงทะเล	31
5	องค์ประกอบกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล (%TFA dry wt.)	42
6	ชนิดกรดไขมันจำเป็นในตัวอย่างดาวทะเล (%TFA dry wt.)	42
7	องค์ประกอบกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล (%TFA dry wt.)	46
8	กรดไขมันจำเป็นในตัวอย่างปลิงทะเล (%TFA dry wt.)	46
9	ชนิดและปริมาณ Amino Acid ในตัวอย่างดาวทะเล (กรัม/100กรัม) น้ำหนักแห้ง	48

คุณค่าอาหารในสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม: วัตถุดิบอาหารสำหรับกุ้งตัวตลก
The Nutrition in Marine Echinodermata: Raw material for Harlequin shrimp

บทนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อาหารนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญ อาหารที่มีคุณภาพ และมีปริมาณที่เหมาะสม จะสามารถเพิ่มผลผลิต และลดต้นทุนการผลิตได้ ทั้งในแง่ของระยะเวลาที่ใช้เลี้ยง และค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไป กุ้งตัวตลก/ กุ้งการ์ตูน หรือ Harlequin shrimp เป็นกุ้งที่อยู่ในครอบครัว Gnathophyllidae ในครอบครัวนี้ประกอบไปด้วยหลายสกุล แต่มีอยู่เพียงสกุลเดียว คือ Hymenocera คือสกุลของกุ้งตัวตลก ที่นำมาเลี้ยงกันเป็นกุ้งสวยงามมากที่สุดในบรรดากุ้งสวยงามทั้งหมด และเลี้ยงยากที่สุดทั้งนี้สาเหตุมาจากพฤติกรรมการกินอาหารของกุ้งตัวตลก (Sewell, 2007) ซึ่งเป็นสัตว์กินเนื้อ กุ้งตัวตลก จะกินดาวทะเลที่มีชีวิตเป็นอาหาร เช่น ดาวแดง (*Linckia* sp.), Crown of thorns sea star (*Acanthaster planci*), ดาว Chocolate Chip โดยพ่อแม่พันธุ์ 1 คู่ สามารถกินดาว Chocolate Chip ขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ หมดภายใน 2 สัปดาห์ (Fossa & Nilsen, 2000) หรือดาวทะเลขนาดเล็กสกุล *Asterinai* spp. หรือดาวชนิดอื่น ๆ ได้แก่ *Archaster typicus, Fromia imdica* โดยกินขาเดิน (Tube feet) และเนื้อเยื่อของแขนของดาวทะเล (Sprung, 2001) จากการสำรวจแนวปะการังของ Cortes (1997) พบกุ้งตัวตลก กินดาวมงกุฎหนาม (Crown-of-thorn sea star, Acanthaster planci) ซึ่งดาวทะเลชนิดนี้กินปะการังเป็นอาหาร ถ้ามีจำนวนมากมีผลต่อการทำลายระบบนิเวศน์ของแนวปะการัง (Narvaez & Zapata, 2010) ในรายงานของ Glynn (1990) พบว่า ในประเทศปานามาดาวมงกุฎหนามไม่มีผลกระทบต่อระบบแนวปะการัง เนื่องจากมีสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียน รวมถึงกุ้งตัวตลก อาศัยอยู่แบบพึ่งพากัน ทำหน้าที่ปกป้องกลุ่มปะการังจากดาวมงกุฎหนาม ดังนั้น กุ้งตัวตลกมีความสาคัญต่อระบบนิเวศน์ในแนวปะการัง ในประเทศไทยพบกุ้งตัวตลก อาศัยอยู่ตามกองหินใต้น้าหลาย ๆ แห่งใน ทะเลอันดามันได้แก่ จังหวัดกระบี่ พังงา ภูเก็ต ปัจจุบันพบได้น้อยมากและมีปริมาณน้อยลงเพราะถูกจับมาขายในตลาดกุ้งสวยงาม จึงจำเป็นต้องมีการวิจัยวิธีเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลก ซึ่งก็นับเป็นผลดีทั้งต่อการอนุรักษ์และการสร้างสัตว์เศรษฐกิจ

ดาวทะเลหรือปลาดาว เป็นเอคโนเดิร์มที่คนเราคุ้นเคยมากที่สุด ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตอยู่ตามหาดหิน หาดทรายปนโคลน แต่ก็พบตามทะเลลึก บางชนิดฝังตัวอยู่ตามพื้นโคลน หรือทราย ดาวทะเลแพร่กระจายทั่วโลก ปัจจุบันมีอยู่ประมาณ 2,000 ชนิด (บพิธ จารุพันธุ์ และ นันทพร จารุพันธุ์, 2547) ดาวทะเลมีหลายชนิด เช่น ดาวแดง ดาวทราย ดาวทะเลห้าแฉก ดาวหมอนปักเข็ม ดาวมงกุฎหนาม ดาวทะเลโดยเฉพาะดาวแดงที่นำมาเป็นอาหารของกุ้งตัวตลก ได้มาจากการจับจากธรรมชาติ เนื่องจากเทคโนลีในการเพาะเลี้ยงดาวแดงหรือดาวทะเลชนิดอื่น เพื่อมาเป็นอาหารของกุ้งดังกล่าว มีการพัฒนาไปอย่างช้ามาก ทั้งนี้เพราะยังขาดข้อมูลและการวิจัยขั้นพื้นฐานอีกหลาย ๆ ประการ จากข้อจำกัดเรื่องอาหารในการเลี้ยงกุ้งตัวตลก อาหารธรรมชาติเหล่านี้เป็นปัจจัยจำกัดใน

การขยายการเพาะเลี้ยงในระดับเชิงพาณิชย์ได้ เพราะต้องจัดหาอาหารเหล่านี้จำนวนมาก ดังนั้น การศึกษาเรื่องอาหารสำเร็จรูปเพื่อทดแทนอาหารธรรมชาติจึงมีความจำเป็น

องค์ประกอบคุณค่าทางอาหารที่ให้สัตว์น้ำกินมีบทบาทอย่างมากในการเพิ่มการรอดตายและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อน ซึ่งกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อน ได้แก่ Ecosapentaenoic acid (EPA) และ Docosahexaenoic acid (DHA) เนื่องจากสัตว์น้ำวัยอ่อนบางชนิดไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นได้จะต้องได้รับจากการกินอาหารเท่านั้น (สุพิศ ทองรอด, 2535) การศึกษาคุณค่าอาหาร ในดาวทะเล หรือในสัตว์ทะเลกลุ่มเอไคโนเดิร์มอื่น ๆ เพื่อนำมาพัฒนาเป็นอาหารสำเร็จรูปในการเพาะเลี้ยง จึงมีความจำเป็นต่อการพัฒนาการเลี้ยงกุ้งตัวตลก การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐาน โดยเฉพาะข้อมูลของชนิดของอาหาร เพื่อนำข้อมูลพื้นฐานมาพัฒนาเทคโนโลยีการการผลิตอาหารชนิดอื่น ๆ เพื่อนำมาเป็นอาหารกุ้งตัวตลก ทดแทนการนำเข้าจากธรรมชาติ หรือลดการนำดาวแดงจากต่างประเทศ ซึ่งมีผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิตกุ้งการ์ตูน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลกเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อหาคุณค่าอาหาร องค์ประกอบกรดไขมัน และกรดอะมิโน ในตัวอย่างสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม

ขอบเขตของโครงการวิจัย

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี แบบ Proximate analysis ได้แก่ ความชื้น (Moisture) เถ้า (Ash) โปรตีนรวม (Crude protein,CP), ไขมัน (Crude fat) คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (Nitrogen free extract, NFE) องค์ประกอบกรดไขมัน และกรดอะมิโน ในตัวอย่างสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม ในเขตจังหวัดชลบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทำการเก็บตัวอย่างดาวทะเล และปลิงทะเล จากนั้นนำไปพักไว้ที่ศูนย์วิจัยสัตว์ทะเลหายาก แสมสาร เพื่อทำการส่งต่อมายังห้องปฏิบัติการชีวเคมี สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล

2. นำตัวอย่างสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม เช่น ดาวแดง ดาวแสงอาทิตย์ ดาวเปราะ ปลิงทะเลเป็นต้น มาหาความชื้น และแบ่งตัวอย่างมาทำให้แห้ง (Freeze dry)

3. นำตัวอย่างแห้ง ในข้อ 2 มาวิเคราะห์หาปริมาณคุณค่าอาหาร (Proximate analysis) ได้แก่ เถ้า (Ash) โปรตีนรวม (Crude protein, CP) ด้วยเทคนิค Kjeldahl method ไขมัน (Crude fat) ด้วยเทคนิค Soxhlet extraction

4. วิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมัน (Christie, 2003) ในตัวอย่างสดและตัวอย่างแห้ง ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทรกราฟ (GC-FID)

5. ทำการจ้างวิเคราะห์องค์ประกอบกรดอะมิโนในตัวอย่างที่มีคุณค่าอาหารและองค์ประกอบกรดไขมันที่ดี

6. รวบรวมข้อมูล

7. วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย เพื่อคัดเลือกตัวอย่างที่มีคุณค่าอาหารที่ดี นำไปผลิตเป็นอาหารสำเร็จรูปในโครงการที่เกี่ยวข้องในปีต่อไป

8. เขียนรายงานการวิจัย

ทฤษฎี สมมติฐานและกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสวยงาม อาหารเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโต การรอดตาย และผลผลิต อาหารที่ใช้เลี้ยงต้องเพียงพอต่อความต้องการทั้งในด้านโภชนาการและปริมาณ และเมื่อสัตว์ทะเลสวยงามถึงวัยเจริญพันธุ์ สัตว์เหล่านี้ต้องการสารอาหารและพลังงานเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการสร้างไข่ และเสปิร์ม ซึ่งพบว่าอาหารที่ให้นี้มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของไข่ และตัวอ่อน โดยตัวอ่อนที่ฟักออกมาผิดปกติ โตช้า มีการตายสูงมักพบว่าเป็นผลต่อเนื่องมาจากการเลี้ยงพ่อ-แม่พันธุ์ด้วยอาหารที่ไม่ครบถ้วนทางโภชนาการ (Wittenrich & Moe, 2007) เช่นเดียวกับที่พบในกุ้งทะเลสวยงาม Lin, Zhang and Rhyne (2002) รายงานผลการทดสอบชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงพ่อ-แม่พันธุ์กุ้งทะเลสวยงาม ชนิด *Lysmata debelius* พบว่าการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงจากเนื้อหอยแมลงภู่ และเพรียงทรายเป็นอาร์ทีเมียวัยอ่อน ทำให้จำนวนของตัวอ่อนในแต่ละครอกเพิ่มขึ้นจาก 486+254 ตัวเป็น 1,766+391 ตัวต่อครอก พ่อ-แม่พันธุ์กุ้งนักเลงชนิด Stenopus scutellatus ที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียแช่แข็งที่เสริมโภชนาการ จะผลิตไข่จำนวนมากกว่าที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเทียแช่แข็งหรือเนื้อหอย เป็นต้น

กุ้งตัวตลก นับว่าเป็นสัตว์ทะเลที่มีลักษณะการกินอาหารค่อนข้างแปลกคือในธรรมชาติ กุ้งตัวตลก กินดาวทะเลเป็นอาหารเท่านั้น ซึ่งมีรายงานกันว่ากุ้งตัวตลก จะกินดาวแดงแดงในกลุ่ม *Linckia* sp เป็นหลัก แต่อย่างไรก็ตามก็มีรายงานบ้างว่ากุ้งตัวตลก สามารถกิน Echinoderm ชนิดอื่นได้อีก เช่น เม่นทะเล หรือดาวเปราะ เป็นต้น ซึ่งอาหารของกุ้งตัวตลก ทั้งหมดต้องนำจากธรรมชาติ ทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ที่ตามมา เช่นการจับมามากเกินไป หรือวิธีการจับที่ผิดวิธี ซึ่งอาจเข้าไปรบกวนแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในแนวปะการัง หรืออาจทำความเสียหายให้กับแนวปะการัง ประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนซึ่งได้เปรียบทางสภาพภูมิศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยแนวปะการังมากมายและมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสวยงาม มีประชาชนที่มีทักษะในเรื่องของการเกษตรกรรม การเพาะเลี้ยงสัตว์ แต่ขาดข้อมูลพื้นฐานหรือข้อมูลที่มีอยู่ไม่ต่อเนื่อง ในการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสวยงาม ทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมา ที่เห็นชัดเจน เช่น การเพาะเลี้ยงดาวแดงเป็นอาหารสำหรับเลี้ยงกุ้งตัวตลก เพื่อนำมาทดแทนการนำเข้าจากธรรมชาติ หรือลดการนำดาวแดง จากต่างประเทศ เป็นต้น เป็นที่รู้กันดีว่าปลาดาวทุกชนิดเป็นสัตว์ที่จับสัตว์อื่นกินเป็นอาหารโดยธรรมชาติ เหยื่อที่ถูกจับกินเป็นพวกหอยสองฝาทั้งหลาย เช่น หอยแมลงภู่, หอยหวาน และหอยนางรม บางกลุ่มพัฒนาตัวมันเองเพื่อกินอาหารที่ลอยอยู่ในมวลน้ำโดยการดักกินแพลงก์ตอนพืชที่ลอยอยู่ในน้ำได้ (Starfish Ecology, 2007)

ตามธรรมชาติกุ้งตัวตลก จะกินดาวทะเลที่มีชีวิตเป็นอาหาร โดยการจับดาวทะเลหงายท้องและกินขาเดิน (Tube feet) รวมทั้งเนื้อเยื่อบริเวณร่องขาเดินของดาวทะเล (Ambulacral groove) เป็นอาหาร (Wickler & Seibt, 2005) ปลาดาวที่เป็นเหยื่อของกุ้งตัวตลก นั้น ส่วนใหญ่เป็นปลาดาวในสกุล *Linckia* spp. (Fossa & Nilsen, 2000) และดาวมงกุฎหนาม (Maltry, 2003) ในประเทศไทยดาวเหยื่อที่ใช้เป็นอาหารของกุ้งตัวตลก ได้แก่ดาวทะเลชนิด *L. multiflora* แต่อย่างไรก็ตามพอมี

รายงานว่ากุ้งตัวตลก นั้นอาจยอมรับอาหารชนิดอื่น ๆ เช่น เม่น และสัตว์ในกลุ่มเอไคโนเดิร์ม หรือดาวทะเลชนิดอื่น ๆ ส่วนอัตราการกินอาหารนั้นมีรายงานแตกต่างกันไปตั้งแต่ อาทิตย์ละครั้ง จนถึงเดือนละครั้ง ซึ่งชนิดและปริมาณอาหารที่ให้อาจจะทำให้กุ้งมีชีวิตอยู่ได้เท่านั้น แต่อาจส่งผลกับการเจริญเติบโต การรอดตาย การเจริญพันธุ์ และความสมบูรณ์ของอวัยวะสืบพันธุ์ได้ ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐาน โดยเฉพาะข้อมูลของชนิดของอาหาร เพื่อนำข้อมูลพื้นฐานมาพัฒนาเทคโนโลยีการการผลิตอาหารชนิดอื่น ๆ เพื่อนำมาเป็นอาหารกุ้งตัวตลก ทดแทนการนำเข้าจากธรรมชาติ หรือลดการนำดาวแดงจากต่างประเทศ ซึ่งมีผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิตกุ้งการ์ตูน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลกเชิงพาณิชย์ต่อไป

การทบทวนวรรณกรรม/ สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

อาหารสัตว์น้ำนับเป็นปัจจัยอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ เป็นปัจจัยพื้นฐานในการผลิตสัตว์น้ำ และต้นทุนการผลิต เนื่องจากต้นทุนการผลิตสัตว์น้ำประมาณ 30-50% จากค่าอาหาร การเลี้ยงจะประสบความสำเร็จมากน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพ ปริมาณ วิธีการให้และราคาอาหารเป็นสำคัญ นอกจากอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต การยังชีพ การเจริญพันธุ์และการแพร่พันธุ์ของสัตว์น้ำยังมีผลต่อคุณภาพน้ำเช่นกัน กล่าวคือ หากให้อาหารที่พอเหมาะคุณภาพดีก็จะช่วยรักษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงได้ หากให้มากเกินไปหรือคุณภาพไม่ดี นอกจากเพิ่มค่าใช้จ่ายแล้วโอกาสการเกิดน้ำเสียและเกิดโรคจะเพิ่มสูงขึ้น การจัดการเรื่องอาหาร คุณสมบัติของอาหาร การให้อาหารจึงมีความจำเป็น สัตว์น้ำที่ได้รับอาหารที่มีคุณค่าอาหารต่ำ ร่างกายจะไม่แข็งแรง ติดเชื้อได้ง่าย เกิดความผิดปกติของร่างกายทั้งด้านโครงสร้าง รูปร่าง และขนาด อาหารสัตว์น้ำ ที่สำคัญมีด้วยกัน 2 แหล่ง ได้แก่

1. อาหารธรรมชาติ (Natural Food) หมายถึง อาหารที่เกิดขึ้นในบ่อตามธรรมชาติ ปริมาณมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของบ่อและคุณภาพน้ำ ชนิดของอาหาร ได้แก่

1.1 แพลงค์ตอนพืช เป็นอาหารขั้นต้นในแหล่งน้ำ สำคัญต่อสัตว์น้ำที่กินพืชเป็นหลักซึ่งกระจายในบ่อส่วนใหญ่ ได้แก่ *Chlorella* sp, *Prormidium* sp, *Costerium* sp, *Nitzchia* sp, *Diatoms* sp

1.2 แพลงค์ตอนสัตว์ ว่ายหรือล่องลอยในน้ำ เป็นอาหารขั้นที่สองของแหล่งน้ำ เป็นอาหารหลักของพวกสัตว์น้ำที่กินเนื้อเป็นหลัก ได้แก่ Rotifer (*Brachionus* sp) *Moina* sp, *Daphnia* sp, *Atemia* sp

1.3 พวกชีวอินทรีย์ตัวแมลงที่อยู่ตามพืชน้ำ เช่น ลูกน้ำ ลูกปลา ลูกหอย แมลงปอ ลูกแมลงต่าง ๆ บางชนิด

1.4 สัตว์น้ำก้นบ่อ (Benthos) พวกอยู่ตามพื้นบ่อ หรือฝังตัวตามพื้น ตัวหนอน ต่าง ๆ เช่น ไส้เดือน หนอนแดง (Chironomus sp) ลูกหอยต่าง ๆ

1.5 พืชน้ำ (Aquatic Plants) พวกขึ้นในบ่อสภาพติดดิน หรือพวกลอยน้ำ เช่น สาหร่าย แหนเป็ด ไข่น้ำ สันตะวา และจอก เป็นต้น

การเพาะเลี้ยงอาหารธรรมชาติที่สำคัญ ต่อการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จำเป็นมาก เนื่องจากช่วงการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนเป็นช่วงที่สำคัญ อัตราการรอดหรือเจริญเติบโต

มากน้อยเพียงใด ขึ้นกับอาหารธรรมชาติเป็นสำคัญ นอกเหนือจากการใช้อาหารสมทบเนื่องจากราคาถูกและมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อสัตว์น้ำวัยอ่อน

2. อาหารสมทบหรืออาหารเสริม (Additional Feed) หมายถึง อาหารที่ให้เพิ่มเติมนอกเหนือจากอาหารธรรมชาติ ที่เป็นประโยชน์ต่อสัตว์น้ำ แบ่ง 2 ประเภท

2.1 อาหารไม่สมบูรณ์ อาหารที่มีสารองค์ประกอบของธาตุอาหารไม่ครบถ้วน ตามที่สัตว์น้ำต้องการเป็นอาหารจากวัสดุชนิดเดียวหรือ 2 ชนิด เช่น รำ ปลายข้าว การให้อาหารชนิดนี้ผลผลิตจะไม่สูงและสัตว์น้ำที่เลี้ยงหนาแน่นจะเป็นโรคขาดการอาหารที่จำเป็นได้ง่าย

2.2 อาหารสมบูรณ์ เป็นอาหารที่ประกอบด้วยธาตุอาหารสำคัญครบ อาหารได้จากวัสดุหลายชนิด เช่น รำ ปลายข้าว ปลาป่น วิตามิน เกลือแร่ กากถั่วต่าง ๆ ผสมเป็นรูปอาหารอัดเม็ด หรืออาหารผง เหมาะสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนาจะให้ผลผลิตสูง และสัตว์น้ำเจริญเติบโตได้ดี

องค์ประกอบของธาตุอาหารที่สำคัญ

1. โปรตีน เป็นสารอาหารที่ร่างกายนำไปใช้ในรูปสารเคมีของกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ที่จำเป็นมี 10 ชนิด เช่น ไลซีน วาลีน อจินิน อิสติดีน ลิวซีน เมทไทโอนีน ไทรโอนีน ทรินโตแฟน เพนีลานีน เป็นสารที่ให้พลังงานเพื่อการดำรงชีวิตเจริญเติบโตและเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานทั้งหมด (Gross Energy, GE) 5.6 kcal/ กรัม พลังงานที่ย่อยได้ (Digestibel Energy, DE) 4.5 kcal/กรัม ให้พลังงานรองจากไขมัน

2. คาร์โบไฮเดรต เป็นพวกที่ให้พลังงานทั้งหมด 4.2 kcal/ กรัม พลังงานย่อยได้ 2.1 kcal/ กรัม ที่มีราคาที่ถูกที่สุดในอาหาร ประเภทให้พลังงาน ร่างกายนำใช้รูปสารเคมีของ Glucose และ Fructose

3. ไขมัน เป็นธาตุอาหารที่ให้พลังงานเช่นเดียวกับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตและให้พลังงานมากที่สุดในกลุ่มของอาหารพลังงาน คือให้พลังงานทั้งหมด 9.3 kcal/ กรัม พลังงานย่อยได้ 8.4 kcal/ กรัม ร่างกายทำไปใช้ในรูปของกรดไขมัน เช่น ลิโนลินิก โอเมก้า ไอดีวัน แซทตูเลกเตท เอชิก การใช้ประโยชน์จากไขมัน ใช้เป็นองค์ประกอบในเซลล์ของร่างกาย ใช้เป็นพลังงาน เพื่อกิจการต่าง ๆ ใช้ในการสร้างผลิตผลของการสืบพันธุ์

4. วิตามิน เป็นกลุ่มธาตุอาหารที่ไม่ให้พลังงานแต่เป็นตัวก่อให้เกิดกระบวนการแปลงรูปในร่างกาย เช่น ช่วยในการย่อยอาหารคาร์โบไฮเดรตได้ดีขึ้น ที่จำเป็น ได้แก่ พวกที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามิน A, D, E และ K พวกที่ละลายในน้ำเช่น วิตามิน C, รูป Folic acid และวิตามิน B การใช้ประโยชน์จาวิตามิน ทำให้ระบบประสาทและกล้ามเนื้อของปลาเป็นไปอย่างปกติ ทำให้การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างปกติ ทำให้ใช้อาหารพลังงานประเภทคาร์โบไฮเดรตมีประสิทธิภาพดีขึ้น

5. แร่ธาตุ เป็นกลุ่มธาตุอาหารที่ควบคุมกิจกรรมในร่างกายและเป็นโครงสร้างของปลาด้วยที่จำเป็น ได้แก่ P, K, Ca, Cu, Mg, Fe, Mn และ Zn การใช้ประโยชน์จากแร่ธาตุ ทำให้ สัตว์น้ำสามารถสกัดเม็ดเลือดได้ดีขึ้น ทำให้รู้ถึง รสชาติของอาหาร ดีขึ้น ทำให้การดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ของเซลล์ดีขึ้น

6. น้ำ เป็นสารอาหารที่จำเป็นและเป็นตัวกลางในการนำอากาศ โดยเฉพาะออกซิเจน เข้าสู่ร่างกายและนำคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ยังเป็นสื่อกลางในการนำสารอาหารต่าง ๆ ในระบบเลือด การระบายของเสียและการปรับดุลของสัตว์น้ำด้วย

การเติมกรดอะมิโนที่จำเป็น (Essential Amino acid) กรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบของโปรตีน โดยมีกรดอะมิโนหลาย ๆ ชนิดมารวมกันเป็นโปรตีน และตัวกรดอะมิโนนี้จะเป็นเครื่องชี้บ่งถึงคุณภาพของโปรตีนนั้น ในการที่จะทำให้โปรตีนนั้น ประกอบด้วยกรดอะมิโนตามความต้องการของสัตว์น้ำ ปัจจุบันนิยมใช้กรดอะมิโนสังเคราะห์ผสมลงไป การผสมกรดอะมิโนมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณกรดอะมิโนที่มีอยู่เดิมในวัสดุที่ใช้ทำอาหารนั้น (เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน, 2549)

เอคไคโนเดิร์ม (Echinoderm) สัตว์กลุ่มนี้เป็นพวกที่มีแผ่นหินปูนปกคลุมร่างกายหรือแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อ รูปร่างทั่วไปส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแฉก 5 แฉก เช่น ดาวทะเล บางกลุ่มมีรูปทรงสมมาตรแบบรัศมี เช่น เม่นทะเล บางกลุ่มเป็นรูปทรงกระบอก เช่น ปลิงทะเล สัตว์ในกลุ่มนี้พบแพร่กระจายทั่วโลกบางชนิดอาศัยร่วมกับปะการัง ฟองน้ำ หรือสัตว์ทะเลอื่น ๆ ส่วนใหญ่กินสัตว์พวกหนอน หอย หรือ อินทรีย์สารตามหน้าดิน สัตว์ในไฟลัมนี้แบ่งออกเป็น 5 Class ได้แก่

1. Class Asteroidea เช่น ดาวทะเล
2. Class Ophiuroidea เช่น ดาวเปราะ
3. Class Echinoidea เช่น หอยเม่น อีแปะทเล
4. Class Holothuroidea เช่น ปลิงทะเล
5. Class Crinoidea เช่น พลับพลึงทะเล

ดาวทะเล หรือปลาดาว รูปร่างคล้ายดาว 5 แฉก มีแขนยื่นจากกลางลำตัวใต้ท้องแขนมีปุ่มดูดใช้ในการเคลื่อนที่ ปากอยู่ตรงกลางลำตัวด้านล่าง กินสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากที่อาศัยอยู่บนพื้นตะกอนในแนวปะการังเป็นอาหาร

ดาวมงกุฎหนาม (Crown-of Thorns starfish) พวกนี้กินปะการังเป็นอาหาร ดาวมงกุฎหนาม สามารถผลักกระเพาะอาหารของมันผ่านปากออกมาด้านนอก บริเวณใต้ลำตัวมัน แล้วย้ายกระเพาะของมันไปอยู่บนปะการังเป็น แล้วกระเพาะอาหารของปลาดาวมงกุฎหนามก็จะย่อยโพลิปปะการังเวลาที่มันยื่นตัวออกมา เมื่อปลาดาวมงกุฎหนามกินอาหารเสร็จมันก็จะดึงกระเพาะอาหารกลับเข้าไปภายในร่างกายมันเช่นเดิม การกินอาหารด้วยวิธีนี้จึงทำให้ปลาดาวมงกุฎหนามสามารถบริโภคเนื้อเยื่อปะการังมีชีวิตเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ได้อย่างรวดเร็ว กลุ่มดาวทะเลมีความสามารถในการงอกใหม่ (Regenerate) ได้ดี โดยถ้าส่วนของร่างกายหรือแขนของมันขาด หรือหลุดออก ส่วนที่ขาดสามารถงอกเป็นตัวใหม่ได้

ดาวเปราะ อาศัยอยู่ในรูที่สัตว์อื่นขุดไว้ ชื่อของดาวเปราะนี้มาจากการที่แขนของมันสามารถหลุดหักได้ง่าย แต่มันก็สามารถงอกแขนส่วนที่ขาดหรือหักได้ใหม่เช่นเดียวกับสัตว์เอคไคโนเดิร์ม อื่น ๆ ลำตัวมีขนาดเล็ก มีแขนยื่นยาวออกจากลำตัว แผ่นกลางลำตัวเป็น 5 เหลี่ยมคล้ายดาว ปกติดาวเปราะจะมีแขน 5-6 แขน ไม่มีร่องใต้แขน และเท้ามีลักษณะแบบท่อ ไม่มีปุ่มดูด มักพบตามซากปะการัง อาจพบแทรกอยู่กับฟองน้ำในแนวปะการัง หรือกิ่งก้านของกัลปังหา

ปลิงทะเล นั้นจะมีรูปร่างคล้ายหนอนที่พบอยู่ตามทรายหรือพื้นเศษปะการัง หนวดที่อยู่รอบ ๆ ปากของมันจะดึงทรายปริมาณมากเข้ามาในตัวมัน ปลิงทะเลเป็นสัตว์พวก Deposit feeders มันย่อยอินทรียวัตถุ สัตว์ขนาดเล็กและพืชที่อยู่ในทรายโดยการย่อยผ่านกระเพาะของมัน ส่วนอนุภาค

ที่มันไม่สามารถย่อยได้นั้น เช่น ทราย ก็จะขับผ่านออกทางทวาร จึงทำให้เห็นการก่อตัวของเส้นตะกอนบนพื้นล่างอย่างชัดเจน เมื่อเวลามันตื่นตกใจนั้น ปลิงทะเลบางชนิดสามารถพ่นเมือกเหนียวเพื่อป้องกันอันตราย ในขณะที่ศัตรูโดนของเหลวที่มันปล่อยออกมา ปลิงทะเลก็จะหลบหนีไป ปลิงทะเลบางชนิดสามารถละลายผนังร่างกายของมันเพื่อหันเหความสนใจของศัตรู

ดาวทะเลเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ในกลุ่ม (Class) Asteroidea เป็นกลุ่มเดียวกับเม่นทะเล มีลักษณะเด่นคือ มีหนามแหลมปกคลุมทั่วตัว ดาวทะเลมีลำตัวแบน ไม่มีหัว-ท้าย แต่ประกอบด้วยส่วนกลางลำตัวที่เป็นทรงกลมเหมือนเหรียญ (Central disc) และส่วนแขนที่ยื่นออกจากส่วนลำตัวในแนวรัศมีและเป็นสมมาตร โดยส่วนมากจะมี 5 แขน แต่บางชนิดมีมากกว่านี้ เช่น ดาวดวงอาทิตย์ มี 7-14 แขน ดาวมงกุฎหนาม มี 16 แขน เป็นต้น ขนาดของดาวทะเลต่างกันมาก อาจยาวเพียง 1 เซนติเมตร หรืออาจมีขนาดใหญ่มากยาวถึง 1 เมตร สีอาจเป็นสีคล้ำหรือสีสดทุก ๆ สี บางชนิดมี 2 สี ผิวตัวของดาวทะเลอาจขรุขระด้วยหนามหรืออาจเรียบ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของหนามบนผิวตัว ที่ขอบของแขนมักมีหนามมาเรียงตัวอยู่มาก ปากของดาวทะเลอยู่ด้านล่างกึ่งกลางลำตัว จากขอบปากจะเป็นร่องยาวออกไปตามแขนจนสุดปลายแขน ภายในร่องนี้จะมีเท้าท่อ (Tube feet) หรือโปเดีย (Podia) เรียงตัวเป็นแถวอยู่จำนวนมาก ทำหน้าที่ยึดเกาะเมื่อมีการเคลื่อนที่ (กรมประมง, 2550)

ดาวทะเลแพร่กระจายอยู่ในมหาสมุทรทั่วโลก แต่จะมีความหลากหลายชนิดในแถบทะเลเขตร้อนอย่างมหาสมุทรอินโด-แปซิฟิก โดยส่วนใหญ่ดำรงชีวิตอยู่ตามหาดหิน หาดทรายปนโคลน แนวปะการัง แต่ก็พบได้ตามท้องทะเลลึก บางชนิดฝังตัวอยู่ตามพื้นโคลนและทราย ดาวทะเลโดยส่วนมากเป็นนักล่า โดยจะกินสัตว์อื่นเป็นอาหาร ซึ่งได้แก่ หอยฝาเดียว หอยสองฝา ครัสเตเซียน และปลา บางชนิดกินปะการังหรือฟองน้ำ บางชนิดกินซากพืชซากสัตว์เป็นอาหาร (กรมประมง, 2550) ดาวทะเลเคลื่อนที่ได้โดยอิสระโดยการคลานไปตามหิน เปลือกหอย สีของดาวทะเลเป็นสีทึบออกเหลือง แต่มีหลายชนิดที่มีสีสดใส เช่น สีแดง สีส้ม สีฟ้า สีม่วง สีเขียว (บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์, 2546) ดาวทะเลสามารถสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ โดยมีทั้งเพศผู้และเพศเมีย การปฏิสนธิเกิดภายนอกตัว ในระยะแรกตัวอ่อนจะดำรงชีวิตแบบ Zooplankton จากนั้นจะเริ่มพัฒนาตัวแล้วจมตัวลงเพื่อหาที่ยึดเกาะแล้วเจริญเป็นตัวเต็มวัย ดาวทะเลบางชนิดมีความสามารถในการงอกทดแทนสูง (Regeneration) ชิ้นส่วนของร่างกาย เช่น แว่นกลางตัวชิ้นเล็ก ๆ จะสามารถเจริญเป็นตัวใหม่ได้ แต่ใช้เวลานานมาก อาจจะเป็นปี (กรมประมง, 2550) ดาวทะเลชนิด *Linckia* sp. สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการสลัดแขนออกหนึ่งแขน เพื่อให้แขนนั้นงอกออกเป็นตัวใหม่ (บพิธ จารุพันธุ์และนันทพร จารุพันธุ์, 2546)

Ramsay, Kaiser and Richardson (2001) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการงอกใหม่ภายหลังจากสูญเสียรยางค์ 1, 2 และ 3 รยางค์ ของ Common Starfish (*Asterias rubens*) พบว่าการงอกใหม่และอัตราการเจริญเติบโตของรยางค์ที่ถูกตัดจนกระทั่งมีลักษณะเหมือนเดิมจะช้ามากในกลุ่มที่สูญเสียระยางค์ โดยใช้เวลาถึง 8 เดือน ตั้งแต่เริ่มทดลองจนกระทั่งงอกใหม่จนมีลักษณะเหมือนเดิม มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในระหว่างปลาดาวทั้ง 3 กลุ่ม แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรยางค์ที่งอกใหม่

ดาวทะเลที่กุ้งตัวตลกกินเป็นอาหารนั้นจะจำกัดอยู่เฉพาะดาวทะเลไม่กี่ชนิด โดยเฉพาะดาวทะเลในสกุล *Linckia* spp. เช่น *L. laevigata* และ *L. multiflora* นอกจากดาวทะเลในสกุล

Linckia แล้วกุ้งตัวตลก ยังกินดาวทะเลมงกุฎหนาม *Acanthaster planci*, Chocolate chip starfish *Protoreasteri nodosus* (Calfo & Fenner, 2003; Fossa & Nilsen, 2000) หรือดาวทะเลขนาดเล็กสกุล *Asterinai* spp. หรือดาวชนิดอื่น ๆ ได้แก่ *Archaster typicus, Fromia imdica* และมีรายงานว่า กุ้งตัวตลก นี้อาจจะกินขาเดินของเม่นขนาดเล็กด้วย (Raabe & Raabe, 2007)

จากรายงานพอจะสรุปได้ว่ากุ้งตัวตลก จะเลือกกินอาหารที่มีอยู่ในแนวปะการังและจำเพาะกับบางชนิด แต่อย่างไรก็ตามจากรายงานเช่นกันพบว่ากุ้งการ์ตูนก็ยังกินดาวทะเลชนิดอื่น ๆ หรือแม้แต่เม่นทะเล ดังนั้นการหาอาหารทดแทน คือ ดาวชนิดอื่น ๆ ที่หาได้ง่ายมาให้กุ้งการ์ตูนกินเป็นอาหารน่าจะกระทำได้ ซึ่งมีดาวทะเลอีกหลายชนิดที่พบในแนวปะการัง เช่น ดาวหมอนปักเข็ม (*Culcita novaeguineae*) ดาวทะเลในสกุล *Anthenea* spp. ฯลฯ หรือดาวทะเล ที่พบมากตามหาดทราย เช่น ดาวทราย *Astropecten* spp.

ในธรรมชาติลูกกุ้งตัวตลก ที่เพิ่งเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และลงเกาะพื้นนั้นลำตัวจะยังโปร่งใส จะเริ่มมีลวดลายเกิดขึ้นบนลำตัวในช่วง 2 อาทิตย์ต่อมา ในช่วงดังกล่าวลูกกุ้งสามารถมีชีวิตได้โดยไม่ต้องกินอาหารราว 2 อาทิตย์หลังจากนั้นลูกกุ้งจะเริ่มกินอาหาร ซึ่งเป็นดาวทะเล (Fossa & Nilsen, 2000) กุ้งการ์ตูนนั้นกินอาหารค่อนข้างน้อย การให้อาหารเดือนละครั้งทำให้กุ้งสามารถมีชีวิตอยู่ได้ แต่อัตราการเจริญเติบโตและการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่ได้รับ ลูกกุ้งตัวตลก 5 ตัว นั้นจะกินดาวทะเลชนิด Linckia ที่มีขนาดประมาณ 7-8 เซนติเมตร หมดภายใน 3 เดือน เทียบเท่ากับการกินดาวทะเลน้อยกว่า 0.1 ตัวต่อกุ้ง 1 ตัว ต่อเดือน การเจริญเติบโตของกุ้งตัวตลกนั้นโดยการลอกคราบ ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตขึ้นอยู่กับสุขภาพของกุ้งและอาหารที่ได้รับ โดยปกติกุ้งการ์ตูนจะลอกคราบโดยเฉลี่ยเดือนละครั้ง (Raabe & Raabe, 2007) และเมื่อโตเต็มที่กุ้งตัวตลก จะมีขนาดความยาวประมาณ 1.0-1.5 นิ้ว จากการตรวจสอบเพศของลูกกุ้งตัวตลก ด้วย วิธีการทางเนื้อเยื่อ (Histological examination) พบว่า กุ้งตัวตลก จะมีการกำหนดเพศในช่วง 4 อาทิตย์หลังจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และการเจริญพันธุ์ของเพศเมียที่อยู่ตัวเดียวจะเจริญพันธุ์ช้ากว่าเพศเมียที่อยู่ร่วมกับเพศผู้ (Fiedler, 2002)

องค์ประกอบของอาหารนอกจากโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตแล้ว ไขมันเป็นสารอาหารอีกกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญ นอกจากจะเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแล้ว ยังเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็น ที่สัตว์โดยทั่วไปต้องนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อและช่วยรักษาระดับความยืดหยุ่นของของเหลวในร่างกาย (Delaunay, Amici & Avril, 1991) กรดไขมันที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่จะเป็นกรดไขมันชนิดที่ไม่อิ่มตัว กลุ่มโอเมก้า-3 (Omega-3-polyunsaturated fatty acid) โดยเฉพาะกรดไขมัน Eicosapentaenoic acid หรือ EPA (C20:5n3) และกรดไขมัน Docosahexaenoic acid หรือ DHA (C22:6n3) เพราะกรดไขมันกลุ่มนี้มี ผลต่ออัตราการอยู่รอดของสัตว์น้ำวัยอ่อน มีการนำไปเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ทั้งในคนและในสัตว์

ซึ่งกรดไขมันในกลุ่มโอเมกา-3 มีคุณสมบัติในการเพิ่มภูมิต้านทานให้กับลูกกุ้งได้เช่นเดียวกัน โดยกรดไขมันโอเมกา-3โดยเฉพาะอย่างยิ่ง EPA และ DHA เป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์สารคล้ายฮอร์โมนที่ชื่อว่า Prostaglandins และ Leucotriens ที่มีคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อโรคบางชนิด (วิเชียร ยงมานิตชัย, 2551) กรดไขมันจำเป็น (Essential fatty acids) เป็นกรดไขมันที่มีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยถูกนำมาใช้เป็นอาหารเสริม และใช้ในทาง

การแพทย์ โดยเฉพาะโอเมก้า 3 (Linolenic หรือ Alpha Linoleic Acid) ป้องกันการเกิดโรคหัวใจและอัมพาต ลดการอักเสบ ของโรคไขข้อเสื่อมรูมาตอยด์ ลดอาการปวดหัวไมเกรนและปวดประจำเดือน เพิ่มภูมิคุ้มกันร่างกายและลดอาการของ โรคภูมิแพ้ โอเมก้า 6 (Linoleic Acid) ป้องกันการเกิดโรคหัวใจ โดยการลดการแข็งตัวของเลือดด้วย การลดการจับกลุ่มของเกล็ดเลือดทำให้หลอดเลือดที่หัวใจเป็นปกติ ลดอัตราการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ลดการขยายตัวของเซลล์มะเร็ง ป้องกันโรคสมองเสื่อมหรือโรคอัลไซเมอร์ โดยลดการแข็งตัวของเยื้อหุ้มเม็ดเลือดแดงทำให้สมองได้รับอ๊อกซิเจนมากขึ้นนอกจากนี้ยังพบว่า EPA และ DHA มีบทบาทในการควบคุม

การตอบสนองการอักเสบผ่านการผลิตสารที่เรียกว่า Eicosanoids (Lee et al., 2009; Oliver, McGillicuddy, Phillips, Toomey & Roche, 2010) รวมทั้งยังนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ องค์ประกอบคุณค่าทางอาหารที่ให้สัตว์น้ำกินมีบทบาทอย่างมากในการเพิ่มการรอดตายและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อน โดยเฉพาะกรดไขมัน ซึ่งกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อน ได้แก่ Ecosapentaenoic acid และ Docosahexaenoic acid เนื่องจากสัตว์น้ำวัยอ่อนบางชนิดไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นได้จะต้องได้รับจากการกินอาหารเท่านั้น (สุพิศ ทองรอด, 2535) และมีการศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวชนิดคาร์บอนสายยาวซึ่งรายงานแสดงให้เห็นว่ากรดไขมันสายยาวคาร์บอนมากกว่า 10 ตัว จะ Induced lysis of bacterial protoplasts (Nieman, 1954; Galbraith & Miller, 1973a-c) และจากงานวิจัยพบว่าอาหารที่มีกรดไขมันชนิด n-3 สูงจะเพิ่มอัตราการอยู่รอดและลดความรุนแรงของเชื้อโรคที่เกิดตามธรรมชาติได้ (Ergas, Eilat, Mendlovic & Sthoeger, 2002; Simupoulos, 2002) เช่นเดียวกับงานวิจัยผลของโภชนาการด้านกรดไขมันในการต่อต้านโรค (Autoimmune disease) ของ Harbige (1998) ที่กล่าวว่าอาหารที่มี กรดไขมันชนิด n-3 สูง จะเพิ่มอัตราการอยู่รอดและลดความรุนแรงของโรคในสัตว์ทดลองเช่นกัน

บทบาทและความสำคัญของลิปิด

1. เป็นโครงสร้างของเนื้อเยื่อหุ้มเซลล์และอวัยวะเซลล์ (Biological membrane)

2. เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานมากที่สุดเมื่อเทียบต่อน้ำหนักที่เท่ากัน โดยไขมัน 1 กรัม ให้พลังงานโดยประมาณ 9 กิโลแคลอรี โปรตีนให้พลังงานโดยประมาณ 5 กิโลแคลอรี และคาร์โบไฮเดรตให้พลังงานเพียง 4 กิโลแคลอรี

3. เป็นสารให้ความอบอุ่นและช่วยป้องกันอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกายไม่ให้กระทบกระเทือน และยังเป็นฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อนจากร่างกาย

4. เป็นตัวเคลือบหรือฉาบผิวสิ่งมีชีวิต เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำหรือป้องกันไม่ให้น้ำเข้าภายในและยังมีผลป้องกันการติดเชื้อด้วย

5. เป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญบางอย่าง ได้แก่ วิตามินที่ละลายในไขมัน (Vitamin A, D, E, K) รวมทั้งฮอร์โมน เช่น พรอสทาเกลนดิน (Prostaglandin), สเทอรอยด์ (Steroid) และกรดไขมัน

6. เป็นส่วนประกอบผนังเซลล์ของแบคทีเรียและพืชชั้นสูง รวมทั้งผิวหนังและระบบประสาทของสัตว์มีกระดูกสันหลัง และเป็นองค์ประกอบของปีกและลำตัวแมลง (พัชรี บุญศิริ, เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ และอุบล ชาอ่อน, 2551)

ชนิดของลิปิด

ลิปิดสามารถจำแนกได้หลายแบบ คือ

1. ลิปิดจำแนกตามโครงสร้างทางเคมี แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1.1 Simple lipid เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ได้แก่

1.1.1 ไขมัน (Fat) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมเลกุล กับ กลีเซอรอล 1 โมเลกุล เรียกว่า “ไตรกลีเซอรอล หรือ ไตรเอซิลกลีเซอรอล” ไขมันมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง หากมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่า “น้ำมัน (Oils)”

1.1.2 แวกซ์ (Waxes) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเพียงหมู่เดียว (Monohydric alcohol) และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง

1.2 Compound lipid เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์และมีสารอื่นรวมอยู่ด้วย ได้แก่

1.2.1 ฟอสโฟลิปิด (Phospholipid) เป็นกลุ่มของลิปิดที่โมเลกุลประกอบด้วยกรดไขมัน แอลกอออล์ กรดฟอสฟอริค เบสที่มีไนโตรเจน และอาจมีสารประกอบอื่น ๆ

1.2.2 ไกลโคลิปิด (Glycolipid) เป็นกลุ่มของลิปิดที่โมเลกุลประกอบด้วยกรดไขมัน คาร์โบไฮเดรต เบสที่มีไนโตรเจน แต่ไม่มีกรดฟอสฟอริค

1.2.3 ลิปิดเชิงประกอบอื่น ๆ ได้แก่ ไลโปโปรตีน และอะมิโนลิค

1.3 Derived lipid เป็นสารประกอบที่ได้จากไฮโดรไลซิสของลิปิด 2 กลุ่มแรก ซึ่งได้แก่ กรดไขมัน กลีเซอรอล โมโนกลีเซอไรค์ สเตอรอยด์ โคเลสเตอรอล วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน แคโรทีนอยด์ พรอสตาแกลนดิน เทอร์ปีน ควีโนน และคีโตนบอดีส์ (สาวิตรี ลิ่มทอง, 2549)

2. ลิปิดจำแนกตามคุณสมบัติ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

2.1 Neutral lipid ได้แก่ ไตรกลีเซอไรค์ โคเลสเตอรอล สเตอรอยด์อื่น ๆ รวมทั้งวิตามินที่ละลายในไขมันคือ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค ลิปิดกลุ่มนี้มีสมบัติเป็นกลาง

2.2 Amphiphilic lipid ได้แก่ ฟอสโฟลิปิดชนิดต่าง ๆ เช่น เลซิติน และสฟิงโกมัยอิลิน ลิปิดกลุ่มนี้มีสมบัติเป็น Bilayer เนื่องจากส่วนของโมเลกุลมีทั้งเป็นโพลาร์ (Polar) ซึ่งละลายน้ำได้ และส่วนที่เป็นนอนโพลาร์ (Nonpolar) ซึ่งไม่ละลายน้ำ ดังนั้นสารประกอบพวกฟอสโฟลิปิดจึงหมุนตัวอยู่ที่ผิวของสารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าหรือบนผิวน้ำ หรือแทรกตัวอยู่ระหว่างผิวของของเหลว 2 ชนิดที่ไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน สมบัติของฟอสโฟลิปิดเหล่านี้ จึงมีความสำคัญต่อการทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของเซลล์เมมเบรนและการนำไปใช้ประโยชน์เป็น Surfactants หรือ Emulsifying agent (สมศักดิ์ วรคามิน, 2552)

3. ลิปิดจำแนกตามหน้าที่ในสิ่งมีชีวิต แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

3.1 ลิปิดที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมพลังงาน ลิปิดส่วนใหญ่ที่สะสมอยู่ในร่างกายจะอยู่ในรูปไตรกลีเซอไรด์ นอกจากนี้ยังพบได้ตามเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั้งของพืชและสัตว์ เป็นแหล่งสะสมพลังงานให้แก่เซลล์ กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่ร่างกายสะสมไว้จะแปรผันตามชนิดกรดไขมันในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่ได้รับจากอาหาร

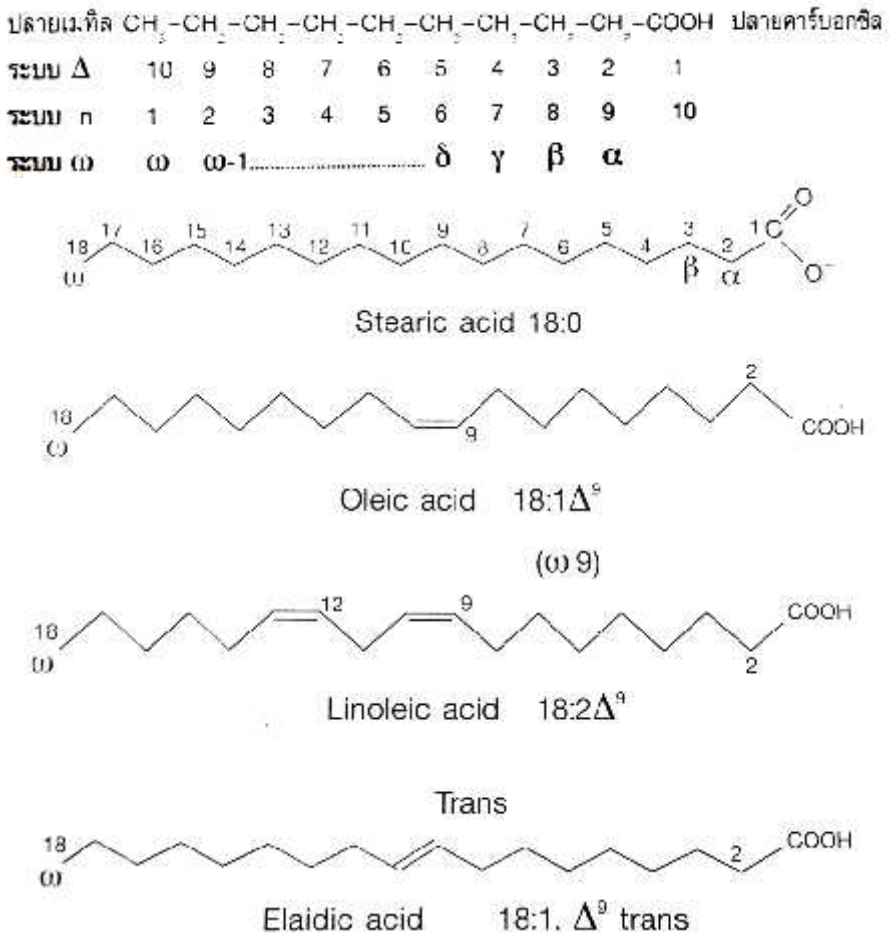
3.2 ลิปิดที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง ได้แก่ ฟอสโฟลิปิด และ โคเลสเตอรอล ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในร่างกาย และเนื้อเยื่อสมอง ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบมีความสำคัญต่อชนิดของเนื้อเยื่อซึ่งมีความจำเพาะเจาะจง ถึงแม้ว่าชนิดของกรดไขมันจะผันแปรตามชนิดและปริมาณอาหารที่ร่างกายได้รับก็ตาม แต่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ลิปิดบางชนิดได้ (ประดิษฐ์ มีสุข, 2547)

กรดไขมัน (Fatty acid)

กรดไขมันจัดเป็นกรดคาร์บอกซิลิค (Carboxylic acid) ที่มีหมู่-COOH เพียงหมู่เดียวต่อกับไฮโดรคาร์บอนสายยาวเส้นตรง กรดไขมันที่พบในธรรมชาติมักมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นจำนวนคู่ ระหว่าง 4-24 อะตอม และพบในรูปกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) เล็กน้อย แต่ส่วนใหญ่พบในรูปที่ละลายในไขมัน (Saponifiable lipid) (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2541)

การเรียกชื่อกรดไขมันและการเขียนสัญลักษณ์

กรดไขมันแต่ละชนิดต่างกันที่ความยาวของโมเลกุล จำนวนพันธะและตำแหน่งพันธะคู่ การเรียกชื่อกรดไขมันมีทั้งการเรียกชื่อสามัญ เรียกตามระบบ และการใช้สัญลักษณ์ ชื่อสามัญเป็นชื่อที่ ผู้ค้นพบตั้งขึ้นโดยมีที่มาแตกต่างกัน ชื่อตามระบบใช้เรียกชื่อกรดไขมันเพื่อให้มาตรฐานเดียวกัน โดยการแสดงจำนวนคาร์บอนเป็นภาษากรีก และตามด้วย -anoic สำหรับกรดไขมันอิ่มตัว และ –enoic สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัว การเรียกชื่อกรดไขมันนิยมเรียกชื่อสามัญ ตามด้วยการใช้สัญลักษณ์ เพราะสัญลักษณ์สามารถบอกความยาวโมเลกุล จำนวนคาร์บอนและตำแหน่งพันธะคู่ในกรณีที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว การใช้สัญลักษณ์ประกอบด้วยเลข 2 ชุดซึ่งมีเครื่องหมาย : คั่น ตัวเลขข้างหน้าเครื่องหมาย : แสดงจำนวนคาร์บอน ตัวเลขข้างหลังเครื่องหมาย : แสดงจำนวนพันธะคู่ ในการนับจำนวนคาร์บอนเพื่อบอกตำแหน่งพันธะคู่ในปัจจุบันใช้อยู่ 3 ระบบคือ ระบบ Δ, n และ ω (Omega) โดยระบบ Δ และ n นับคาร์บอนทุกอะตอมแต่มีทิศทางที่แตกต่างกัน ขณะที่ระบบ ω ไม่นับคาร์บอนของฟังก์ชัน (คาร์บอกซิล) ระบบ Δ เริ่มนับจากหมู่คาร์บอกซิลขณะที่ระบบ ω เริ่มนับจากคาร์บอนอะตอมแรกที่อยู่ติดกับหมู่คาร์บอนซิล (หมู่ฟังก์ชั่น) ส่วนระบบ n เริ่มนับจากปลายโมเลกุลด้านเมทิล ($-CH_3$) จะเห็นได้ว่าระบบการนับจำนวนคาร์บอนเพื่อบอกตำแหน่งพันธะคู่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากถูกตั้งขึ้นมาจากกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่สนใจบทบาททางชีวภาพที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ระบบ Δ และ ω นิยมใช้ในกระบวนการสลายไขมันที่เรียกว่า “วิถี β-ออกซิเดชั่น” ส่วนระบบ n นิยมใช้ในกระบวนการสังเคราะห์กรดไขมัน



ภาพที่ 1 การเขียนสัญลักษณ์กรดไขมัน

ภาพที่ 1 ตัวอย่างกรดไขมันอิ่มตัวมีชื่อสามัญว่า กรดไขมันสเตียริก มีคาร์บอน 18 อะตอม มีสัญลักษณ์เป็น 18:0 สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีชื่อสามัญว่ากรดไขมันโอเลอิก มีคาร์บอน 18 อะตอม มี 1 พันธะคู่ (Cis-) ที่ระหว่างตำแหน่งที่ 9 กับ 10 จะใช้สัญลักษณ์เป็น 18:1 n9 หรือ กรดไขมันไลโนเลอิกที่มีคาร์บอน 18 อะตอม มี 2 พันธะคู่ (Cis-) ที่ระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 9 กับ 10 และที่ตำแหน่งที่ 12 กับ 13 เขียนสัญลักษณ์เป็น 18:2 $\Delta^{9, 12}$ หรือ $\Delta^{-6, -9}$ จะเห็นได้ว่าปลายพันธะคู่แบบ cis ไม่ต้องเขียนคำว่า cis ไว้ แต่ถ้าเป็นแบบ trans ต้องเขียนคำว่า trans ไว้ด้วย เช่น กรดไขมันอีไรดิก (Elaidic acid) มีคาร์บอน 18 อะตอม มี 1 พันธะคู่ (Trans) เขียนสัญลักษณ์เป็น 18:1$\Delta^{9 (Trans)}$ (ดาวัลย์ ฉิมภู่, 2550)

กรดไขมันที่พบมากที่สุดในกลุ่มลิปิด แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids) เป็นกรดไขมันที่มีโซ่คาร์บอนสายสั้นและยาวและไม่มีพันธะคู่ (Double bond) จึงทำให้มีจุดหลอมเหลวสูง (กรดไขมันอิ่มตัวที่มีโซ่คาร์บอนยาวบางชนิดอาจมีจุดหลอมเหลวมากกว่า 60 องศาเซลเซียส) ดังนั้นกรดไขมันชนิดนี้จึงแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง และกรดอะซิติก (Acetic, CH_3COOH) เป็นต้นกำเนิดของการสังเคราะห์กรดไขมันอิ่มตัวโดยขบวนการ Elongation คือ การเพิ่มจำนวนคาร์บอนเข้าไปครั้งละ 2 อะตอม น้ำมันที่มีกรดไขมัน

อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่มากจะอยู่ในสภาพที่เป็นไขและมีสภาพแข็งตัวเมื่ออุณหภูมิต่ำ หรือในฤดูหนาว เช่น น้ำมันหมู น้ำมันวัว เป็นต้น กรดไขมันอิ่มตัวที่พบเป็นองค์ประกอบในน้ำมันทั่วไป เช่น กรดไขมันไมริสติก (Myristic acid, C14:0), กรดไขมันปาล์มิติก (Palmitic acid, C16:0) และกรดไขมันสเตียริก (Stearic acid, C18:0)

ตารางที่ 1 กรดไขมันอิ่มตัวชนิดต่าง ๆ (อาภัสสรา ชมิดท์, 2543)

ชื่อสามัญ	สูตร	สัญลักษณ์ย่อ	จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)
กรดบิวไทริก (Butyric)	$C_4H_8O_2$	4:0	- 7.9
กรดคาโพรอิก (Capoic)	$C_6H_{12}O_2$	6:0	- 3.4
กรดคาไพริก (Caprylic)	$C_8H_{16}O_2$	8:0	16
กรดคาพริก (Capric)	$C_{10}H_{20}O_2$	10:0	31
กรดลอริก (Lauric)	$C_{12}H_{24}O_2$	12:0	44
กรดไมริสติก (Myristic)	$C_{14}H_{28}O_2$	14:0	54
กรดปาล์มิติก (Palmitic)	$C_{16}H_{32}O_2$	16:0	63
กรดสเตรียริก (Stearic)	$C_{18}H_{36}O_2$	18:0	70
กรดอะราชิติก (Arachidic)	$C_{20}H_{40}O_2$	20:0	76

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) เป็นกรดไขมันที่มีโซ่คาร์บอนยาว (16-22 อะตอม) และมีพันธะคู่ตั้งแต่ 1-6 กรดไขมันกลุ่มนี้ มีจุดหลอมเหลวต่ำ โดยจุดหลอมเหลวของกรดไขมันแต่ละชนิด ขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอม จำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลและตำแหน่งของพันธะคู่โดยทั่วไปกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง และบางชนิดยังเป็นของเหลวที่จุดเยือกแข็ง เช่น กรดไขมันไลโนเลนิก (Linolenic acid, C18:3n3) ซึ่งมีจุดหลอมเหลวที่-11 องศาเซลเซียส ในขณะที่กรดไขมัน อีพีเอ (Eicosapentaenoic acid, C20:5n3) มีโซ่คาร์บอนโมเลกุลยาวถึง 20 โมเลกุล มีพันธะคู่ 5 คู่ จึงทำให้กรดไขมันชนิดนี้มีจุดหลอมเหลวต่ำคือ -54 องศาเซลเซียส เป็นต้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวพบเป็นองค์ประกอบอยู่มากในน้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์น้ำ (พัชรี บุญศิริ, เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ และอุบล ชาอ่อน, 2551)

กรดไขมันไม่อิ่มตัว สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

2.1 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fatty acid, MUFA) เป็นกรดไขมันที่โซ่คาร์บอนเชื่อมกันในสายด้วยพันธะคู่เพียง 1 ตำแหน่ง พบได้ในไขมันแทบทุกชนิด และพบมากมี 2 ชนิด คือ กรดไขมันปาล์มิโตเลอิก (Plamitoleic acid, C16:1n7) และกรดไขมันโอเลอิก (Oleic acid, C18:1n9)

2.2 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acid, PUFA) เป็นกรดไขมันที่โซ่คาร์บอนเชื่อมกันในสายด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 2 ตำแหน่งขึ้นไป นอกจากนี้กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 20 คาร์บอนอะตอมขึ้นไป และมีจำนวนพันธะคู่มากกว่า 2 ตำแหน่งขึ้นไป เรียกกรดไขมันกลุ่มนี้ว่า “Highly unsaturated fatty acid, HUFA” โดยทั่วไปจะใช้เรียกกรดไขมัน

ในกลุ่มโอเมก้า 3 เช่น กรดไขมันอิโคซะไตรอีโนอิก (Eicosatrienoic acid, C20:3n3), กรดไขมันไอโคซะไตรอีโนอิก (Eicosatetraenoic acid, C20:4n3), กรดไขมันอีพีเอ (Eicosapentaenoic acid, C20:5n3) และกรดไขมันดีเอชเอ (Docosahexaenoic acid, C22:6n3) หรือกลุ่มโอเมก้า 6 เช่น กรดไขมันเออาร์เอ (Arachidonic acid, C20:4n6) เป็นต้น กรดไขมันในกลุ่มนี้มีจุดหลอมเหลวที่ต่ำ และจุดหลอมเหลวของกรดไขมันแต่ละชนิดขึ้นกับจำนวนของคาร์บอนอะตอม จำนวนพันธะคู่ในโมเลกุล และตำแหน่งของพันธะคู่ (พิทักษ์ สูตอนันต์, 2552)

ตารางที่ 2 กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดต่าง ๆ (พัชรี บุญศิริ และคณะ, 2551)

ชื่อสามัญ	สูตร	สัญลักษณ์ย่อ	จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)
กรดปาล์มิโตเลอิก (Palmitoleic)	$C_{16}H_{30}O_2$	16:1, n-7	0.5
กรดโอเลอิก (Oleic)	$C_{18}H_{34}O_2$	18:1, n-9	13.4
กรดไลโนเลอิก (Linoleic)	$C_{18}H_{32}O_2$	18:2, n-6	- 5.0
กรดไลโนเลนิก (Linolenic)	$C_{18}H_{30}O_2$	18:3, n-3	- 11.0
กรดอะราซิโดนิก (Arachidonic)	$C_{20}H_{32}O_2$	20:4, n-6	- 49.5
กรดอิโคซะเพนตะอีโนอิก (Eicosapentaenoic)	$C_{20}H_{30}O_2$	20:5, n-3	- 54.0
กรดโดโคซะเฮกซะอีโนอิก (Docosahexaenoic)	$C_{22}H_{32}O_2$	22:6, n-3	- 44.0

ความสำคัญของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6

กลุ่มโอเมก้า 3

กรดไขมันโอเมก้า 3 เป็นกลุ่มของกรดไขมันชนิดที่ไม่อิ่มตัวสูง เป็นหนึ่งในกรดไขมันที่จำเป็น (Essential Fatty acid) สำหรับร่างกาย ซึ่งในสูตรโครงสร้างโมเลกุลจะมีพันธะคู่อยู่ไม่น้อยกว่า 3 ตำแหน่ง โดยพันธะคู่แรกจะอยู่ที่ตำแหน่งของคาร์บอนตัวที่ 3 นับจากปลายโมเลกุลด้านที่มีกลุ่มของเมธิล (Methyl group) เข้าไป และส่วนพันธะคู่ต่อไปจะอยู่ตรงตำแหน่งคาร์บอนถัดไปครั้งละ 3 ตำแหน่ง (Anderson, 1994)

กรดไขมันไลโนเลนิก (Linolenic acid) เป็นกรดไขมันชนิดกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) มีจำนวนคาร์บอน 18 อะตอม และมีพันธะคู่ (Double bond) 3 ตำแหน่งที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9, 12 และ 15 เป็น Polyunsaturated fatty acid กรดไขมันไลโนเลนิก เป็นกรดไขมันที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย (Essential fatty acid) เนื่องจากเป็นสารตั้งต้นของกรดไขมันกลุ่มเดียวกันที่มีโซ่คาร์บอนสายยาว (Anderson, 1994) แหล่งที่พบโดยทั่วไปพบน้ำมันพืช เช่น น้ำมันเมล็ดแฟลก น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันคาโนลา และสาหร่าย สไปรูลินา (Spirulina) ส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมันและไขมันที่ใช้รับประทาน เช่น น้ำมันปลา และน้ำมันตับปลา

กรดไขมันอีพีเอ (Eicosapentaenoic acid, C20:5n3) เป็นกรดไขมันที่สร้างมาจากกรดไขมันไลโนเลนิกและเป็นสารตั้งต้นของ Eicosanoids อีพีเอเป็นกรดไขมันที่มีคุณสมบัติ ลดการ

จับตัวของเกล็ดเลือด และสร้างสารที่ทำให้เส้นเลือดขยายตัวได้ดี จึงลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจขาดเลือดได้จากสมมติฐานทางการแพทย์ของการเกิดโรคหัวใจอุดตันพบว่าการเกิดลิ่มเลือด (Thrombogenesia) เป็นสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งของปัญหาโรคหัวใจและหลอดเลือด Thromboxanes A_3 ที่สร้างมาจากกรดไขมันอีพีเอ ที่มีคุณสมบัติต้านการรวมตัวของเกล็ดเลือดบริเวณผนังหลอดเลือด ทำให้สามารถลดความหนืดของเลือดลง และช่วยเพิ่มระดับของเหลวในเมมเบรน ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้สามารถพบได้ในน้ำมันปลาชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะปลาทะเล ดังนั้นการบริโภคปลาเป็นประจำย่อมลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจขาดเลือดได้ (สมศักดิ์ วรคามิน, 2552) แหล่งที่พบโดยทั่วไปพบมากในน้ำมันปลา (Fish oil), น้ำมันลินสีด (Linseed oil), น้ำมันวอลนัท (Walnut oil), น้ำมันคาโนล่า (Canola oil), น้ำมันถั่วเหลือง (Soybean oil), น้ำมันข้าวโพด และสาหร่าย (Aslan & Triadafilopoulos, 1992)

กรดไขมันดีเอชเอ (Docosahexaenoic acid, C22:6n3) เป็นกรดไขมันที่สร้างมาจากกรดไขมันไลโนเลนิกเช่นเดียวกับกรดไขมันอีพีเอ มีความสำคัญต่อร่างกายและมีผลโดยตรงต่อสุขภาพมนุษย์ (โดยเฉพาะทารก) พบได้ที่บริเวณเรตินาของดวงตาและผนังเซลล์ทั่วร่างกาย ทำให้เซลล์มีความไวต่อการรับสัญญาณประสาทและที่สำคัญที่สุดคือ เป็นส่วนประกอบของเซลล์สมองซึ่งพบในปริมาณสูง กรดไขมันดีเอชเอที่เข้าไปในสมองจะเสริมสร้างการเจริญเติบโตของปลายประสาทที่เรียกว่า “เดนไดรต์ (Dendrite)” ซึ่งทำหน้าที่ถ่ายทอดสัญญาณส่งผ่านข้อมูลระหว่างสมองด้วยกัน ทำให้เกิดการเรียนรู้และการจดจำ นอกจากนี้กรดไขมันดีเอชเอยังช่วยป้องกันการเกิดโรคทางหัวใจและหลอดเลือด ช่วยบำบัดโรคที่เกี่ยวข้องกับความชราภาพ และมีผลทำให้การตั้งครรภ์และการคลอดบุตรเป็นไปตามปกติ (สมศักดิ์ วรคามิน, 2552) แหล่งที่พบโดยทั่วไปพบในปลาทะเล น้ำนมแม่ ไข่แดง และสาหร่ายทะเล

กลุ่มโอเมก้า 6

โครงสร้างของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 6 เป็นกลุ่มของกรดไขมันชนิดที่ไม่อิ่มตัวสูง เป็นกรดไขมันที่จำเป็น (Essential fatty acid) ต่อร่างกายมนุษย์ เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 จากปลายด้านเมทธิล กรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 6 มีหลายชนิด โดยมีเพียงบางชนิดมีความสำคัญต่อการทำงานร่างกาย ได้แก่ กรดไขมันไลโนเลอิก (Linoleic acid, C18:2n6) และกรดไขมันเออาร์เอ (Arachidonic acid, C20:4n6) (Abbey & Nestel, 1994)

กรดไขมันไลโนเลอิก กรดไขมันไลโนเลอิก (Linoleic acid, C18:2n6) เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอน 18 อะตอม และมีพันธะคู่ 2 คู่ พันธะคู่อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 และ 12 มีชื่อเคมีว่า 9, 12 Octadecadienoic acid จัดเป็น Polyunsaturated fatty โครงสร้างที่พบตามธรรมชาติเป็นแอลฟา-ไลโนเลอิก (Alpha-linoleic acid) กรดไขมันไลโนเลอิกถือเป็นกรดไขมันจำเป็นที่เป็นสารตั้งต้นของกรดไขมันกลุ่มเดียวกันที่มีโซ่คาร์บอนสายยาว (Adler & Holub, 1997) แหล่งที่พบโดยทั่วไปพบมากในน้ำมันพืช เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันงา น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันเมล็ดคำฝอย และน้ำมันปลา

กรดไขมันเออาร์เอ (Arachidonic acid, C20:4n6) เป็นกรดไขมันที่สร้างมาจากกรดไขมันไลโนเลอิกและเป็นสารเริ่มต้นของ Eicosanoids เช่น Thromboxanes A_2 มีคุณสมบัติในการทำให้เม็ดเลือดเกาะกลุ่มกรดไขมันเออาร์เอ มีบทบาทในการสร้างและการเก็บความจำระยะยาวของทารกซึ่งเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ ช่วยเพิ่มความไวของการรับแสงในส่วนเรตินาของลูกตา และ

ความสามารถในการมองเห็น กรดไขมันเออาร์เอเป็นส่วนประกอบหลักของซินแนปซ์หรือจุดเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท และมีบทบาทเป็นตัวนำข้อมูลตรงรอยต่อของซินแนปซ์และภายในเซลล์ นอกจากนี้กรดไขมันเออาร์เอ ยังช่วยเพิ่มความเร็วในการส่งสัญญาณประสาทระหว่างเซลล์ประสาทของทารกเพื่อนำข้อมูลมาเก็บไว้ในสมอง ซึ่งเป็นการช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้และความจำในระยะยาว (Albert & Hennekens, 1998) แหล่งที่พบ โดยทั่วไปพบมากในน้ำมันตับปลา น้ำมันจากปลาทะเล น้ำมันเมล็ดคำฝอย น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลือง (Foodnetworksolution, 2016)

แหล่งของกรดไขมัน

แหล่งกรดไขมันจากพืช

กรดไขมันที่พบในพืชโดยทั่วไปเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว และพบในปริมาณสูงในน้ำมันพืช เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะกอก น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันถั่วลิสง เป็นต้น ใน อุณหภูมิห้องมีลักษณะเป็นน้ำมัน (ของเหลว) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากว่าการหักงอของสายไฮโดรคาร์บอนตรงบริเวณที่เกิดพันธะคู่ ทำให้โมเลกุลไม่สามารถเรียงตัวเป็นระเบียบและอัดตัวแน่นเหมือนไขมัน กรดไขมันที่พบได้แก่ กรดไขมันปาล์มิติก (Plamitic acid, C16:0), กรดไขมันสเตียริก (Steric acid, C18:0), กรดไขมันโอเลอิก (Oleic acid, C18:1n9), กรดไขมันไลโนเลอิก (Linoleic acid, C18:2n6) และกรดไขมันไลโนเลนิก (Linolenic acid, C18:3n3) สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมปริมาณกรดไขมันในเมล็ดพืช คือ ปัจจัยทางด้านกายภาพ ได้แก่ สภาพแวดล้อมที่เพาะปลูก ความชื้น อุณหภูมิ แสง ปัจจัยทางเคมี ได้แก่ ชนิดของเมล็ดพืช และองค์ประกอบของสารอาหาร (เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ, 2543)

แหล่งกรดไขมันจากสัตว์

กรดไขมันจากสัตว์ส่วนใหญ่ประกอบขึ้นจากกรดไขมันชนิดอิ่มตัวมากกว่าพืช ซึ่งมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง พบได้ในสัตว์บก สัตว์น้ำ และในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งกรดไขมันที่พบในไขมันสัตว์เช่น กรดไขมันโอเลอิก (Oleic acid, C18:1n9) และกรดไขมันปาล์มิติก (Plamitic acid, C16:0) เป็นต้น (พิมพร วัชรางค์กุล, ม.ป.ป.) ส่วนในสัตว์น้ำ มักพบมากในปลาทะเลโดยเฉพาะในปลาที่อาศัยเขตที่มีอากาศหนาวเย็นจะมีกรดไขมันอยู่ทุกส่วนของร่างกาย ในปลาทะเลพบกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอน 20-22 อะตอมสูง (เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ, 2543) และกรดไขมันส่วนมากที่พบในปลาทะเลเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวประเภทกรดไขมันจำเป็นกลุ่มโอเมก้า 3 สูงที่สุด รองลงมาคือ กรดไขมันจำเป็นกลุ่มโอเมก้า 6 ในสัตว์น้ำมีปริมาณไขมันต่ำแต่มีปริมาณกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 สูงกว่าสัตว์บกและสัตว์ปีกโดยเฉพาะกรดไขมันอีพีเอ (Eicosapentaenoic acid, C20:5n3) และกรดไขมันดีเอชเอ (Docosahexaenoic acid, C22:6n3) เช่น ปลาซาร์ดีน ปลาแฮร์ริ่ง ปลาแม็คคาเรล ปลาแฮงโชว์วี่ ปลาทูน่า พบกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 ในสัดส่วน 2.5-8 กรัมต่อเนื้อปลา 200 กรัม นอกจากนี้ยังพบกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 ในปลาน้ำจืดของไทยหลายชนิด เช่น ปลาสวาย ปลาช่อน ที่มีปริมาณกรดไขมันโอเมก้า 3 เทียบเท่ากับปลาทะเล (Birch & Hoffman, 1992)

แหล่งกรดไขมันจากจุลินทรีย์

กรดไขมันในแบคทีเรียส่วนใหญ่จะเป็นพวก Straight-chain เช่น MUFAs กลุ่มหลักที่พบได้แก่ Oleic series หรือ Vaccenic series และกลุ่มกรดไขมันในแบคทีเรียที่ไม่เหมือนในสิ่งมีชีวิต

อื่น ๆ ได้แก่ b-OH, Cyclopropane และ Branchedchain (Lec hevalier, 1989) ในแบคทีเรียบางชนิดจะอยู่ในรูป กรดไขมันอิสระ หรือในรูปของ Glycerides แต่ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นโมเลกุลเริ่มจาก Phospholipids glycolipids จนถึง Lipoproteins กรดไขมันจากจุลินทรีย์มีทั้งในจุลินทรีย์กลุ่มโปรคาริโอตและจุลิทรีย์กลุ่มยูคาริโอต ดังเช่น แบคทีเรียและไซยาโนแบคทีเรีย อะมีบา โปรโตซัว จุลสาหร่าย ตลอดจนจุลินทรีย์ต่าง ๆ ล้วนแล้วแต่มีกรดไขมันที่มีสายอะตอมคาร์บอนยาว มีความไม่อิ่มตัวสูงมีพันธะคู่หลายตำแหน่ง เป็นองค์ประกอบของเซลล์ทั้งสิ้น โดยมีปริมาณมากหรือน้อยแตกต่างกันไปตามชนิดและแหล่งที่อยู่ของจุลินทรีย์นั้น ๆ (สาวิตรี ลิ่มทอง, 2549) ยีสต์และรามีองค์ประกอบของกรดไขมันที่คล้ายคลึงกับพืช ถือเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการผลิตกรดไขมันสูง ในจุลินทรีย์กลุ่มยูคาริโอตนี้ ยีสต์มีประสิทธิภาพการผลิตกรดไขมันสูงกว่ารา ซึ่งยีสต์แต่ละชนิดสามารถสะสมลิปิดได้สูงสุดถึง 40-70 ของชีวมวล โดยปริมาณลิปิดที่สร้างขึ้นจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์และสภาวะการเลี้ยง (ปาริชาติ สักกะทำนุ, 2544) ยีสต์ผลิตกรดไขมันตั้งแต่คาร์บอน 8 อะตอม จนถึงคาร์บอน 24 อะตอม ซึ่งกรดไขมันส่วนใหญ่ที่พบในยีสต์จะพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่พบจะเป็นกรดไขมันไลโนเลอิก (Linoleic acid, C18:2n6) และกรดไขมันไลโนเลนิก (Linolenic acid, C18:3n3) ตัวอย่างเช่น *Canida* sp., *Crytococcus* sp., *Hansenula* sp., *Lipomyces* sp. และ *Rhodotorula* sp. (Zelles, 1997) นอกจากนี้ยังพบกรดไขมันที่จำเป็นกลุ่มโอเมก้า 3 ที่ผลิตได้จากยีสต์ คือ กรดไขมันอีพีเอ (Eicosapentaenoic acid, C20:5n3) และกรดไขมันดีเอชเอ (Docosahexaenoic acid, C22:6n3) (สมศักดิ์ วรคามิน, 2552)

กรดอะมิโน

กรดอะมิโน คือ หน่วยย่อยของโปรตีน ซึ่งโปรตีนในร่างกายจะประกอบไปด้วยกรดอะมิโน 20 ชนิด แบ่งได้เป็น 2 พวก คือ

- กรดอะมิโนไม่จำเป็น (ร่างกายสังเคราะห์เองได้) มี 10 ชนิด Alanine, Arginine, Asparagine Cysteine, Glutamine, Glycine, Proline, Phenylalanine, Serine และ Tyrosine
- กรดอะมิโนจำเป็น (ร่างกายสังเคราะห์เองไม่ได้) มี 10 ชนิด Methionine, Alanine, Threonine, Tryptophan, Histidine, Isoleucine, Leucine, Lysine, Valine และ Taurine (เฉพาะสำหรับแมว)

กรดอะมิโนที่สัตว์น้ำต้องการมีเพียง 19 ชนิด โดยมีกรดอะมิโนที่มีความจาเป็น (Essential amino acids) ต่อปลา 10 ชนิด ได้แก่ Arginine Histidine Isoleucine Leucine Methionine Phenylalanine Threonine Tryptophan Lysine และ Valine (ธนาภรณ์ จิตตปาลพงศ์, 2557)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลพื้นฐานองค์ประกอบของอาหาร ไขมัน โปรตีน กรดไขมัน กรดอะมิโนที่มีในสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม
2. สามารถนำตัวอย่างสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์มที่มีคุณค่าอาหาร องค์ประกอบกรดไขมัน และกรดอะมิโนที่ดีไปพัฒนาเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์น้ำ
3. เพื่อถ่ายทอดความรู้แก่ผู้ประกอบการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสวยงาม และเป็นประโยชน์ในการทำปัญหาพิเศษ และวิทยานิพนธ์แก่นิสิตนักศึกษาที่สนใจ

4. การตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการ

5. การเผยแพร่ข้อมูลในการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

6. การผลิตบัณฑิตและนักวิจัยรุ่นใหม่โดยการเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ปรึกษาร่วม

หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เกษตรกร ผู้ที่มีอาชีพการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสวยงาม

2. หน่วยงานเอกชน เช่น ร้านค้า บริษัท ฯลฯ ที่เกี่ยวข้องกับการค้าสัตว์ทะเลสวยงาม

3. หน่วยงานของรัฐบาล เช่น กรมประมง หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรทางทะเล และสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยต่าง ๆ เป็นต้น

4. สถาบันการศึกษาต่าง ๆ ในระดับวิชาชีพหรืออุดมศึกษา โดยใช้ประกอบการเรียนการสอน และการวิจัย ฯลฯ

อุปกรณ์และวิธีการ

สารเคมี

1. Methanol, AR grade BDH, England
2. Chloroform, AR grade BDH, England
3. n-Hexane, AR grade Merck, Germany
4. Sulfuric acid, AR grade Merck, Germany
5. Butylated hydroxytoluene (BHT), AR grade Sigma, USA
6. Potassium chloride, AR grade Merck, Germany
7. Sodium chloride, AR grade Merck, Germany
8. Potassium hydrogen carbonate, AR grade Fluka, Switzerland
9. Sodium sulfate anhydrous, AR grade Merck, Germany
10. สารมาตรฐานกรดไขมัน Supelco 37-Component FAME Mix Supelco, USA
11. Paper Dish 6 mm.
12. แก๊สฮีเลียม
13. แก๊สไฮโดรเจน
14. แก๊สไนโตรเจน
15. Air zero

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Gas Chromatograph Agilent Technologies 7820A GC system, ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง Sartorius laboratory balance, ประเทศเยอรมัน
3. Hot air oven Yamato, Japan
4. คอลัมน์กรดไขมัน HP-INNOWAX เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร เคลือบด้วย Polyethylene glycol หนา 0.25 ไมโครเมตร ความยาว 30 เมตร: ประเทศสหรัฐอเมริกา
5. กรวยแยกขนาด 2000 ml, 100 ml
6. ขวดลดปริมาตร/ หลอดลดปริมาตร
7. ออโตเมติกปิเปต (Automatic pipette): Boeco, ประเทศเยอรมัน
8. เครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ (Refrigrated centrifuge): TOMY SEIKO, ประเทศญี่ปุ่น
9. เครื่องวิเคราะห์โปรตีน KJELTC SYSTEM ยี่ห้อ Foss TECATOR, ประเทศสวีเดน
10. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน: ยี่ห้อ Foss Soxtec 2043, ประเทศสวีเดน
11. เตาเผาอุณหภูมิสูง Furnace Valcan A550

วิธีการทดลอง

การเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ทำการศึกษาได้แก่ ดาวทะเลจำนวน 10 ชนิดซื้อจากตลาดจตุจักร กรุงเทพฯ และเก็บจากท่าเรือ ส่วนปลิงทะเล 4 ชนิด เก็บจากเกาะแสมสาร อ.สัตหีบ จังหวัดชลบุรี ความลึก

5-12 เมตร (ภาพที่ 2) นำตัวอย่างที่ได้แช่เย็นกลับมาที่ห้องปฏิบัติการสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล พักในสถานที่กักโรค

การจำแนกชนิดของปลิงและดาวทะเล

โดยการศึกษาอวัยวะภายนอกและภายใน ศึกษาลักษณะและจำนวนหนวดลักษณะของวงแหวนหินปูน (Calcareous ring) ตำแหน่งของเท้าเทียม (Tube feet) และศึกษาลักษณะของสปิคุลที่บริเวณผิวหนังตามลำตัวส่วนต่าง ๆ จากนั้นนำมาตรวจลักษณะของสปิคุลด้วยกล้องจุลทรรศน์ บันทึกลักษณะและวัดขนาดของสปิคุลนำข้อมูลทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับเอกสารอ้างอิงหลัก (สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2541; Clark & Rowe, 1971)

การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างดาวทะเล ปลิงทะเล ที่มาพักในสถานที่กักโรค ตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นตัวอย่างสดเพื่อการวิเคราะห์กรดไขมันน้ำหนักสด อีกส่วนจะทำให้แห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dry) เพื่อการวิเคราะห์กรดไขมัน กรดอะมิโน Proximate analysis (โปรตีน ไขมัน เถ้า)

การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณกรดไขมันด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟ

ขั้นตอนการวิเคราะห์กรดไขมันแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการสกัดไขมันในตัวอย่าง (Folch, Lees & Sloane-Stanlet, 1957) และขั้นตอนการทำทรานเอสเทอริฟิเคชั่นด้วยกรด (Acid-catalysed transesterification) หลังจากนั้นนำไปวัดปริมาณกรดไขมันด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ ดัดแปลงจากวิธีของ Christie (2003)

การสกัดไขมันในตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่าง ในบีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายผสมคลอโรฟอร์ม : เมทานอล (2: 1) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ที่ผสม BHT 0.01 เปอร์เซ็นต์ นำไปสกัด ด้วยเครื่องอัลตร้าโซนิคเป็นเวลา 10 นาที เทสารละลายส่วนบนใส่กรวยแยก และทำการสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง นำสารละลายที่ได้นำมารวมกันในกรวยแยก ในส่วนของน้ำเลี้ยงสกัดด้วยคลอโรฟอร์ม

2. เติมสารละลาย 0.88 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมคลอไรด์ ปริมาณ 1 ใน 4 ของปริมาตรสารละลายที่แยกได้จากการสกัด (12.5 มิลลิลิตร) ปิดฝากรวยแยก เขย่าประมาณ 1 นาที ปล่อยไว้ให้แยกชั้น

3. ชั่งน้ำหนักฟลาสก์ก้นกลม เทสารละลายชั้นล่างลงในฟลาสก์ก้นกลมผ่านกรวยแก้วที่บรรจุโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส เพื่อดูดความชื้น

4. นำสารละลายในฟลาสก์ก้นกลมไประเหยตัวทำละลายโดยใช้เครื่องระเหยสารแบบสูญญากาศ

5. นำฟลาสก์ก้นกลมที่มีไขมันทำให้แห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน

6. ชั่งน้ำหนักฟลาสก์และไขมันด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง เพื่อหาน้ำหนัก

7. ละลายไขมันด้วยสารละลายผสมคลอโรฟอร์ม : เมทานอล (2 : 1) ที่ผสม BHT 0.01 เปอร์เซ็นต์ ให้มีความเข้มข้น 1000 ppm เพื่อนำไปทรานเอสเทอริฟิเคชั่นต่อไป

การทรานเอสเทอริฟิเคชั่น

1. ปิเปตไขมันปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร ชนิดฝาเกลียว จากนั้นเติมสารละลาย 1 เปอร์เซ็นต์ กรดซัลฟูริกในเมทานอล 10 มิลลิลิตร นำไปใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง

2. นำสารละลายออกจากตู้อบทิ้งไว้ให้เย็น ถ่ายสารละลายใส่กรวยแยก ชะสารที่ตกค้างในหลอดทดลองด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และเก็บรวมกันในกรวยแยก

3. เติมเฮกเซน ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในกรวยแยก และเขย่า 1 นาที ปล่อยไว้ให้แยกชั้น เก็บสารละลายชั้นบนไว้ (เฮกเซน) และถ่ายสารละลายชั้นล่างลงในหลอดทดลองเดิม เพื่อนำมาสกัดด้วยเฮกเซนปริมาตร 5 มิลลิลิตร และเขย่า 1 นาที ปล่อยไว้ให้แยกชั้น ใช้หลอดดูดสารดูดสารละลายชั้นบน ใส่รวมกับสารละลายในกรวยแยกอันเดิม

4. เติมสารละลายโพแทสเซียมไบคาร์บอเนต 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ลงในกรวยแยก และเขย่าเล็กน้อย 1 นาที ปล่อยไว้ให้แยกชั้น เก็บสารละลายชั้นบน

5. เทสารละลายที่เก็บไว้ในกรวยแยกลงในฟลาสก์ก้นกลมผ่านกรวยแก้วที่บรรจุโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส

6. นำฟลาสก์ก้นกลมไประเหยตัวทำละลายโดยใช้เครื่องระเหยสารแบบสูญญากาศและเป่าแห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน หลังจากนั้นละลายด้วยเฮกเซน (n-hexane) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ก่อนถ่ายลงในขวด Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ-20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการนำไปฉีดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ

7. นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณกรดไขมันด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ และชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัดเป็น Flame Ionizertion Detecter (FID) คอลัมน์ที่ใช้เป็นคอลัมน์ชนิด HP-INNOWax ความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร และเคลือบด้วย Polyethylene glycol หนา 0.25 ไมโครเมตร ปริมาตรที่ฉีด 1 ไมโครลิตร สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังนี้ ฉีดด้วยระบบ Split ในอัตราการ Spit เท่ากับ 10: 1 อัตราการไหลของแก๊สฮีเลียม (แก๊สพา) 1.1 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิ ณ จุดฉีดสารเท่ากับ 240 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่อุปกรณ์ตรวจวัด (ดีเทคเตอร์) เท่ากับ 260 องศาเซลเซียส โปรแกรมอุณหภูมิวิเคราะห์เริ่มต้นที่ 120 องศาเซลเซียส คงอุณหภูมิไว้เป็นเวลา 0.50 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิไปที่ 170 องศาเซลเซียส ในอัตราการเพิ่ม 5 องศาเซลเซียสต่อนาทีและคงอุณหภูมิไว้ 10 นาที หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิไปที่ 190 องศาเซลเซียส ในอัตราการเพิ่ม 3 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงอุณหภูมิไว้ 15 นาที หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิไปที่ 210 องศาเซลเซียส ในอัตราการเพิ่ม 2 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงอุณหภูมิไว้ 15 นาที รวมระยะเวลาทั้งหมดในการวิเคราะห์ 54 นาที

การแยกและการตรวจวัด

การวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล ปลิงทะเล เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดไขมัน 37 ชนิด (Supelco 37-Component FAME MixSupelco, USA) การวิเคราะห์หาชนิดของกรดไขมันในตัวอย่าง ใช้การเปรียบเทียบเวลาที่พีคของสารตัวอย่างถูกชะออกจากคอลัมน์เทียบกับเวลาของสารมาตรฐานซึ่งทราบแล้วว่าแต่ละพีคเป็นสารมาตรฐานชนิดใด ส่วนการหาปริมาณ

ของกรดไขมัน เทียบกับปริมาณกรดไขมันทั้งหมด (%TFA) ทำโดยใช้การเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคของตัวอย่างกับพื้นที่ทั้งหมดการ

สารมาตรฐาน Supelco 37-Component FAME Mix Supelco, USA

1. Butyric Acid (C4:0)
2. Caproic Acid (C6:0)
3. Caprylic Acid (C8:0)
4. Capric Acid (C10:0)
5. Undecanoic Acid (C11:0)
6. Lauric Acid (C12:0)
7. Tridecanoic Acid (C13:0)
8. Myristic Acid (C14:0)
9. Myristoleic Acid (C14:1)
10. Pentadecanoic Acid (C15:0)
11. cis-10-Pentadecenoic Acid (C15:1)
12. Palmitic Acid (C16:0)
13. Palmitoleic Acid (C16:1)
14. Heptadecanoic Acid (C17:0)
15. cis-10-Heptadecenoic Acid (C17:1)
16. Stearic Acid (C18:0)
17. Oleic Acid (C18:1n9c)
18. Elaidic Acid (C18:1n9t)
19. Linoleic Acid (C18:2n6c)
20. Linolelaidic Acid (C18:2n6t)
21. γ-Linolenic Acid (C18:3n6)
22. α-Linolenic Acid (C18:3n3)
23. Arachidic Acid (C20:0)
24. cis-11-Eicosenoic Acid (C20:1n9)
25. cis-11, 14-Eicosadienoic Acid (C20:2)
26. cis-8,11,14-EicosatrienoicAcid (C20:3n6)
27. cis-11, 14, 17-Eicosatrienoic Acid (C20:3n3)
28. Arachidonic Acid (C20:4n6)
29. cis-5, 8, 11, 14, 17-Eicosapentaenoic Acid (C20:5n3)
30. Heneicosanoic Acid (C21:0)
31. Behenic Acid (C22:0)
32. Erucic Acid (C22:1n9)
33. cis-13, 16-Docosadienoic Acid (C22:2)
34. cis-4,7,10, 13, 16, 19-Docosahexaenoic (C22:6n3)

35. Tricosanoic Acid (C23:0)
36. Lignoceric Acid (C24:0)
37. Nervonic Acid (C24:1n9)

คำนวณ % กรดไขมัน

%กรดไขมัน = 100 x พื้นที่ใต้พีคของกรดไขมัน/ A
A= พื้นที่ใต้พีคกรดไขมันทั้งหมด – (พื้นที่ใต้พีคเฮกเซน + พื้นที่ใต้พีค BHT)

การวิเคราะห์โปรตีนรวม (Kjeldahl method, AOAC, 2000)

การวิเคราะห์หาโปรตีนรวมทำโดยวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน โดยชั่งตัวอย่างใส่ลงในหลอดแก้ว นำไปย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นในสภาพที่มีความร้อนและสารเร่งปฏิกิริยา จนกระทั่งได้สารละลายใส ส่วนของอินทรียวัตถุจะสลายตัวไป สารประกอบไนโตรเจนทั้งที่เป็นส่วนของโปรตีนแท้และไม่ใช่โปรตีน (ยกเว้นที่อยู่ในรูปของไนเทรตและไนไทรต์) จะถูกเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนียมซัลเฟต หลังจากทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ลงไปแล้วทำการกลั่น แอมโมเนียจะถูกไล่ออกมา ทำการจับไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยกรดบอริกที่มีความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปไตเตรทกับกรดเกลือมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล คำนวณหาความเข้มข้นของไนโตรเจน เนื่องจากโปรตีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบโดยเฉลี่ย 16 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงคำนวณหาค่าโปรตีนรวมได้โดย

% โปรตีนรวม (CP) = % ไนโตรเจน x 6.25

ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

โดยใช้เครื่อง KJELTEC system โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

ขั้นตอนการย่อย

1. เปิดเครื่อง Digestor ปรับความร้อนจนได้อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส
2. ชั่งตัวอย่าง 0.2-0.3 กรัม ผสมกับ 3.5 กรัม K_2SO_4 + 0.4 กรัม $CuSO_45H_2O$ เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นจำนวน 15 มิลลิกรัม ลงในหลอดย่อย
3. ทิ้งไว้ให้เครื่องทำงาน (ประมาณ 45 นาที หรือจนตัวอย่างใส)
4. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

ขั้นตอนการกลั่น

1. เตรียม 4 เปอร์เซ็นต์ Boric Acid ปริมาณ 25 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ จะได้สารสีส้มแดง
2. นำตัวอย่างที่รอให้เย็นจากการย่อยมาเติมน้ำกลั่นหลอดละ 50 มิลลิลิตร
3. ต่อหลอดย่อย เข้ากับเครื่องกลั่นแล้วเปิดเครื่อง

4. เติม NaOH 40 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นสีดำ

5. เปิด Stream on

6. ใช้เวลาในการกลั่นประมาณ 4 นาที สารละลายที่กลั่นเก็บได้จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว (ประมาณ 150 มิลลิลิตร)

7. ปิด Stream on

8. นำตัวอย่างที่ได้ไปไตเตรทกับ HCl 0.1 N จนได้จุดยุติ จดปริมาณ HCl

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีนจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \frac{(VA - VB) \times N \times 0.014 \times DF \times 100 \times CF}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

VA = ปริมาณของ HCl ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่างอาหาร (มิลลิลิตร)

VB = ปริมาณของ HCl ที่ใช้ในการไตเตรท Blank (มิลลิลิตร)

N = นอร์มัลของ HCl

DF= Dillution Factor

CF = Conversion Factor

การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (ด้วยเทคนิค Soxhlet extraction) (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์หาไขมันในตัวอย่างทำได้โดยใช้ตัวทำละลาย Petroleum ether ที่เป็นสารอินทรีย์เป็นตัวสกัด ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่าซอกเทค (Soxtech) Foss Soxtoc 2043 สารที่ถูกสกัดได้แบ่งเป็น 2 พวกคือ สารพวกไขมัน คือกลีเซอไรด์ของกรดไขมัน กรดไขมันอิสระ สเตอรอล เลคซิติน และไขมันที่ระเหยได้ และสารพวกที่ไม่ใช่ไขมัน แต่ตัวทำละลายสามารถสกัดออกมาได้ด้วย คือ เม็ดสีต่าง ๆ เรซิน สารประกอบพวกอัลคาไล และพวกวิตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ A D E และ K เนื่องจากสารที่ไม่ใช่ไขมันนี้มีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับสารพวกไขมัน ดังนั้น สารพวกที่ไม่ใช่ไขมัน จึงไม่มีผลต่อการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน จากการที่สารที่ถูกสกัดมีทั้งพวกที่เป็นไขมันและไม่ใช่ไขมัน จึงเรียกสารทั้งสองพวกนี้ว่า Crude fat ไขมันและสารที่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน ฮอร์โมนจำพวกสเตอรอยด์และสารสี เช่น คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ ตลอดจนลิพิดประเภทอื่น ๆ จะถูกชะออกมา เมื่อกลั่นแยกเอาตัวทำละลายนี้ออกไปแล้ว ส่วนที่เหลืออยู่ถือว่าเป็นไขมัน

การสกัดไขมันในตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างที่หาความชื้นแล้ว ประมาณ 1 กรัม ใส่บนกระดาษกรอง

2. นำตัวอย่างที่ห่ออยู่ในกระดาษกรอง ใส่ลงในทิมเบิล

3. นำทิมเบิลใส่ใน Extraction Unit it of Soxhlet ซึ่งเชื่อมต่อกับ 1046 Service Unit โดยใช้เครื่อง Adapter แล้วนำ Extraction cup ไปอบแล้วชั่งนำหนักที่แน่นอน

4. เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงใน Extraction cup ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 50 มิลลิลิตรประกอบเครื่อง Soxhlet เข้าด้วยกัน

5. ให้ความร้อนทำการสกัดไขมันจากตัวอย่างนานประมาณ 1-2 ชั่งโมง

6. กลั่นเอาปิโตรเลียมอีเทอร์ออกจากไขมัน นำ Extraction cup และไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 103 นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก

น้ำหนักไขมัน = (น้ำหนักไขมัน + น้ำหนัก Cups)-น้ำหนัก Cups เปล่า

ปริมาณไขมันทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก) = น้ำหนักไขมัน x 100/น้ำหนักตัวอย่าง (แห้ง)

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

1. อบถ้วย Crucible ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ทำให้เย็นใน Desiccator นำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างใส่ลงในถ้วย Crucible ที่อบแห้ง และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (A)

3. นำถ้วย Crucible ที่บรรจุตัวอย่างเข้าอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 16-18 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นใน Desiccator (B)

4. นำไปชั่งน้ำหนัก จนได้น้ำหนักคงที่

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสูตร

เปอร์เซ็นต์ความชื้น = น้ำหนักที่หายไป (A-B) (กรัม) x 100/น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

เถ้า (Ash) หมายถึง ปริมาณสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหาร หลังจากที่เผาสารอินทรีย์หมดแล้ว ในการหามักจะใช้ความร้อนเผาสารอินทรีย์ ดังนั้นค่าเถ้าที่ได้จึงไม่จำเป็นต้องเท่ากับปริมาณสารเกลือแร่ทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารตอนแรก สารอนินทรีย์หรือเกลือแร่บางส่วน จะสูญเสียไปโดยการระเหยเพราะความร้อนที่ใช้ในการเผานั่นเอง ค่าเถ้าที่ได้จึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของอาหารนั้น ๆ

วิธีวิเคราะห์

1. อบถ้วย Crucible ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ทำให้เย็นใน Desiccator นำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (A)

2. นำตัวอย่าง 0.5-1 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง (Crucible)

3. นำไปเผาในเตาเผา (Muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จนตัวอย่างกลายเป็นเถ้าแล้วทิ้งไว้ให้เย็น Desiccator ชั่งน้ำหนักตัวอย่างซ้ำอีกครั้ง (B)

4. สารที่เหลืออยู่ในถ้วย คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ หรือเถ้า ที่ประกอบด้วยแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบ นำมาคำนวณหาค่าจากสูตร

% เถ้า = (B-A) x 100/นน. ตัวอย่าง (กรัม)

คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (Nitrogen free extract, NFE)

ทำการคำนวณหาคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย = 100-ความชื้น- ไขมัน-โปรตีน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณกรดไขมัน และคุณค่าอาหารในตัวอย่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรม R (Ihaka & Gentleman, 1996)

ผลการวิจัย

จากการเก็บตัวอย่างดาวทะเล ปลิงทะเล ในเดือนมกราคม-มีนาคม พ.ศ. 2559 จำนวน 14 ตัวอย่าง (รายละเอียดดังตารางที่ 3 และภาพที่ 2) จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณกรดไขมันเป็นน้ำหนักสด ตัวอย่างอีกส่วนหนึ่งนำไปทำแห้งแบบ Freeze dry เพื่อวิเคราะห์ Proximate analysis (ไขมัน โปรตีน เถ้า) และกรดไขมันแบบน้ำหนักแห้ง

Linckia multiflora
(AS 1)

Protoreaster nodosus (Linnaeus, 1758)
(AS 2)

Pentaceraster gracilis (Lütken, 1871)
(AS 3)

Linckia laevigata (Linnaeus, 1758)
Blue type (AS 4)

ภาพที่ 2 ตัวอย่างดาวทะเล

Linckia guildingi Gray, 1840 (AS5)

Linckia laevigata (Linnaeus, 1758) Pink type (AS6)

Culcita schmideliana (Retzius, 1805) (AS7)

Anthenea pentagonula (Lamarck, 1816) (GS1)

Astropecten polyacanthus (GS2)

Luidia maculata Muller & Troschel (GS3)

ภาพที่ 2 (ต่อ)

Gulf of Thailand Samaesarn Satthahip (GSC 1) Sea cucumber

Gulf of Thailand Samaesarn Satthahip (GSC 2) Sea cucumber

Cercodemas anceps (Selenka, 1867) GSC

Colochirus quadrangularis (Troschel, 1843) GSC4

ภาพที่ 3 ตัวอย่างปลิงทะเล

ตารางที่ 3 รายชื่อตัวอย่างที่ทำการศึกษา

รหัสตัวอย่าง	**ชื่อสามัญ**	**ชื่อวิทยาศาสตร์**
AS1	Comet seastars ดาวทะเลเหลืองแดง	*Linckia multiflora* (Lamarck, 1816)
AS2	Chocolate chip seastars ดาวทะเลปุ่มใหญ่	*Protoreaster nodosus* (Linnaeus, 1758)
AS3	*Pentaceraster gracilis* ดาวทะเลปุ่มใหญ่	*Pentaceraster gracilis* (Lütken, 1871)
AS4	Blue seastars ดาวทะเลสีน้ำเงิน	*Linckia laevigata* (Linnaeus, 1758) *blue type*
AS5	Yellow seastars ดาวทะเลสีทอง	*Linckia guildingi* Gray, 1840
AS6	Pink seastars ดาวทะเลสีน้ำเงิน (ผันแปรสีชมพู)	*Linckia laevigata* (Linnaeus, 1758) *pink type*

ตารางที่ 3 (ต่อ)

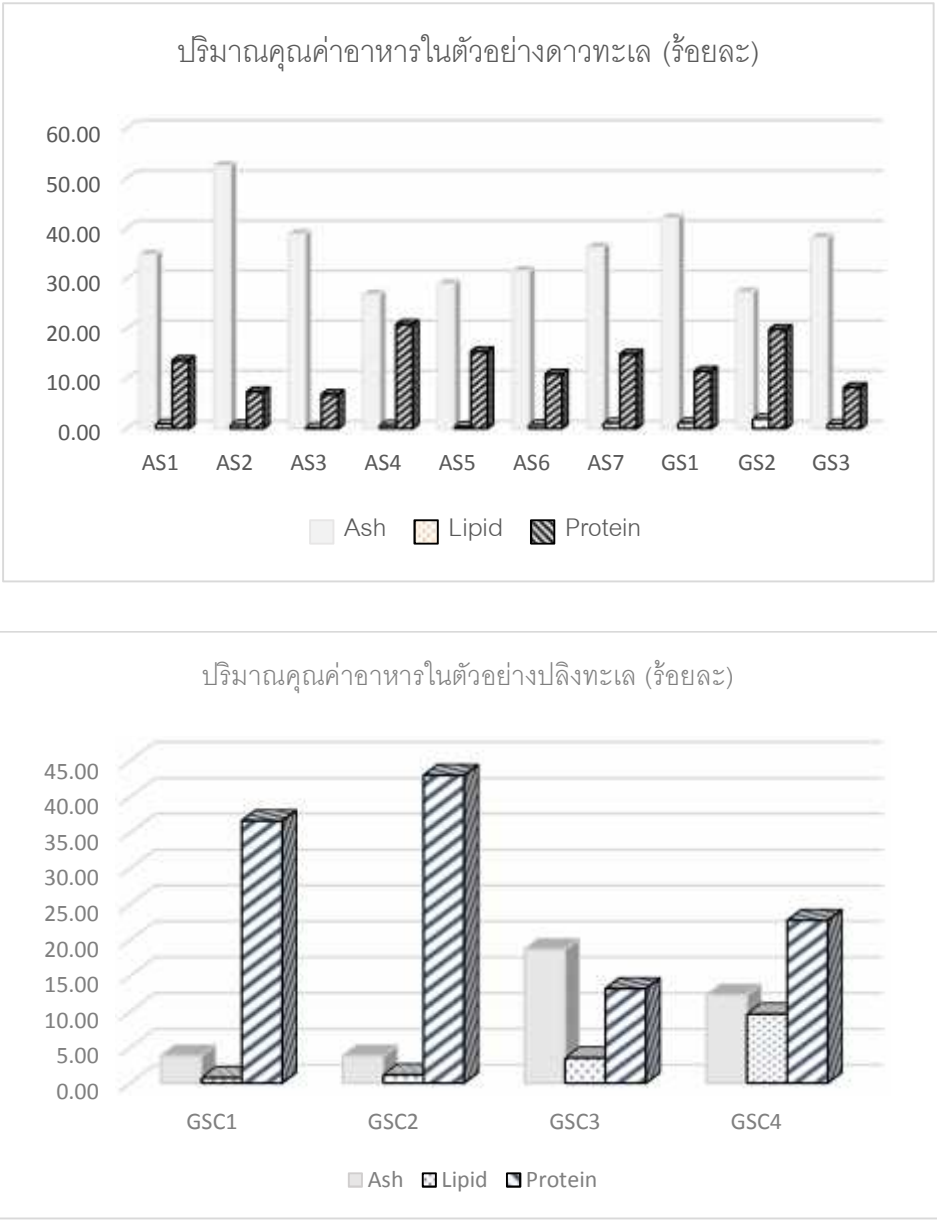
รหัสตัวอย่าง	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์
AS7	Pin cushion seastars ดาวหมอนปักเข็ม ดาวซาลาเปา	*Culcita schmideliana* (Retzius, 1805)
GS1	Orange-coloured Cake Sea Stars ดาวทะเล	*Anthenea pentagonula* (Lamarck, 1816)
GS2	ดาวทราย	*Astropecten polyacanthus*
GS3	ดาวแสงอาทิตย์	*Luidia maculata Muller & Troschel*
GSC1	Sea cucumber ปลิงหินหนาม	*Stichopus horrens* Selenka, 1867
GSC2	Sea cucumber ปลิงทะเลสีดำ	*Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* (Brandt, 1835)
GSC3	Sea cucumber ปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีชมพูเหลือง	*Cercodemas anceps* (Selenka, 1867)
GSC4	Sea cucumber ปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว	*Colochirus quadrangularis* Troschel, 1843

Proximate Analysis ในตัวอย่างดาวทะเล และปลิงทะเล

จากการศึกษาคุณค่าอาหาร (ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน) ในตัวอย่างดาวทะเลพบปริมาณความชื้นมีค่าในช่วงร้อยละ 41.52 - 71.30 ปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีนพบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเถ้าพบปริมาณสูงสุดในตัวอย่างดาวทะเลปุ่มใหญ่ *Protoreaster nodosus* AS2 (52.46%) รองลงมาเป็นตัวอย่างดาว *Anthenea pentagonula* GS1(41.99%) ตามลำดับ ปริมาณไขมันพบสูงสุดในตัวอย่างดาวทราย GS2 (1.95%) รองลงมาเป็นตัวอย่าง *A.pentagonula* GS1 และดาวหมอนปักเข็ม *Culcita schmideliana* (AS7) (1.13, 1.10%) ส่วนปริมาณโปรตีนพบสูงสุดในตัวอย่างดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata* (AS4) (20.77%) รองลงมาเป็นตัวอย่างดาวทราย GS2 (19.79%) และตัวอย่าง ดาวทะเลสีทอง *Linckia guildingi Gray* (AS5) กับ ดาวหมอนปักเข็ม *C. schmideliana* (AS7) (15.34, 14.87) ส่วนปริมาณ NFE พบสูงสุดในตัวอย่างดาวทะเล *Linckia laevigata* (AS 6) รายละเอียดแสดงในภาพที่ 4 และตารางที่ 4 และ 5

ในปลิงทะเล พบปริมาณความชื้นมีค่าในช่วงร้อยละ 70.00-92.49 ปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีนพบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณเถ้าสูงสุดพบในตัวอย่างปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว *Colochirus quadrangularis* Troschel (GSC4) ปริมาณค่าเฉลี่ย 45.75% รองลงมาเป็นตัวอย่าง ปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีชมพูเหลือง *Cercodemas anceps* (Selenka, 1867) GSC3 (18.66%) ปริมาณไขมันพบสูงสุดในตัวอย่าง *C. quadrangularis* Troschel (GSC4) (9.63%) รองลงมาเป็นตัวอย่าง *C. anceps :* GSC3(3.5%) ส่วนปริมาณโปรตีนพบสูงสุดในตัวอย่างปลิงทะเลสีดำ *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* GSC2

(42.94%) ส่วนปริมาณ NFE พบสูงสุดในตัวอย่างปลิง *Cercodemas anceps* (GSC3) รายละเอียดแสดงในภาพที่ 4 และตารางที่ 4 และ 5



ภาพที่ 4 ปริมาณคุณค่าอาหารในตัวอย่างดาวทะเลและปลิงทะเล

ตารางที่ 4 % proximate analysis of sea star and sea cucumber (mean ± SD) dry wt.

Sample	Moisture	Ash	Lipid	Protein	NFE dry wt
AS1	53.89±0.25	34.77±1.61	0.91±0.10	13.59±0.73	50.73
AS2	41.52±1.49	52.46±1.66	0.72±0.02	7.34±0.13	39.48
AS3	49.94±0.25	38.85±1.43	0.12±0.02	6.81±0.32	54.22
AS4	49.55±1.16	26.77±0.99	0.65±0.07	20.77±0.69	51.81
AS5	50.94±0.51	28.85±1.37	0.39±0.05	15.35±0.06	55.41
AS6	48.89±0.15	31.49±2.20	0.74±0.03	10.88±0.07	56.90
AS7	71.30±1.32	36.19±0.73	1.10±0.14	14.86±0.14	47.85
GS1	47.67±2.14	41.99±0.47	1.13±0.11	11.46±1.13	45.42
GS2	61.73± 0.99	27.24 ±0.64	1.95± 0.09	19.79± 0.66	51.01
GS3	52.64±0.58	38.12± 0.89	0.86±0.03	8.19±0.17	52.84
ปลิงทะเล	**Moisture**	**Ash**	**Lipid**	**Protein**	**NFE dry wt**
GSC 1	92.49±0.39	3.81±0.13	0.79±0.74	36.58±1.54	58.82
GSC 2	88.38±1.90	3.82±0.05	1.15± 0.10	42.94 ±0.21	52.09
GSC 3	70.00±0.86	18.66±1.05	3.50±0.23	13.17±0.29	64.67
GSC 4	73.03±0.86	12.30±0.48	9.63±0.23	22.69±0.54	21.93

ตารางที่ 5 % proximate analysis of sea star and sea cucumber (mean) wet wt.

Sample	Moisture	Ash	Lipid	Protein	NFE
AS1	53.89	16.03	0.42	6.26	23.39
AS2	41.52	30.68	0.42	4.29	23.09
AS3	49.94	19.45	0.06	3.41	27.14
AS4	49.55	13.51	0.33	10.48	26.14
AS5	50.94	14.16	0.19	7.53	27.18
AS6	48.89	16.09	0.38	5.56	29.08
AS7	71.30	10.39	0.32	4.26	13.73
GS1	47.67	21.98	0.59	6.00	23.77
GS2	61.73	10.43	0.75	7.57	19.52
GS3	52.64	18.05	0.41	3.88	25.02
GSC 1	92.49	0.29	0.06	2.75	4.42
GSC 2	88.38	0.44	0.13	4.99	6.05
GSC 3	70.00	5.60	1.05	3.95	19.40
GSC 4	73.03	12.34	2.60	6.12	5.91

ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล (น้ำหนักสด)

จากการศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเลสด พบชนิดกรดไขมันในตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นชนิดอิ่มตัว SFAs (13.70-33.62%TFA) wet wt. กรดไขมันหลักที่พบ C16:0, C17:0,C18:0 ยกเว้นตัวอย่าง *Linckia laevigata* (AS4), *Astropecten polyacanthus* (GS2) และ *Astropecten polyacanthus Luidia maculata* (GS3*)* เป็นชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน PUFAs โดยพบกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (SFAs) ไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFAs) และชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFAs) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กรดไขมัน SFAs พบสูงสุดในตัวอย่าง AS3 ในปริมาณ 33.62%TFA wet wt. MUFAs พบสูงสุดในตัวอย่าง GS2 ในปริมาณ 12.42%TFA wet wt. ส่วน PUFAs พบสูงสุดในตัวอย่างดาวทะเล GS3 ในปริมาณ 30.42%TFA กรดไขมันจำเป็น C18:2n6, C18:3n6, C20:4n6 และ C20:5n3 พบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดย C18:2n6 พบสูงสุดในตัวอย่าง AS4 (4.23%TFA wet wt.), C18:3n6 พบสูงสุดในตัวอย่างAS6 (2.47%), C20:4n6 พบสูงสุดในตัวอย่าง GS 3 (18.99%) และ C20:5n3 พบสูงสุดในตัวอย่าง GS 2 (12.10%) ผลแสดงในตารางที่ 6 และ 7

ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล (น้ำหนักแห้ง)

จากการศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล น้ำหนักแห้ง พบชนิดกรดไขมันในตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นชนิดอิ่มตัว SFAs (20.29-57.51%TFA; 10.93-287.21 mg/g) dry wt. กรดไขมันหลักที่พบ C16:0, C17:0,C18:0 ยกเว้นตัวอย่าง *Astropecten polyacanthus* (GS2) และ *Luidia maculata* (GS3*)* เป็นชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน PUFAs (ภาพที่ 4) โดยพบกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (SFAs), ไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFAs) และชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFAs) มีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กรดไขมัน SFAs พบสูงสุดในตัวอย่าง AS5 ในปริมาณ 57.51%TFA dry wt., MUFAs พบสูงสุดในตัวอย่าง AS5 ในปริมาณ 10.85%TFA dry wt. ส่วน PUFAs พบสูงสุดในตัวอย่างดาวทะเล AS2 ในปริมาณ 19.68%TFA กรดไขมันจำเป็น C18:2n6, C18:3n6, C20:4n6 และ C20:5n3 (ภาพที่ 5) พบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดย C18:2n6 พบสูงสุดในตัวอย่าง AS7 (1.92%TFA dry wt.), C18:3n6 พบสูงสุดในตัวอย่าง AS1 (2.25%), C20:4n6 พบสูงสุดในตัวอย่าง GS 3 (14.51%) และ C20:5n3 พบสูงสุดในตัวอย่าง GS 2 (9.48%) กรดไขมันจำเป็นที่พบในปริมาณสูง ได้แก่ ARA (C20:4n6) พบในปริมาณร้อยละ 14.51%TFA; 423.82 mg/g dry wt. ในตัวอย่าง *Luidia maculata* (GS3) กรดไขมัน EPA; C20:5n3 พบในปริมาณ 9.48%TFA; 422.87mg/g dry wt. ปริมาณสูงสุดพบในตัวอย่างดาวทราย GS2 ส่วนกรดไขมัน Docosahexaenoic acid; DHA; C22:6n3 พบในปริมาณ 1.90 %TFA; 73.30 mg/g dry wt. ผลแสดงในตารางที่ 8-9 และตารางที่ 10, 11, 12

ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเลสด

จากการศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเลสด พบชนิดกรดไขมันในตัวอย่าง *Cercodemas anceps* (GSC3), *Colochirus quadrangularis* (GSC4) เป็นชนิดอิ่มตัว SFAs (19.77-25.86%TFA) wet wt. กรดไขมันหลักที่พบ C16:0, C18:0 ส่วนตัวอย่าง *Stichopus horrens* Selenka, 1867 (GSC1) และ *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* (GSC2) เป็นชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน PUFAs 23.49-23.91%TFA wet wt. ชนิดกรดไขมันหลักที่พบ ได้แก่ ARA (C20:4n6) พบในปริมาณร้อยละ 5.55- 17.87%TFA wet wt. ปริมาณสูงสุดพบในตัวอย่าง (GSC2) กรดไขมัน Eicosapentaenoic acid: EPA; C20:5n3 พบในช่วง 1.69-12.93%TFA wet wt. ปริมาณสูงสุดพบในตัวอย่าง GSC3 ส่วนกรดไขมัน Docosahexaenoic acid; DHA; C22:6n3 ตรวจพบในปริมาณ 0.39-3.11%TFA wet wt. ผลแสดงในตารางที่ 13

ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเลแห้ง

จากการศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเลแห้ง พบชนิดกรดไขมันในตัวอย่าง *Stichopus horrens* (GSC1) และ *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* (GSC2) เป็นชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน PUFAs ส่วนตัวอย่าง *Cercodemas anceps* (GSC3), *Colochirus quadrangularis* (GSC4) เป็นชนิดอิ่มตัว SFAs (ภาพที่ 6) กรดไขมันหลักที่พบ C16:0, C18:0 โดยพบกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (SFAs), ไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFAs) และชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFAs) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กรดไขมัน SFAs พบสูงสุดในตัวอย่าง GSC4 ในปริมาณ 26.95%TFA dry wt., MUFAs พบสูงสุดในตัวอย่าง GSC3ในปริมาณ 22.25%TFA dry wt. ส่วน PUFAs พบสูงสุดในตัวอย่างดาวทะเล GSC2 ในปริมาณ 24.27%TFA กรดไขมันจำเป็น C20:4n6 และ C20:5n3 พบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดย C20:4n6 พบสูงสุดในตัวอย่าง GSC1 (20.11%; 179.45 mg/g dry wt) และ C20:5n3 พบสูงสุดในตัวอย่าง GSC4 2 (8.85%; 306.72 mg/g dry wt) ส่วนกรดไขมัน DHA; C22:6n3 ตรวจพบในปริมาณ 1.59-2.61%TFA; 29.24-62.23 mg/g dry wt. รายละเอียดแสดงในตารางที่ 14 และ 15 และภาพที่ 7

ตารางที่ 6 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล Mean±SD (%TFA) wet wt.

Fatty acid	AS 1	AS2	AS3	AS4	AS5
C10:0	nd	nd	nd	nd	nd
C12:0	nd	nd	nd	nd	nd
C13:0	nd	nd	nd	nd	nd
C14:0	nd	nd	nd	nd	nd
C14:1	nd	nd	nd	nd	nd
C15:0	nd	nd	nd	nd	nd
C15:1	nd	nd	nd	nd	nd
C16:0	4.00±1.12	6.19±1.53	9.32±0.78	4.71±0.87	4.55±0.36
C16:1n7	0.41±0.71	0.36±0.62	nd	0.93±0.81	1.73±0.18
C17:0	11.12±1.06	9.63±1.89	12.93±1.48	1.80±0.97	0.52±0.45
C17:1	1.14±1.97	nd	nd	nd	nd
C18:0	7.14±1.30	8.08±0.51	11.38±0.95	5.30±0.25	6.55±0.30
C18:1n9	3.24±0.50	4.41±1.55	2.86±0.45	5.75±1.73	5.35±1.04
C18:2n6	nd	nd	nd	4.23±0.77	1.47±0.25
C18:3n6	nd	nd	nd	2.02±0.08	2.22±0.07
C18:3n3	nd	nd	nd	nd	0.63±0.56
C20:0	nd	nd	nd	1.88±0.05	2.15±0.19
C20:1n9	nd	nd	nd	0.19±0.33	nd
C20:2	nd	nd	nd	2.95±1.95	nd
C20:4n6	**12.23±1.65**	**17.40±1.99**	**17.28±1.97**	**8.82±0.10**	**4.73±0.37**
C20:5n3	**1.49±1.30**	**5.38±0.76**	**2.71±0.39**	**1.34±0.45**	**nd**
C22:0	nd	nd	nd	nd	nd
C22:2	nd	nd	nd	nd	nd
C23:0	nd	nd	nd	nd	nd
C24:0	nd	nd	nd	nd	nd
C22:6n3	nd	nd	nd	nd	nd
C24:1n9	nd	nd	nd	nd	nd
SFAs	22.26	24.30	33.62	13.70	13.78
MUFAs	4.79	4.77	2.86	6.87	7.09
PUFAs	13.72	22.78	19.99	19.36	9.05

ตารางที่ 7 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล mean±SD (%TFA) wet wt.

Fatty acid	AS6	AS7	GS1	GS2	GS3
C10:0	nd	nd	nd	ND	ND
C12:0	nd	nd	nd	ND	ND
C13:0	nd	nd	nd	ND	ND
C14:0	nd	1.03±0.17	4.12±0.45	0.85±0.04	1.51±0.34
C14:1	nd	nd	nd	ND	ND
C15:0	nd	0.80±0.14	1.47±0.17	0.87±0.02	1.18±0.11
C15:1	nd	nd	nd	0.69±0.05	ND
C16:0	4.65±0.68	5.40±1.67	13.82±1.48	5.22±0.05	8.75±0.92
C16:1n7	1.37±0.14	0.96±0.10	0.71±0.50	6.12±0.15	1.77±0.68
C17:0	2.03±1.69	0.80±0.08	0.73±0.05	0.67±0.02	0.95±0.08
C17:1	1.19±2.05	1.62±1.87	0.45±0.46	ND	ND
C18:0	6.52±0.74	5.76±0.52	3.00±0.56	7.14±0.11	7.42±0.59
C18:1n9	5.62±0.56	6.42±0.39	0.33±0.10	5.03±0.11	3.63±0.58
C18:2n6	1.18±1.03	2.54±0.53	nd	ND	ND
C18:3n6	2.47±0.29	1.70±0.06	0.28±0.24	1.00±0.03	2.07±0.11
C18:3n3	0.24±0.42	0.46±0.06	nd	ND	ND
C20:0	2.30±0.16	0.61±0.23	0.27±0.24	1.44±0.02	ND
C20:1n9	nd	0.40±0.07	0.92±0.09	0.58±0.03	0.90±0.29
C20:2	nd	0.63±0.13	nd	0.97±0.33	1.34±0.04
C20:4n6	**10.68±1.19**	**7.99±1.17**	**6.91±0.75**	**0.80±0.01**	**18.98±0.65**
C20:5n3	**1.46±0.33**	**3.01±0.37**	**3.17±0.27**	**12.15±0.13**	**5.92±0.27**
C22:0	nd	0.81±0.09	nd	12.10±0.05	ND
C22:2	nd	nd	0.46±0.79	1.51±0.04	1.03±0.05
C23:0	nd	0.53±0.05	1.20±0.07	ND	ND
C24:0	0.96±0.28	0.89±0.10	2.36±0.10	ND	ND
C22:6n3	nd	nd	0.43±0.37	0.82±0.02	1.07±0.18
C24:1n9	nd	nd	0.19±0.17	1.68±0.07	ND
SFAs	16.45	16.63	26.99	28.89	19.81
MUFAs	8.18	9.40	2.61	13.40	6.30
PUFAs	16.02	16.34	11.23	17.26	30.42

ตารางที่ 8 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล %TFA dry wt.

Fatty acid	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5
C10:0	nd	nd	nd	nd	nd
C12:0	nd	nd	nd	nd	nd
C13:0	nd	nd	nd	nd	nd
C14:0	1.41±0.33	1.59±0.18	nd	2.04±0.47	nd
C14:1	nd	nd	nd	nd	nd
C15:0	nd	0.80±0.06	nd	1.04±0.14	nd
C15:1	nd	nd	nd	nd	nd
C16:0	8.74±2.27	11.94±1.38	20.21±3.00	9.43±0.07	24.18±1.04
C16:1n7	1.18±0.13	1.27±0.05	nd	0.59±0.03	nd
C17:0	5.87±0.62	4.08±2.80	12.00±2.10	0.88±0.01	15.80±1.50
C17:1	nd	nd	nd	1.02±0.81	nd
C18:0	7.63±0.97	9.46±0.87	10.30±1.24	6.72±0.53	17.53±1.56
C18:1n9	3.42±0.32	6.32±1.32	nd	4.48±0.26	10.85±1.48
C18:2n6	1.49±0.18	0.86±0.02	nd	1.44±0.10	nd
C18:3n6	2.25±0.11	1.28±0.26	nd	1.67±0.09	nd
C18:3n3	nd	nd	nd	0.33±0.30	nd
C20:0	2.22±0.06	0.89±0.22	nd	0.81±0.63	nd
C20:1n9	nd	nd	nd	nd	nd
C20:2	nd	nd	nd	3.71±0.59	nd
C20:4n6	9.08±0.35	12.98±0.68	9.73±1.26	5.70±1.73	nd
C20:5n3	1.49±0.09	4.56±0.22	nd	1.04±0.05	nd
C22:0	nd	nd	nd	0.79±0.05	nd
C22:2	nd	nd	nd	nd	nd
C23:0	nd	nd	nd	0.53±0.04	nd
C24:0	nd	nd	nd	1.15±0.12	nd
C22:6n3	nd	nd	nd	nd	nd
C24:1n9	nd	nd	nd	nd	nd
SFAs	25.88±3.72	30.36±1.27	42.51±6.28	23.40±0.55	57.51±3.48
MUFAs	4.60±0.42	7.59±1.33	nd	6.10±0.99	10.85±1.48
PUFAs	14.31±0.14	19.68±0.69	9.73±1.26	13.89±2.26	nd

ตารางที่ 9 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล %TFA dry wt.

Fatty acid	AS6	AS7	GS1	GS2	GS3
C10:0	nd	nd	nd	nd	nd
C12:0	nd	nd	nd	nd	nd
C13:0	nd	nd	nd	nd	nd
C14:0	1.51±0.09	2.29±0.83	3.11±0.18	0.82±0.05	1.64±0.12
C14:1	nd	nd	nd	nd	nd
C15:0	0.94±0.02	1.21±0.25	2.03±0.03	1.04±0.05	0.94±0.03
C15:1	nd	nd	nd	0.65±0.03	0.48±0.13
C16:0	8.80±0.05	11.02±0.97	12.35±0.31	6.00±0.16	7.82±0.44
C16:1n7	0.56±0.04	0.62±0.07	0.72±0.05	5.85±0.49	0.93±0.07
C17:0	0.94±0.05	1.11±0.06	1.09±0.01	0.70±0.04	0.97±0.09
C17:1	1.19±0.99	0.34±0.30	0.56±0.97	1.93±0.10	0.31±0.08
C18:0	6.66±0.18	8.22±0.57	7.13±0.52	6.99±0.45	8.62±0.75
C18:1n9	4.45±0.35	6.98±0.65	0.97±0.50	5.30±0.48	3.24±0.55
C18:2n6	1.89±0.59	1.92±0.37	nd	0.31±0.01	0.26±0.01
C18:3n6	1.64±0.18	1.79±0.19	0.88±0.18	1.06±0.01	1.78±0.15
C18:3n3	0.81±0.28	nd	nd	0.16±0.04	nd
C20:0	1.12±0.70	0.90±0.32	0.78±0.11	1.75±0.07	1.60±0.36
C20:1n9	0.19±0.33	0.53±0.03	0.78±0.00	0.50±0.02	1.15±0.06
C20:2	4.69±0.56	0.71±0.22	0.63±0.59	0.54±0.03	1.66±0.08
C20:4n6	7.06±0.60	4.93±0.43	8.40±0.69	10.61±0.64	14.51±0.71
C20:5n3	1.09±0.08	1.70±0.09	2.60±0.08	9.48±0.23	6.38±0.44
C22:0	0.78±0.02	1.22±0.09	1.54±0.29	1.60±0.12	0.43±0.03
C22:2	nd	nd	nd	nd	nd
C23:0	0.67±0.05	0.65±0.02	1.20±0.09	0.60±0.01	nd
C24:0	1.18±0.07	1.38±0.12	nd	0.80±0.02	0.43±0.14
C22:6n3	nd	nd	nd	1.90±0.32	1.18±0.09
C24:1n9	nd	nd	nd	nd	nd
SFAs	22.60±1.24	27.99±3.23	29.23±0.84	20.29±0.95	22.45±0.95
MUFAs	6.40±1.72	8.47±1.05	3.02±0.82	14.23±0.20	6.11±0.50
PUFAs	17.18±2.30	11.05±1.30	12.51±1.26	24.07±0.38	25.76±1.35

ตารางที่ 10 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล mg/g (Mean±SD)

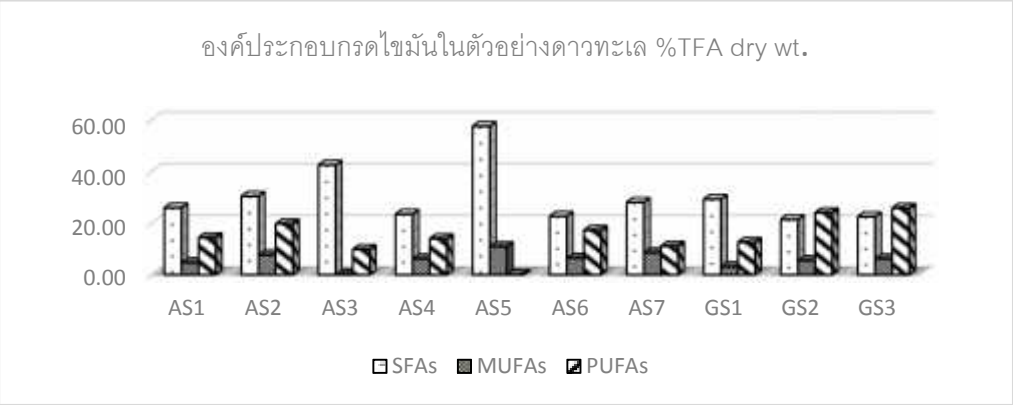
Fatty acid	AS1	AS2	AS3	AS4
C10:0	nd	nd	nd	nd
C12:0	nd	nd	nd	nd
C13:0	nd	nd	nd	nd
C14:0	5.18±0.86	0.72±0.08	4.57±0.89	15.74±1.13
C14:1	nd	nd	nd	nd
C15:0	nd	0.70±0.09	nd	15.17±0.94
C15:1	nd	nd	nd	nd
C16:0	13.79±0.28	2.30±0.13	10.56±0.78	37.93±3.58
C16:1n7	7.17±0.63	1.00±0.19	nd	15.20±1.54
C17:0	27.10±0.81	3.35±0.32	17.08±1.43	11.92±1.11
C17:1	nd	nd	nd	7.48±0.92
C18:0	19.18±0.67	2.68±0.16	8.37±0.64	34.41±2.20
C18:1n9	6.80±0.62	0.86±0.05	3.06±0.25	13.91±1.20
C18:2n6	17.39±1.20	0.75±0.13	nd	13.93±0.33
C18:3n6	12.59±0.59	0.90±0.03	nd	22.80±1.05
C18:3n3	nd	nd	nd	nd
C20:0	6.46±0.32	0.48±0.07	nd	8.74±1.12
C20:1n9	nd	nd	nd	nd
C20:2	nd	nd	nd	43.24±1.42
C20:4n6	46.09±0.46	8.92±0.21	17.01±1.46	78.25±3.68
C20:5n3	11.14±0.76	3.91±0.09	nd	15.78±1.57
C22:0	nd	nd	nd	5.17±1.12
C22:2	nd	nd	nd	nd
C23:0	nd	nd	nd	7.59±1.19
C24:0	nd	0.70±0.13	nd	8.51±0.83
C22:6n3	nd	nd	nd	nd
C24:1n9	nd	nd	nd	nd
SFAs	71.71±0.98	10.93±0.97	40.57±3.61	145.19±8.28
MUFAs	13.97±1.17	1.86±0.23	3.06±0.25	36.59±2.19
PUFAs	87.21±1.89	14.47±0.44	17.01±1.46	174.00±5.52

ตารางที่ 11 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล mg/g (Mean±SD)

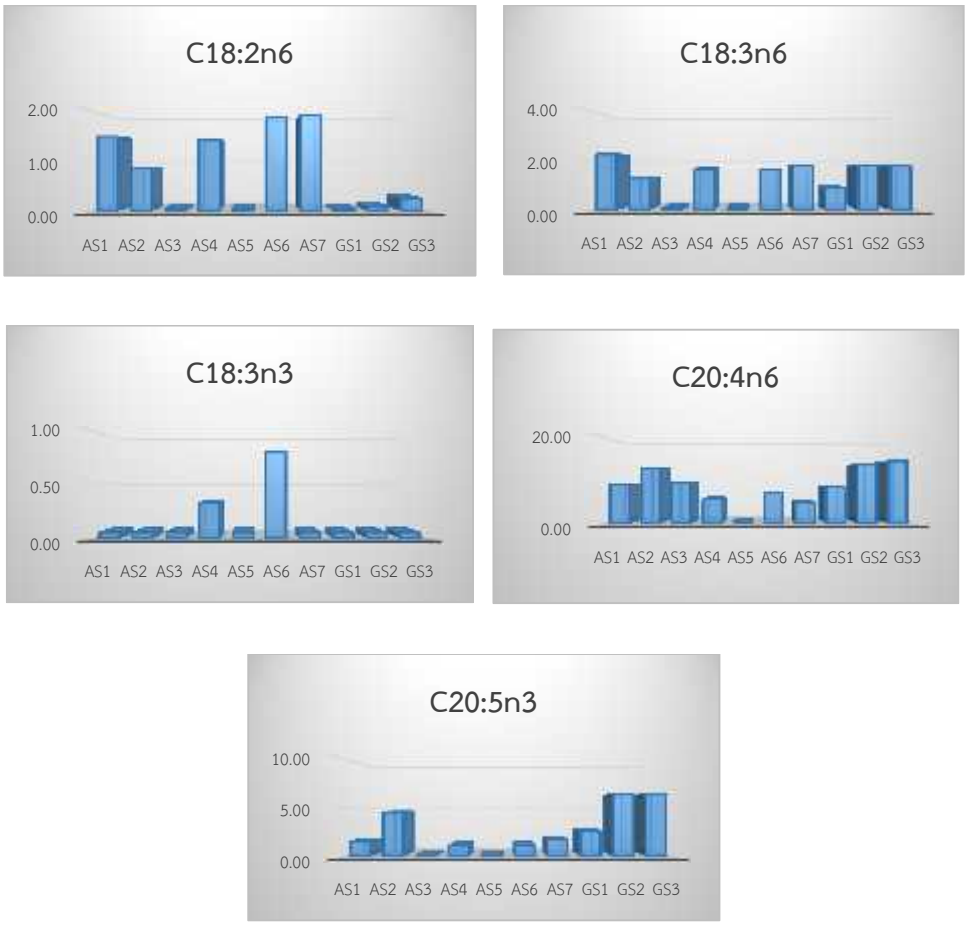
Fatty acid	AS5	AS6	AS7
C10:0	nd	nd	nd
C12:0	nd	nd	nd
C13:0	nd	nd	nd
C14:0	nd	11.54±0.17	10.99±0.24
C14:1	nd	nd	nd
C15:0	nd	13.83±0.97	12.41±0.32
C15:1	nd	nd	nd
C16:0	6.70±0.77	37.74±2.59	35.36±1.27
C16:1n7	nd	16.25±0.63	12.11±1.12
C17:0	15.14±0.60	13.15±0.32	12.73±0.63
C17:1	nd	6.49±0.76	6.88±0.06
C18:0	6.85±1.43	41.91±1.94	41.45±1.21
C18:1n9	3.95±0.12	15.29±0.43	19.90±1.00
C18:2n6	nd	25.30±0.68	25.13±0.79
C18:3n6	nd	23.60±0.88	21.31±0.89
C18:3n3	nd	7.14±0.47	7.85±0.41
C20:0	nd	10.47±0.19	7.00±0.25
C20:1n9	nd	nd	7.00±0.06
C20:2	nd	62.18±10.70	8.20±1.17
C20:4n6	nd	104.74±1.57	60.64±1.43
C20:5n3	nd	21.45±0.41	26.80±2.01
C22:0	nd	4.53±0.06	7.77±0.41
C22:2	nd	nd	nd
C23:0	nd	9.99±0.14	8.27±0.58
C24:0	nd	9.04±0.20	8.72±1.00
C22:6n3	nd	nd	nd
C24:1n9	nd	nd	nd
SFAs	28.69±2.80	152.19±6.57	144.69±5.91
MUFAs	3.95±0.12	38.03±1.81	45.90±2.25
PUFAs	nd	244.42±14.71	149.92±6.70

ตารางที่ 12 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล mg/ g (mean±SD)

Fatty acid	GS1	GS2	GS3
C10:0	nd	nd	nd
C12:0	nd	nd	nd
C13:0	nd	nd	nd
C14:0	14.05±1.43	14.05±0.78	15.89±0.30
C14:1	nd	nd	nd
C15:0	17.18±1.27	33.03±2.63	11.56±0.93
C15:1	nd	21.89±1.55	13.17±1.74
C16:0	30.53±0.99	61.33±2.93	56.14±1.45
C16:1n7	7.34±0.02	129.44±3.83	17.74±1.44
C17:0	9.95±0.52	22.10±1.61	18.41±2.27
C17:1	nd	58.26±2.85	8.11±0.26
C18:0	27.86±1.35	93.60±19.18	83.22±1.83
C18:1n9	19.03±0.65	46.47±2.66	17.69±0.38
C18:2n6	nd	11.56±0.66	7.41±1.18
C18:3n6	9.01±1.04	35.99±2.89	35.08±2.63
C18:3n3	nd	6.54±1.02	nd
C20:0	4.56±0.22	26.62±1.88	13.88±0.68
C20:1n9	7.68±0.23	16.30±1.02	12.36±1.47
C20:2	nd	5.88±0.32	6.56±0.28
C20:3n6	nd	15.75±1.26	9.89±1.72
C20:4n6	76.23±1.73	293.47±19.65	423.82±13.25
C20:5n3	30.26±1.87	422.87±11.09	183.39±2.60
C22:0	7.40±0.69	3.72±0.09	5.76±1.07
C22:2	nd	nd	nd
C23:0	10.74±0.24	19.19±1.53	nd
C24:0	9.54±0.15	13.56±0.71	6.03±1.41
C22:6n3	nd	73.30±3.87	12.08±0.25
C24:1n9	nd	nd	nd
SFAs	131.80±6.85	287.21±31.33	210.90±9.94
MUFAs	34.06±0.89	272.36±11.92	69.07±5.29
PUFAs	115.51±4.64	859.48±40.44	671.67±21.62



ภาพที่ 5 องค์ประกอบกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล (%TFA dry wt.)



ภาพที่ 6 ชนิดกรดไขมันจำเป็นในตัวอย่างดาวทะเล (%TFA dry wt.)

ตารางที่ 13 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล Mean±SD (%TFA) wet wt.

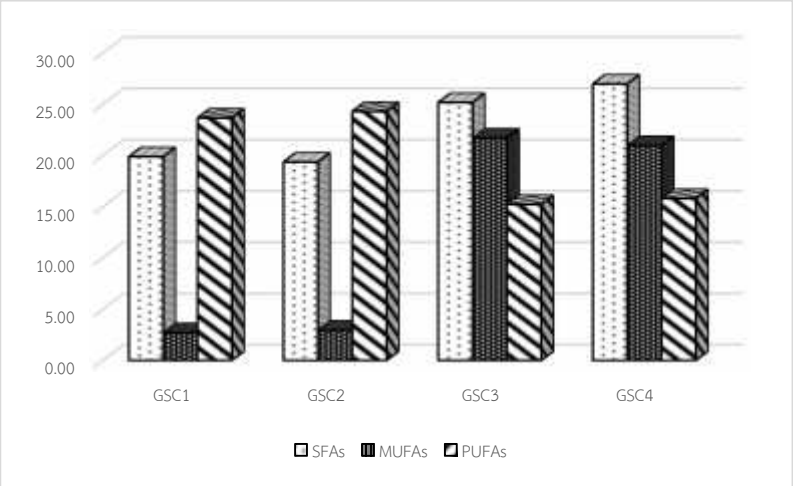
Fatty acid	GSC1	GSC2	GSC3	GSC4
C10:0	nd	nd	nd	nd
C12:0	nd	nd	nd	nd
C13:0	nd	nd	nd	nd
C14:0	1.35±0.04	1.58±0.41	1.19±0.06	0.78±0.43
C14:1	nd	nd	nd	nd
C15:0	0.50±0.03	0.56±0.15	nd	0.63±0.30
C15:1	nd	nd	nd	nd
C16:0	6.06±0.25	9.16±1.49	6.83±0.51	5.94±0.80
C16:1n7	1.67±0.10	1.10±0.02	11.11±0.28	5.67±0.84
C17:0	0.39±0.02	0.60±0.04	1.00±0.70	nd
C17:1	0.88±1.13	1.28±1.46	1.59±0.14	0.87±0.30
C18:0	3.57±0.10	4.88±0.34	10.96±0.64	9.83±1.47
C18:1n9	0.82±0.06	1.43±0.52	5.53±0.10	4.19±0.29
C18:2n6	0.10±0.17	nd	nd	nd
C18:3n6	0.31±0.27	0.95±0.08	0.87±0.06	0.90±0.07
C18:3n3	0.94±0.10	nd	nd	nd
C20:0	1.36±0.07	2.55±0.06	2.78±0.20	2.60±0.39
C20:1n9	0.67±0.06	nd	0.98±0.03	1.39±0.15
C20:2	0.11±0.18	1.33±0.21	1.51±0.54	nd
C20:4n6	17.12±0.68	17.87±1.78	5.55±0.25	10.49±0.35
C20:5n3	4.95±0.48	1.69±0.22	12.93±0.25	7.41±0.78
C22:0	nd	nd	2.06±0.12	nd
C22:2	nd	nd	nd	nd
C23:0	1.03±0.03	0.90±0.13	nd	nd
C24:0	0.66±0.07	0.61±0.30	1.03±0.06	nd
C22:6n3	0.39±0.03	1.65±1.04	3.11±0.04	0.81±0.21
C24:1n9	3.30±0.35	0.91±1.57	nd	nd
SUM	46.17	49.03	69.04	51.50
other	53.83	50.97	30.96	48.50
SFAs	14.91	20.84	25.86	19.77
MUFAs	7.35	4.71	19.21	12.11
PUFAs	23.91	23.49	23.98	19.61

ตารางที่ 14 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล %TFA dry wt.

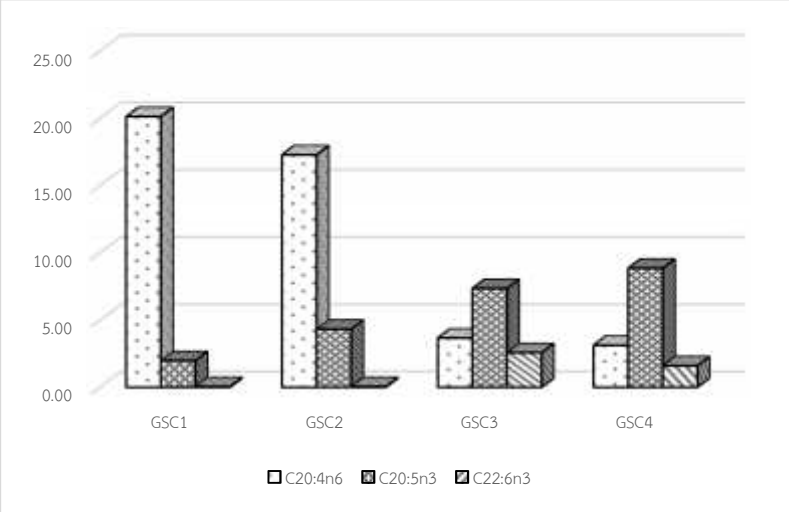
Fatty acid	GSC1	GSC2	GSC3	GSC4
C10:0	nd	nd	nd	nd
C12:0	nd	nd	nd	nd
C13:0	nd	nd	nd	nd
C14:0	1.65±0.14	1.59±0.03	0.87±0.03	0.97±0.01
C14:1	nd	nd	nd	nd
C15:0	0.19±0.32	0.19±0.32	1.14±0.08	0.90±0.01
C15:1	nd	nd	0.41±0.03	nd
C16:0	7.34±0.11	7.08±0.22	9.93±0.51	9.69±0.13
C16:1n7	0.95±0.08	1.76±0.09	13.50±0.72	13.21±0.13
C17:0	3.12±2.22	3.95±0.68	0.60±0.02	0.74±0.00
C17:1	0.93±1.61	0.88±1.53	nd	0.42±0.22
C18:0	5.12±0.19	4.00±0.05	9.98±0.52	11.70±0.10
C18:1n9	1.74±0.50	1.19±0.22	7.47±0.77	7.33±0.15
C18:2n6	nd	nd	nd	nd
C18:3n6	0.45±0.77	nd	0.58±0.03	0.85±0.01
C18:3n3	nd	0.89±0.03	nd	nd
C20:0	2.63±0.42	1.46±0.05	1.80±0.08	2.67±0.01
C20:1n9	nd	0.57±0.50	0.86±0.06	nd
C20:2	1.54±0.33	1.80±0.27	0.48±0.04	0.78±0.02
C20:4n6	**20.11±0.71**	**17.27±0.69**	**3.76±0.19**	**3.11±0.08**
C20:5n3	**1.97±0.23**	**4.31±0.08**	**7.58±0.46**	**8.84±0.21**
C22:0	nd	nd	0.65±1.12	nd
C22:2	nd	nd	nd	nd
C23:0	nd	1.26±0.10	0.35±0.02	0.27±0.03
C24:0	nd	nd	0.31±0.03	nd
C22:6n3	nd	nd	2.61±0.14	1.59±0.18
C24:1n9	nd	nd	nd	nd
sum	47.76	48.20	62.88	63.09
SFAs	20.05	19.53	25.63	26.95
MUFAs	3.63	4.40	22.25	20.96
PUFAs	24.08	24.27	15.01	15.18

ตารางที่ 15 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล mg/ g

Fatty acid	GSC1	GSC2	GSC3	GSC4
C10:0	nd	nd	nd	nd
C12:0	nd	nd	nd	nd
C13:0	nd	nd	nd	nd
C14:0	7.35±0.13	8.45±1.43	9.60±0.22	14.57±1.05
C14:1	nd	nd	nd	nd
C15:0	nd	nd	20.98±0.17	25.23±2.15
C15:1	nd	nd	9.18±0.37	10.77±0.70
C16:0	18.05±0.73	19.91±5.08	61.72±7.93	84.46±7.16
C16:1n7	8.51±0.48	15.45±3.95	240.41±5.49	339.16±28.09
C17:0	30.29±2.43	27.37±4.30	12.46±1.06	20.31±1.43
C17:1	nd	nd	nd	6.15±0.77
C18:0	18.16±0.73	16.73±3.89	97.18±0.52	140.18±1.73
C18:1n9	5.33±0.85	8.65±1.70	17.50±1.02	24.19±1.36
C18:2n6	nd	10.57±2.40	10.91±1.42	9.02±0.93
C18:3n6	nd	nd	12.93±0.32	25.02±1.85
C18:3n3	nd	9.21±1.83	nd	nd
C20:0	11.02±0.67	7.09±1.45	17.08±0.48	34.77±2.80
C20:1n9	nd	nd	16.53±0.12	nd
C20:2	13.84±1.03	15.05±1.37	10.49±0.22	22.83±2.21
C20:3n6	21.37±1.53	10.74±0.77	17.26±1.50	23.66±1.27
C20:4n6	154.69±0.05	179.45±0.28	80.26±1.85	97.04±9.76
C20:5n3	22.22±1.87	37.45±2.68	193.32±1.79	306.72±3.78
C22:0	nd	4.95±0.77	17.68±0.66	24.67±0.30
C22:2	nd	nd		nd
C23:0	8.90±0.81	nd	7.71±0.34	8.15±0.65
C24:0	5.23±1.56	nd	4.45±0.21	nd
C22:6n3	29.24±2.16	36.04±0.46	62.23±1.73	57.04±2.55
C24:1n9	nd	nd	nd	nd
SFAs	99.00±7.05	84.49±16.92	248.85±11.58	352.35±17.27
MUFAs	13.84±1.34	24.10±5.65	283.63±7.01	380.28±30.92
PUFAs	241.37±6.64	298.51±9.79	378.73±8.82	541.33±22.35



ภาพที่ 7 องค์ประกอบกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล (%TFA dry wt.)



ภาพที่ 8 กรดไขมันจำเป็นในตัวอย่างปลิงทะเล (%TFA dry wt.)

ชนิดและปริมาณ Amino acid ในตัวอย่างดาวทะเล

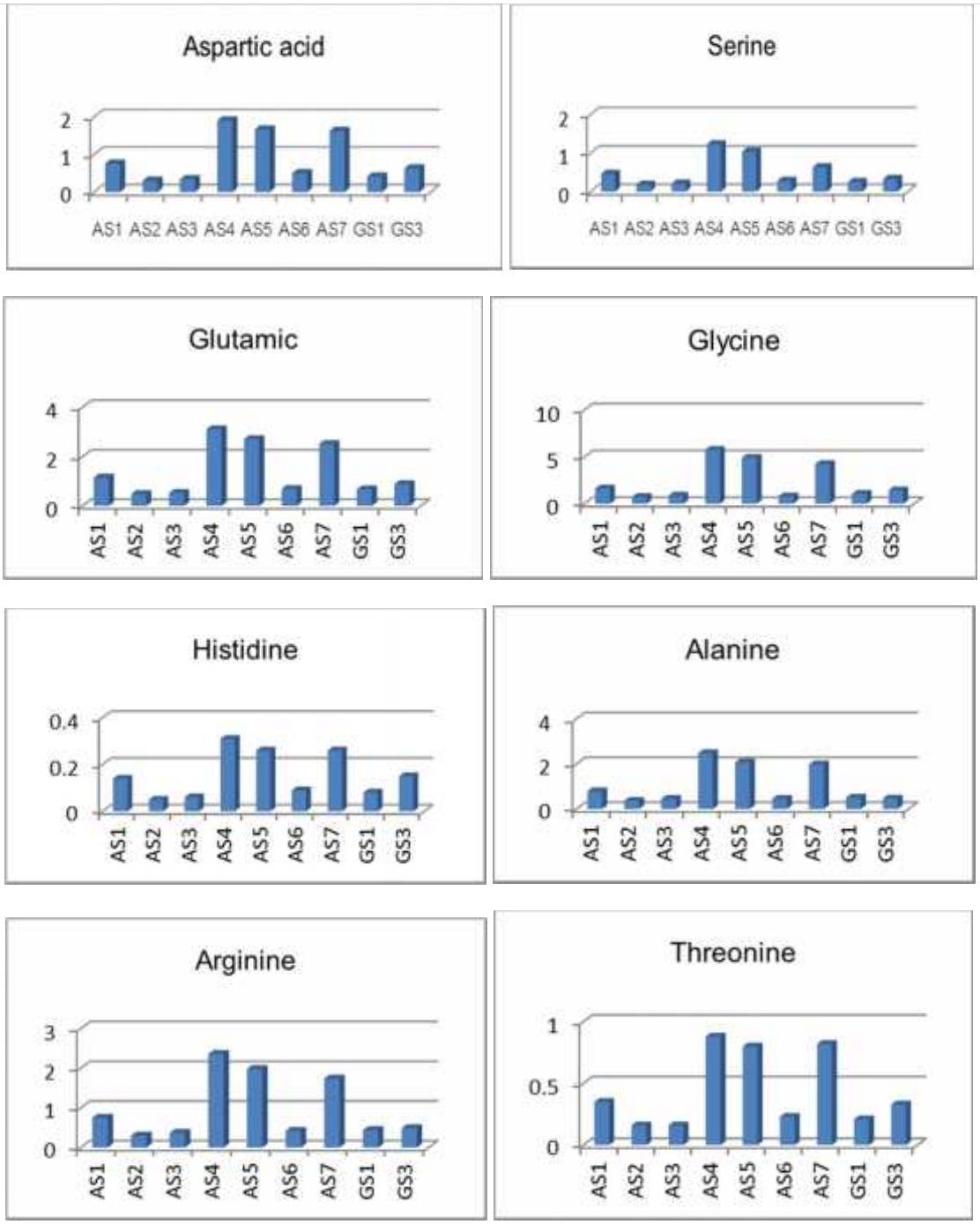
จากการศึกษาชนิดและปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในตัวอย่างดาวทะเลพบว่าดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata* (AS4) มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น Glutamic, Glycine, Proline, Alanine, Arginine ที่สูงกว่าตัวอย่างชนิดอื่น ๆ ผลแสดงในตารางที่ 16 และภาพที่ 9

ตารางที่ 16 ชนิดและปริมาณ Amino acid ในตัวอย่างดาวทะเล (กรัม/ 100 กรัม)

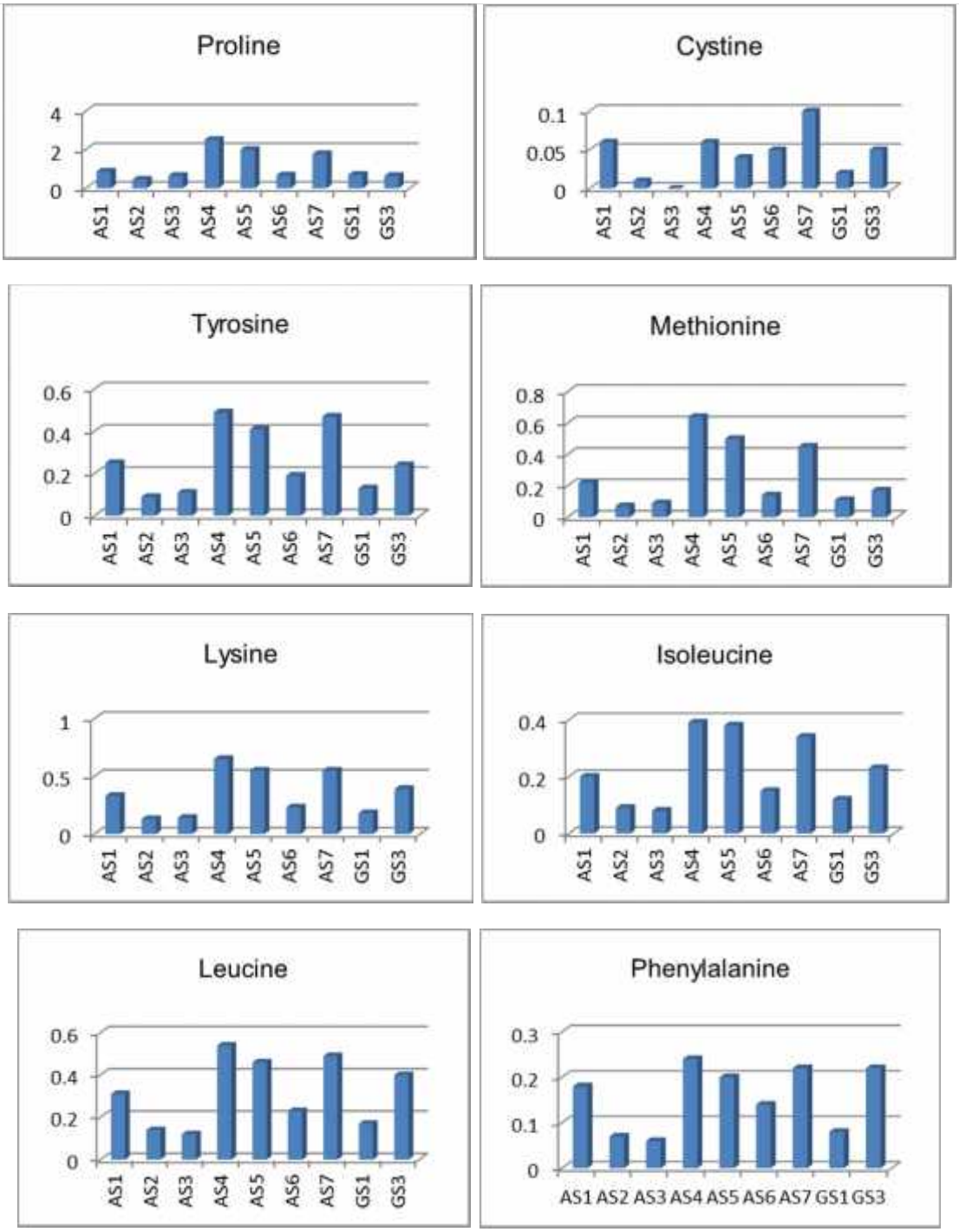
Amino acid	Amino acid (กรัม/ 100 กรัม)								
	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6	AS7	GS1	GS3
Aspartic acid	0.76	0.30	0.34	1.91	1.67	0.50	1.63	0.41	0.63
Serine	0.46	0.18	0.21	1.23	1.04	0.28	0.63	0.25	0.33
Glutamic	1.15	0.49	0.53	3.11	2.71	0.69	2.51	0.67	0.89
Glycine	1.64	0.73	0.88	5.77	4.92	0.81	4.24	1.06	1.45
Histidine	0.14	0.05	0.06	0.31	0.26	0.09	0.26	0.08	0.15
Arginine	0.75	0.30	0.37	2.36	1.98	0.42	1.74	0.44	0.49
Threonine	0.35	0.16	0.16	0.88	0.80	0.23	0.82	0.21	0.33
Alanine	0.79	0.37	0.45	2.49	2.08	0.45	1.99	0.50	0.47
Proline	0.87	0.45	0.65	2.51	2.00	0.67	1.77	0.70	0.64
Cystine	0.06	0.01	ND	0.06	0.04	0.05	0.10	0.02	0.05
Tyrosine	0.25	0.09	0.11	0.49	0.41	0.19	0.47	0.13	0.24
Valine	0.33	0.14	0.14	0.85	0.64	0.22	0.65	0.16	0.28
Methionine	0.22	0.07	0.09	0.64	0.50	0.14	0.45	0.11	0.17
Lysine	0.33	0.13	0.14	0.65	0.55	0.23	0.55	0.18	0.39
Isoleucine	0.20	0.09	0.08	0.39	0.38	0.15	0.34	0.12	0.23
Leucine	0.31	0.14	0.12	0.54	0.46	0.23	0.49	0.17	0.40
Phenylalanine	0.18	0.07	0.06	0.24	0.20	0.14	0.22	0.08	0.22

ND = ตรวจไม่พบโดยเทคนิควิธีที่ใช้

Amino acid: HPLC, Accq. Tag Amino Acid Analysis Method: Analytical Biochem 1993. Jun: 211(2) 279-287



ภาพที่ 9 ชนิดและปริมาณ Amino Acid ในตัวอย่างดาวทะเล (กรัม/100กรัม) น้ำหนักแห้ง


Proline
4
2
0
AS1 AS2 AS3 AS4 AS5 AS6 AS7 GS1 GS3
Cystine
0.1
0.05
0
AS1 AS2 AS3 AS4 AS5 AS6 AS7 GS1 GS3
Tyrosine
0.6
0.4
0.2
0
AS1 AS2 AS3 AS4 AS5 AS6 AS7 GS1 GS3
Methionine
0.8
0.6
0.4
0.2
0
AS1 AS2 AS3 AS4 AS5 AS6 AS7 GS1 GS3
Lysine
1
0.5
0
AS1 AS2 AS3 AS4 AS5 AS6 AS7 GS1 GS3
Isoleucine
0.4
0.2
0
AS1 AS2 AS3 AS4 AS5 AS6 AS7 GS1 GS3
Leucine
0.6
0.4
0.2
0
AS1 AS2 AS3 AS4 AS5 AS6 AS7 GS1 GS3
Phenylalanine
0.3
0.2
0.1
0
AS1 AS2 AS3 AS4 AS5 AS6 AS7 GS1 GS3

ภาพที่ 9 (ต่อ)

อภิปรายผลการศึกษา

คุณค่าอาหารในดาวทะเลและปลิงทะเล

จากการศึกษาปริมาณ ไขมัน โปรตีน เถ้า ในตัวอย่างดาวทะเลพบปริมาณไขมันสูงสุดในตัวอย่างดาวทราย *Astropecten polyacanthus* (GS2), รองลงมาเป็นตัวอย่าง *A.pentagonula;* GS1 และดาวหมอนปักเข็ม *C. schmideliana*; AS7 (1.95, 1.13, 1.10%) จะเห็นได้ว่าปริมาณไขมันมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับวัตถุดิบในอาหารสำเร็จรูปสำหรับสัตว์น้ำชนิดอื่น แต่มีค่าใกล้เคียงกับกากเมล็ดฝ้ายกับกากถั่วเหลือง (1.5,1.3%) และมีปริมาณไขมันสูงกว่าเนื้อหอยเชอรี่ (0.6) (ตารางที่ 17) และในตัวอย่างปลิงทะเลพบปริมาณไขมันพบสูงสุดในตัวอย่างปลิงทะเล *C. quadrangularis* Troschel (GSC4) (9.63%) ซึ่งสูงกว่าในปลาป่น และ หัวและเปลือกกุ้งป่น (6%, 2.6%) ส่วนปริมาณโปรตีนพบสูงสุดในตัวอย่างดาวทะเลสีน้ำเงิน *L. laevigata* (AS4) (20.77%) รองลงมาเป็นตัวอย่างดาวทราย GS2 (19.79%) และตัวอย่างดาวทะเลสีทอง *Linckia guildingi Gray (*AS5) กับดาวหมอนปักเข็ม *C. schmideliana* (AS7) *(*15.34, 14.87) เมื่อเทียบกับแหล่งวัตถุดิบ จะพบว่าปริมาณโปรตีนที่ได้มีค่าที่ต่ำกว่าปลาป่น (55%) แต่ในตัวอย่างปลิงทะเลพบปริมาณโปรตีน สูงสุดในตัวอย่างปลิงทะเลสีดำ *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* GSC2 ซึ่งสูงถึง 42.94% ใกล้เคียงกับ หัวและเปลือกกุ้งป่น กากเมล็ดฝ้าย กากเมล็ดงา และจะพบว่าในตัวอย่างดาวทะเลและปลิงทะเลมีปริมาณเถ้า (แร่ธาตุ) ที่สูงกว่าในแหล่งวัตถุดิบอาหาร

โดยปริมาณเถ้าสูงสุดพบในตัวอย่างดาวทะเลปุ่มใหญ่ *Protoreaster nodosus* ; AS2 (52.46%) และ *Anthenea pentagonula* ; GS1 (41.99%) ส่วนในตัวอย่างปลิงทะเลปริมาณเถ้าพบสูงสุดในปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว *Colochirus quadrangularis* Troschel ;GSC4 ปริมาณค่าเฉลี่ย 45.75% รองลงมาเป็นตัวอย่าง ปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีชมพูเหลือง *Cercodemas anceps* ; GSC3 (18.66%) จะเห็นได้ว่าดาวทะเลและปลิงทะเล มีคุณค่าอาหารที่ดีโดยมีแร่ธาตุ และโปรตีนในปริมาณที่สูง สามารถนำไปพัฒนาหรือเสริมในสูตรอาหารสำหรับสัตว์น้ำโดยเฉพาะตัวอย่างดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata (*AS4) ซึ่งมีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นต่อสัตว์น้ำ, ดาวทราย *A. polyacanthus* (GS2), ปลิงทะเลสีดำ *H. leucospilota* (GSC2), ปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว *C. quadrangularis* Troschel (GSC4)

ชนิดและปริมาณกรดไขมันดาวและปลิงทะเล

ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล พบมีความแตกต่างกัน ตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัว SFAs กรดไขมันหลักที่พบ C16:0, C17:0,C18:0 ยกเว้นตัวอย่างดาวทราย *A. polyacanthus (*GS2) และดาวแสงอาทิตย์ *L. maculate;* GS3 เป็นชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน PUFAs กรดไขมันจำเป็น C18:2n6, C18:3n6, C20:4n6 และ C20:5n3 พบมีความแตกต่างกัน โดย C18:2n6 พบสูงสุดในตัวอย่าง AS7 (1.92%TFA dry wt.), C18:3n6 พบสูงสุดในตัวอย่าง AS1 (2.25%), C20:4n6 พบสูงสุดในตัวอย่าง *L.maculate* GS3 (14.51%) และ C20:5n3 พบสูงสุดในตัวอย่าง GS2 (9.48%) กรดไขมันจำเป็นที่พบในปริมาณสูง ได้แก่ ARA (C20:4n6) พบในปริมาณร้อยละ14.51%TFA; 423.82 mg/ g dry wt. ในตัวอย่าง *L. maculate (*GS3) กรดไขมัน EPA;

C20:5n3 พบในปริมาณ 9.48%TFA; 422.87mg/ g dry wt. ปริมาณสูงสุดพบในตัวอย่างดาวทราย GS2 ส่วนกรดไขมัน DHA; C22:6n3 พบในปริมาณ 1.90 %TFA; 73.30 mg/ g dry wt. ในตัวอย่างดาวทรายเช่นกัน ส่วนในตัวอย่างปลิงทะเลจะพบว่า กรดไขมันจำเป็น C20:4n6 พบสูงสุดในตัวอย่าง GSC1 (20.11%; 179.45 mg/ g dry wt) และ C20:5n3 พบสูงสุดในตัวอย่าง GSC4 2 (8.85%; 306.72 mg/ g dry wt) ส่วนกรดไขมัน DHA; C22:6n3 ตรวจพบในปริมาณ 1.59-2.61%TFA; 29.24-62.23 mg/ g dry wt.

ตารางที่ 17 ปริมาณสารอาหารจากสัตว์และพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสำเร็จรูปสำหรับสัตว์น้ำ (สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำ, 2534)

วัตถุดิบ	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	กาก	NEF#	เถ้า	ข้อสังเกต
ปลาป่น	9.7	55.0	6.0	2.4	3.3	24.6	เป็นแหล่งโปรตีนที่ดี
ปลาสด	67.5	18.0	1.3	-	-	1.5	เป็นแหล่งโปรตีนที่ดี แต่มีเอนไซม์ไทอามิเนส
ดักแด้ไหม	4.7	56.8	31.3	3.9	6.4	5.2	โปรตีนคุณภาพดีพอควร มีไขมันและสารไคตินสูง
เนื้อหอยเชอรี่	78.0	11.3	0.6	-	-	4.4	มีเถ้าสูงอาจมีพยาธิ จึงควรต้มและทำให้แห้ง
หัวและเปลือกกุ้งป่น	10.0	40.6	2.6	14.2	2.6	30.0	มีแร่ธาตุ เถ้า สารไคติน ไคลินสูง แต่งกลิ่นอาหารดี
เศษไก่ป่น	6.5	57.5	15.0	2.3	3.1	15.6	มีไขมันสูง หืนง่าย
ไส้ไก่สด	73.7	13.9	11.2	-	-	1.2	มีไขมันสูง หืนง่าย
หัวไก่สด	38.8	26.9	26.4	0.3	-	7.6	มีไขมันสูงมาก หืนง่าย
กากถั่วเหลือง	11.8	46.9	1.3	6.5	25.1	8.4	แหล่งโปรตีนจากพืช แต่มีเมทไธโอนีน ไลซีนต่ำ
กากถั่วลิสง	7.0	48.0	5.8	7.0	27.1	5.1	มีเมทไธโอนีน แคลเซียม ต่ำอาจมีพิษจากรา
กากเมล็ดฝ้าย	9.8	41.7	1.5	11.3	28.8	6.9	มีสารพิษกอสสิปอล
กากมะพร้าวอัด	8.5	20.8	6.3	12.0	45.4	7.0	มีเมทไธโอนีนและไลซินต่ำ อาจมีพิษจากรา
กากเมล็ดงา	8.0	40.4	10.6	6.4	24.2	10.4	มีเมทไธโอนีน แคลเซียม และฟอสฟอรัสสูง ไลซินต่ำ
ใบกระถิ่น	10.0	23.9	2.9	9.4	49.5	3.2	มีสารพวกแอลคาลอย ซึ่งยับยั้งการเจริญเติบโต
ใบหม่อนสี	8.8	22.2	4.8	12.7	46.9	15.5	-

NFE# = คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ

ระดับกรดไขมันที่เหมาะสมในอาหารกุ้งทะเล ได้แก่ Linolenic acid (18:3n3) 0.3% Linoleic acid (18:2n6) 0.4%, Eicosapentaenoic (20:5n3) 0.4% และ Docosahexaenoic acid (22:6n3) 0.4% (Akiyama, Dominy & Lowrence, 1991)

ส่วนชนิดและปริมาณกรดอะมิโนพบว่าตัวอย่างดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata* (AS4) มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น Glutamic, Glycine, Proline, Alanine, Arginine ที่สูงกว่าตัวอย่างชนิดอื่น ๆ กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต คือ อาร์จินิน ฮิสติดิน ไอโสลูซีน ลูซีน ไลซีน เมไธโอนิน เฟนิลอะลานิน ทรีโอนีน ทริบโตเฟน

อาหารสัตว์น้ำต้องมีโภชนาการที่ดีเพื่อช่วยในการเจริญเติบโต เพิ่มอัตราการรอด การขาดธาตุอาหารจำเป็น ทำให้ร่างกายอ่อนแอ ไม่มีภูมิต้านทานโรค สารอาหารสำคัญที่มีความจำเป็นต่อสัตว์น้ำ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุ

1. โปรตีน มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต พวกปลากินพืชมีความต้องการโปรตีน 18-25 เปอร์เซ็นต์ ปลาประเภทกินเนื้อมีความต้องการโปรตีนประมาณ 30-25 เปอร์เซ็นต์ ปลาประเภทกินทั้งพืชและเนื้อมีความต้องการโปรตีน 25-32 เปอร์เซ็นต์ ปลาส่วนใหญ่ต้องการโปรตีนจากพืชและสัตว์ ปลาเทราท์และปลาแซลมอนตามธรรมชาติ เป็นปลากินเนื้อ แต่สามารถกินพืชเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป ความต้องการโปรตีน เปลี่ยนไปตามขนาดของปลา ปลาเล็กวัยกำลังเจริญเติบโตต้องการโปรตีนสูงกว่าปลาใหญ่ ซึ่งเติบโตช้า ก่อนฤดูวางไข่ปลามีความต้องการอาหารที่มีโปรตีนสูงเพื่อผลิตไข่และน้ำเชื้อ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความต้องการอาหารโปรตีนจะเพิ่มมากขึ้นด้วย สัตว์น้ำอาจใช้แหล่งพลังงานจากโปรตีนทดแทน หากแหล่งพลังงานจากไขมันและแป้งมีไม่พอเพียง สัตว์น้ำมีความต้องการอาหารโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนทั้ง 10 อย่างในระดับเดียวกับสัตว์ชั้นสูง กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตคือ อาร์จินิน ฮิสติดิน ไอโสลูซีน ลูซีน ไลซีน เมไธโอนิน เฟนิลอะลานิน ทรีโอนีน ทริบโตเฟน และวาลีนสัตว์น้ำต้องการโปรตีนที่ ระดับแตกต่างกันตามชนิด และวัยของสัตว์น้ำ แล้ว ยังต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นในปริมาณที่ต่างกันอีกด้วย ปลาที่ได้รับกรดอะมิโนที่จำเป็นไม่ครบถ้วนทำให้ปลาเจริญเติบโตช้า รูปร่างเปลี่ยนไป เช่นถ้าขาด Tryptophan ทำให้กระดูกสันหลังของปลาคดงอส่งผลให้ปลามีรูปร่างคดงอ ถ้าขาดไลซีน ปลามีอาการครีบหลังและหางเป็นแผลขาดกร่อน มีอัตราการตายสูง ขาด Methionine ปลามีอาการตาเป็นต้อ อาหารที่มี Valine มากเกินไปทำให้ไปยับยั้งการเจริญเติบโต และเกิดการเป็นพิษของกรดอะมิโนเป็นต้น โปรตีน ในสัตว์มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทุกตัวแต่โปรตีนในพืชมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบแต่ปริมาณบางตัวไม่ มากพอ ส่วนโปรตีนในสาหร่ายเช่นสาหร่ายเกลียวทองมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทุกตัวเช่นกัน ความ ต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำหรือปลาเป็นปัจจัยหลักในการสร้างสูตรอาหารของสัตว์น้ำ

2. ไขมัน เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูง เป็นองค์ประกอบของเยื่อเซลล์เป็นแหล่งพลังงานและแหล่งสะสมพลังงานของร่างกาย ไขมันในร่างกายของสัตว์แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ไขมันคงตัว หรือ Constant fat มีอยู่ในปริมาณที่น้อยแต่ต้องมีตลอดไป เมื่อสัตว์ขาดอาหารร่างกายจะไม่ดึงไขมันตัวนี้ออกมาใช้และ ไขมันไม่คงตัว หรือ Variable fat มีในร่างกายสัตว์เป็นพลังงานสำรอง เมื่อขาดแคลนอาหารไขมันส่วนนี้จะถูกดึงมาใช้ กรดไขมันที่จำเป็น Essential fatty acids หรือ EFA เพราะสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์ได้เอง ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น เป็นต้นกำเนิดของ Prostaglandin หรือสารที่ควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบที่ มดลูก เร่งการตกไข่ ควบคุมการหลั่งฮอร์โมนในร่างกาย และความดันโลหิต ในกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวมีกรดไขมันที่จำเป็น ได้แก่

Linoleic (โอเมก้า 6) และ Linolenic (โอเมก้า 3) โดยสัตว์น้ำได้นำกรดไขมันทั้ง 2 ตัวไปเพื่อไปสร้าง Arachidonic acid ซึ่งเป็นองค์ประกอบผนังเซลล์ในร่างกาย ได้แก่ สมอง กล้ามเนื้อ และตับ ปลาที่ขาดกรดไขมันที่จำเป็น ทำให้เจริญเติบโตช้า เซลล์ครีบหางตาย ตับซีด มีไขมันมาก ผิวขาว บรอนซ์ ท้องบวม เม็ดเลือดแดงแตก หายใจเร็วขึ้นกว่าปกติ (ประเสริฐ สีตะสิทธิ์, มะลิ บุณยรัตนผลิน และนันทิยา อุ่นประเสริฐ, 2525; กลุ่มวิจัยอาหารสัตว์น้ำ, 2534 และ นฤมล อัศวเกศมณี, 2549)

3. คาร์โบไฮเดรต เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานที่สัตว์น้ำสามารถใช้ได้ทันที และเก็บสะสมไว้ในรูปไขมันเพื่อเป็นพลังงานสำรอง

4. เกลือแร่และวิตามิน เป็นสิ่งจำเป็นต่อปลา กบ กุ้ง และ สัตว์น้ำทุกชนิด เป็นกลุ่มสารอาหารที่ควบคุมกิจกรรมในร่างกายของสัตว์น้ำ มีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกับขบวนการชีวเคมีภายในร่างกายของสัตว์น้ำ ช่วยควบคุมการทำงานของหัวใจ ระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ ระบบของเหลวภายในตัวสัตว์น้ำ เกลือแร่ที่สำคัญได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม แมงกานีส ทองแดง เหล็ก วิตามินที่จำเป็นต่อสัตว์น้ำ ได้แก่วิตามินเอ บีรวม ซี ดี เค อี กรดแพนโทธินิค ไนอาซีน ไบโอติน เป็นต้น สัตว์น้ำมีความต้องการเกลือแร่และวิตามันไม่มากนัก แต่ถ้าขาดธาตุอาหารเหล่านี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์และขบวนการต่างๆ ทางชีวเคมีของร่างกาย วิตามิน บี 12 ช่วย เพิ่มผลผลิตและการกินอาหารของสัตว์น้ำ สัตว์น้ำที่ขาดวิตามินจะเกิดโรคหลายอย่าง

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยความต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นของสัตว์น้ำทั่วไป

กรดอะมิโนที่จำเป็น	ปริมาณที่สัตว์น้ำต้องการ (% ของโปรตีน)
Arginine	4.5
Histidine	1.9
Isoleucine	2.8
Leucine	4
Methionine	3.6
Phenylalanine	6.3
Threonine	3.1
Tryptophan	0.7
Valine	3.5
Lysine	5.3

ที่มา: กลุ่มวิจัยอาหารสัตว์น้ำ (2534)

สัตว์น้ำก็เช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ต้องการอาหารเพื่อการเจริญเติบโต แพร่ขยายพันธุ์ เพื่อให้ชีวิตคงอยู่ อาหารสัตว์น้ำจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเป็นปัจจัยพื้นฐานของการผลิต และการควบคุมต้นทุนการผลิต ถ้าอาหารสัตว์น้ำมีคุณภาพดี ราคาต่ำ ใช้วัสดุในท้องถิ่น มีโภชนาการดีสารอาหารครบถ้วน ทำให้สัตว์น้ำจริญเติบโตดีมีสุขภาพสมบูรณ์และได้ผลผลิตสูง ซึ่งองค์ประกอบคุณค่าทางอาหารที่ให้สัตว์น้ำกินมีบทบาทอย่างมากในการเพิ่มการรอดตายและ

การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อน สารอาหารสำคัญที่มีความจำเป็นต่อสัตว์น้ำ ได้แก่คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ จากผลการศึกษาในครั้งนี้สารอาหารจากปลิงทะเล และดาวทะเล อาจนำมาพัฒนาเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสำหรับสัตว์น้ำต่อไป

มีการศึกษาการอนุบาลลูกกุ้งตัวตลกของ รินปวีร์ เกตุมณี, ปริญญา สุทธินนท์, สมพิศ แย้มเกษม และวาริช ตนุภัทรสรณ (2553-2555) ด้วยอาหาร 3 ชุด ได้แก่ ชุด 1 โรติเฟอร์ อาร์ทีเมีย และอาหารเม็ด ชุด 2 อาร์ทีเมียร่วมกับอาหารเม็ด และชุด 3 อาร์ทีเมียร่วมกับโรติเฟอร์ พบว่าลูกกุ้งตัวตลกที่มี อัตรารอดเฉลี่ยและระยะลงเกาะพื้นของการอนุบาลดีที่สุดคือ ชุดการทดลองที่ 1 อนุบาลด้วยโรติเฟอร์ อาร์ทีเมีย และอาหารเม็ด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 3 อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียร่วมกับอาหารเม็ด และ ชุดการทดลองที่ 2 อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียร่วมกับโรติเฟอร์สอดคล้องกับรายงานของ Lin et al. (2002) ที่ศึกษาอาหาร สำหรับกุ้งทะเลสวยงามจำนวน 2 ชนิด คือ กุ้งพยาบาล (*Lysmata* sp.) และ กุ้งปะการังแถบ (*Stenopus* sp.) โดยให้อาหารหลายชนิด ได้แก่ สาหร่ายขนาดเล็ก โรติเฟอร์อาร์ทีเมีย แรกฟัก อาร์ทีเมียที่ผ่านการเพิ่มสารอาหาร (Enriched) และอาหารเม็ด พบว่า การให้อาร์ทีเมียร่วมกับ อาหารเม็ดทำให้ลูกกุ้งมีอัตรารอดและพัฒนาการดีที่สุด จากรายงานการศึกษาจะพบว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูปมีผลต่อการรอดและพัฒนาการของกุ้งตัวตลก ดังนั้นผลการศึกษาคุณค่าอาหารในสัตว์ทะเลกลุ่มแอคไคโนเดิร์มในครั้งนี้จะได้นำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตอาหารสำเร็จรูปต่อไป

งานวิจัยด้านโภชนาการในดาวทะเลมีน้อยมากแต่ในตัวอย่างปลิงทะเลจะมีรายงานการศึกษาที่มากกว่ามีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างดาวทะเล Crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* เพื่อนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์พบปริมาณโปรตีน 19.8 - 22.0% dry weight และพบองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่คล้ายกับใน fish meal พบกรดไขมันน้อย กรดไขมันที่พบจะเป็นพวก Unsaturated fatty acids ในปริมาณ 60%TFA จากรายงานกล่าวว่าในตัวอย่างดาวที่ทำการศึกษาพบ Astaxanthin ในปริมาณที่สูงกว่าในกุ้ง โดยพบปริมาณ 65.4 - 97.4 μg / g (Dry weight) และรายงานการศึกษาสรุปว่า Crown-of-thorns starfish *A. planci* ควรมีการนำมาพัฒนาเป็นองค์ประกอบในอาหารสัตว์เพื่อลดปริมาณ Fish meal, Fish oil และ Carotenoids (Luo, Chao-qun, Jian-jun Xia, Chun-hua & Xiao-Jiang, 2011)

จากการศึกษา Proximate composition และ รูปแบบกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล *Holothuria tubulosa, Holothuria polii* และ *Holothuria mammata* ที่แห้งและปลิงสด จาก Aegean Sea ประเทศตุรกี เพื่อศึกษาผลของพื้นที่และการทำแห้งต่อองค์ประกอบกรดไขมันและคุณค่าอาหารอย่างหยาบ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า พบว่าในตัวอย่างแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<0.05$ ความชื้นมีค่า 81.24% ; 85.24%, โปรตีนมีค่า 7.88%, 8.82%, ไขมัน 0.09%,0.18%, เถ้า 5.13%, 7.85% และพบรูปแบบกรดไขมันมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และในแต่ละชนิด และพบกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน PUFAs (53.0–62.12%), ในปริมาณที่สูงกว่ากรดไขมันชนิดอิ่มตัว SFAs (13.99-19.21%) และชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว MUFAs (13.28–16.41%) และ และเมื่อผ่านการทำแห้งกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (SFAs) บางตัว และชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFAs) บางตัวจะมีปริมาณลดลง แต่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFAs) ส่วนใหญ่กับมีปริมาณสูงขึ้น รายงานกล่าวว่า การทำแห้งมีผลต่อองค์ประกอบกรดไขมัน (FA contents, FA profile) ในตัวอย่างที่ทำการศึกษา

จากการศึกษาหาปริมาณไขมัน และองค์ประกอบกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล 4 ชนิด *Holothuria scabra Jaeger*, *H. leucospilota Brandt, H. atra Jaeger* และ *Stichopus horrens Selenka* จากประเทศมาเลเซีย ทำแห้งโดยอบ ในเตาอบ 70 องศาเซลเซียส พบปริมาณไขมันและกรดไขมันมีความแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของปลิงทะเล โดยพบปริมาณไขมันเท่ากับ 0.72%, 1.42%, 0.99% และ 1.55%. พบกรดไขมัน Arachidonic acid (C20:4n6) ในทุกตัวอย่างที่ศึกษา ปริมาณสูงสุดพบในตัวอย่าง *S. horrens (*42.41%) ตามด้วย *H. atra,* 24.76%, *H. leucospilota,* 23.23% และ *H. scabra,* 19.63%. ตัวอย่าง *H. scabra, H. leucospilota* และ *H. atra* พบกรดไขมัน Palmitic acid (C16:0) เป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีองค์ประกอบกรดไขมันแบบอิ่มตัว Saturated fatty acids (SFA); 52.66%, 35.63% และ 34.21%, ตามลำดับ ส่วน Myristic acid (C14:0) พบปริมาณที่สูงในตัวอย่าง *S. horrens (*24.36%) และจากการศึกษาในทุกตัวอย่าง พบกรดไขมัน Eicosapentanoic acid (EPA) [C20:5] ปริมาณที่ต่ำใน โดยพบในตัวอย่าง *H. scabra* (1.12%)*, H. leucospilota* (1.34%), *H. atra* (0.17%) และ *S. horrens* (0.79%)*,* Docosahexanoic acid (DHA) ตรวจพบเฉพาะในตัวอย่าง *S. horrens* ในปริมาณ 0.32% จากรายงานกล่าวว่าในตัวอย่างปลิงทะเลทั้งสี่ชนิด ตรวจพบกรดไขมัน ARA C20:4n6 เป็นกรดไขมันหลักที่ตรวจพบ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Svetashev, Levin, Cham and Do (1991) ชนิดกรดไขมันที่ตรวจพบจะเป็นไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน; PUFAs ในปริมาณที่สูงกว่า SFAs, MUFAs (Aydin, Sevgili, Tufan, Emre & Kose, 2111) จากการศึกษาสรุปว่า ปลิงทะเลทั้งสี่ชนิด มีศักยภาพที่ดี ในการเป็นแหล่งของกรดไขมัน **ω**-6 ยกเว้นตัวอย่าง *S. horrens* พบ ARA ในปริมาณที่ต่ำ และจากรายงานกล่าวว่าปลิงทะเลที่พบปริมาณ EPA, DHA ในปริมาณที่ต่ำ อาจเป็นเพราะสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน ของแหล่งที่มาของตัวอย่าง ซึ่ง EPA, DHA จะถูกสร้างมาจาก Phytoplankton และ Bacteria บางชนิด ผ่านขบวนการสังเคราะห์ เข้าสู่ ระบบสายใยอาหาร (Food web) ถ้าตัวอย่างมาจากแหล่งที่มี Phytoplankton และ Bacteria ที่อุดมไปด้วย EPA และ DHA ปลิงทะเลที่กิน Phytoplankton และ Bacteria เหล่านี้ ก็จะมีปริมาณ EPA, DHA ที่สูงด้วย (Volkman, Jeffrey, Nichols, Rogers & Garland, 1989; Brown et al., 1993)

จากการศึกษาหาองค์ประกอบกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล สองชนิด *Holothuria scabra* and *Holothuria leucospilata* จาก Qeshm Island, Persian Gulf ของ Yahyavi et al. (2012) โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทรกราฟ พบกรดไขมัน (SFA) ; Palmitic acid (C16:0) และ PUFAs พบ Arachidonic acid (C20:4n6) ในปริมาณที่สูง และ Monounsaturated fatty acids (MUFA) ได้แก่กรดไขมัน Gadoleic acid (C20:1) และ Cis-oleic acid (C18:1n9c), และจากการศึกษาพบกรดไขมัน (**ω**-3) series ปริมาณที่สูงเช่นกัน

จากการศึกษาองค์ประกอบกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล 2 ชนิด *Holothuria scabra* และ *Holothuria leucospilata* จาก Qeshm Island (Persian Gulf) พบชนิดกรดไขมัน Saturated (SFA) Palmitic acid (C16:0) และ Arachidonic acid (C20:4n6) ใน Polyunsaturated fatty acids (PUFA) เป็นชนิดกรดไขมันหลักที่ตรวจพบ ส่วนในกรดไขมันชนิด MUFAs ที่พบ Gadoleic acid (C20:1) กับ Cis-oleic acid (C18:1n9c) และผลการศึกษาแสดงให้เห็นประมาณที่สูงของกรดไขมัน **ω**-3 series (Yahyavi et al., 2012) จากการศึกษาชนิดไขมันและองค์ประกอบกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล *Athyonidium chilensis* จากประเทศ Chile พบ

Phospholipids เป็นไขมันหลักที่ตรวจ ในกรดไขมันชนิด PUFAs กรดไขมัน C20 : 2ω-6, Arachidonic (C20 : 4ω-6) และ Eicosapentaenoic (C20 : 5ω-3) acids เป็นกรดไขมันหลักที่ตรวจพบ (Careaga, Muniain & Maier, 2013) และจากการศึกษาปริมาณไขมัน และกรดไขมันในตัวอย่าง Body wall ของปลิงทะเล *Apostichopus japonicus* (Selenka) พบปริมาณไขมันทั้งหมด 3.93 ± 0.27% dry wt. พบกรดไขมัน PUHAs ในทุกชนิดของไขมัน Arachidonic acid (AA), Eicosapentaenoic acid (EPA) เป็นกรดไขมันหลักที่ตรวจพบ (Lou, Wang, Liu & Xue, 2012)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลต่อองค์ประกอบกรดไขมัน และกรดอะมิโนใน Body wall ของปลิงทะเล *Apostichopus japonicus* ผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบไขมัน โปรตีน กรดอะมิโน มีความแตกต่างกัน (P<0.05) Alanine, Glycine, Glutamic acid และ Asparagic acid เป็นกรดอะมิโนหลักที่พบ EPA (20:5n-3), AA (20:4n-6) และ DHA (22:6n-3) เป็นกรดไขมันหลักที่พบในกลุ่ม Polyunsaturated fatty acids (PUFA) ส่วนกรดไขมันพบ SFAs, PUFAs มีความแตกต่างกัน ส่วน MUFAs ไม่แตกต่างกัน ผู้วิจัยกล่าวว่า องค์ประกอบทางชีวเคมีของ Body wall ในปลิงทะเล *A. japonicus* จะแปรเปลี่ยนตามฤดูกาล และ Body wall เป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน, MUFA และ n-3 PUFA สำหรับมนุษย์ (Gao, Xu & Yang, 2011)

จากการศึกษาองค์ประกอบไขมัน กรดไขมัน และ Sterols ในตัวอย่างดาวเปราะ (Ophiuroids) สองชนิด และในตัวอย่างปลิงทะเล (Holothurians) 4 ชนิด จาก Abyssal ตะวันออกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก, California เพื่อนำข้อมูลกรดไขมัน ไขมัน และ Sterols ที่ได้มาเป็นบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biomarkers) โดยประเมินพฤติกรรมจากการกินอาหาร และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสายใยอาหาร (Food web) และนิเวศวิทยา ของผู้บริโภคในขั้นสูง ในระบบนิเวศ ผลการศึกษาพบว่า ในปลิงทะเลอุดมไปด้วย Phytosterols และ Algal ทำให้พบกรดไขมัน DHA, EPA ตรวจพบกรดไขมันแบบ Unusual fatty acids เช่น Tetracosahexaenoic acid, 24:6ω3, ในดาวเปราะ และพบ 23:1 กรดไขมัน αOH 24:1 ในปลิงทะเล (Drazen, Phleger, Guest & Nichols, 2008)

จากการศึกษาของ Teruya, Suenaga, Koyama, Nakano and Uemura (2001) เกี่ยวกับการให้อาหารดึงดูด (Feeding attractants) ของกรดไขมัน C20:4n6; Arachidonic acid และ C18:3n3; α-linolenic acid ที่มีต่อดาวมงกุฎหนาม ในน่านน้ำอินโดแปซิฟิค ดาวมงกุฎหนาม (Crown-of-thorns sea star *Acanthaster planci*) จะเป็นผู้บริโภคแนวปะการัง และมีการศึกษาพบว่าในอวัยวะภายในของปลิงทะเล *Toxopneustes pileolus* มีการผลิต Feeding attractant สำหรับดาวมงกุฎหนาม จากการทำ Bioassay โดยคัดแยกกรดไขมัน Arachidonic acid และ α-linolenic acid จากปลิง *T. pileolus* ให้เป็น Feeding attractants และพบว่าดาวทะเล *A. planci* จะ Attracted กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนแต่กรดไขมัน Eicosapentaenoic acid, Docosahexaenoic acid และ Linoleic acid ไม่แสดง Activity (Teruya et al., 2001) จากการศึกษาแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของกรดไขมัน ARA C20:4n6; Arachidonic acid ซึ่งกรดไขมันตัวนี้ถูกตรวจพบปริมาณสูงในปลิงทะเลที่ทำการศึกษาเช่นกัน จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาผสมในวัตถุดิบอาหารสำหรับกุ้งตัวตลก

มีรายงานกล่าวว่า ดาวทะเล *A. planci* มีสารประกอบที่สำคัญ ทั้ง Primary และ Secondary metabolites เช่น Uracil deoxyribosidase, Unsaturated fatty acid,

Polyunsaturated fatty acid, Docosahexenoic acid, Arachidonic acid, α-linolenic acid, Terpenoid, Glycosides steroid, Alkaloid, Flavonoid, Lectin, Sterol และ Saponin (Shiomi et al.,1990; Westendorf, 1999; Teruya et al., 2001; Bakhuni & Rawat, 2005; Kelly, 2005; Lou et al., 2012; Sima & Vetvicka, 2011) ตลอดจน พบว่า ดาวทะเล *A. planci* เป็น Biological activities โดยประกอบด้วยฤทธิ์ Antifungal, Antibacterial, Cytotoxicit, Anticoagulant และ Immunostimulatory (Andersson et al., 1989; Koyama, Katsuhiko, Yoko & Matao, 1999; Faulkner, 2002; Kamel & Slattery, 2005; Moore, 2006)

เปรียบเทียบชนิดและปริมาณกรดไขมันในปลิงกับดาวแดง

จากการศึกษาชนิดละปริมาณกรดไขมันในดาวแดง *Linckia multifora* (AS1) พบคุณลักษณะเด่นของกรดไขมันเป็นชนิดอิ่มตัว (SFA) รองลงมาเป็นชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) และชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) โดยพบในปริมาณ 25.9, 14.3 และ 4.6 %TFA ตามลำดับ กรดไขมันหลักที่พบ ได้แก่ C16 : 0, C18 : 0, C20 : 4n6 และ C20 : 5n3 ส่วนในตัวอย่างปลิงทะเลพบคุณลักษณะกรดไขมันแตกต่างกัน โดยในตัวอย่างปลิง *Stichopus horrens* (GSC1) และ *Holothuria* (*Mertensiothuria*) *leucospilota (*GSC2) พบคุณลักษณะเด่นของกรดไขมันเป็นชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (24.1, 24.3%TFA) รองลงมาเป็นชนิดอิ่มตัว (20.0, 19.6%TFA) และไม่อิ่มตัวเชิงเดียว (3.6, 4.5 %TFA) ส่วนในตัวอย่างปลิง *Cercodemas anceps* (GSC3) และ *Colochirus quadrangularis* (GSC4) พบคุณลักษณะเด่นของกรดไขมันเป็นชนิดอิ่มตัว (25.0, 27.0%TFA) รองลงมาเป็นชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (22.3, 20.9%TFA) และชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (15.7%TFA) กรดไขมันหลักที่พบ ได้แก่ C16 : 0, C18 : 0, C20 : 4n6 และ C20 : 5n3 เช่นเดียวกับที่พบในดาวแดง จากการทดสอบทางสถิติพบปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเลและดาวแดงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่าปลิง *C. anceps* (GSC3) และ *C. quadrangularis* (GSC4) มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมดเป็นองค์ประกอบมากกว่าดาวแดง ($P<0.05$) แต่ปลิง *S. horrens* (GSC1) และ *H. leucospilota (*GSC2) มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมดในปริมาณมากกว่าดาวแดง ($P<0.05$) และพบกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมดน้อยกว่าดาวแดง ($P<0.05$) กรดไขมันจำเป็นสายยาว C20 : 4n6 และ C20 : 5n3 ถูกตรวจพบทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษาแต่ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยตัวอย่างปลิง *S. horrens* และปลิง *H. leucospilota* ตรวจพบกรดไขมัน C20 : 4n6 ในปริมาณ 20.1,17.3%TFA ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าดาวแดง *L. multifora* ที่พบในปริมาณ 9.1%TFA กรดไขมัน C20 : 5n3 พบสูงสุดในตัวอย่างปลิงทะเล *C. quadrangularis* (GSC4) ในปริมาณ 8.8 %TFA ซึ่งสูงกว่าดาวแดง ที่ตรวจพบเพียง 1.5 %TFA แต่ C22 : 6n3 พบเฉพาะในปลิง *C.anceps* และ *C. Quadrangularis* ในปริมาณ 2.6 และ 1.6 %TFA ตามลำดับ (ตารางที่ 19) ซึ่งจะเห็นได้ว่าในตัวอย่างปลิงทะเลมีชนิดกรดไขมันเช่นเดียวกับในตัวอย่างดาวแดง แต่ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่พบจะสูงกว่า จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาผลิตเป็นอาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งตัวตลก ปลิงทะเลเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำเค็มชนิดหนึ่ง มีคุณประโยชน์มากมายด้านการแพทย์ ด้านสุขภาพ ซึ่งในเนื้อของปลิงทะเลอุดมไปด้วยสารอาหารหลายชนิดที่เป็นประโยชน์ (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516)

จากรายงานการวิจัยการศึกษาองค์ประกอบไขมันในตัวอย่างปลิงทะเลจากแหล่งต่าง ๆ กรดไขมัน C20:4n6 เป็นชนิดกรดไขมันที่ถูกตรวจพบในปริมาณที่สูงเช่นกัน และคุณลักษณะกรดไขมันส่วนใหญ่จะเป็นชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Svetashev et al.,1991; Jais, McCulloch & Croft, 1992; Aydin et al., 2011; Ridzwan, Hanita, Nurzafirah, Siti Norshuhadaa & Hanis, 2014) และจากการศึกษาของ Aydın et al. (2011) รายงานว่ารูปแบบกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเลมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และในแต่ละชนิด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ ดังนั้นควรทำการศึกษาองค์ประกอบกรดไขมันของปลิงทะเลจากแหล่งต่าง ๆ ของประเทศไทย เพื่อคัดเลือกและนำมาพัฒนาเป็นสูตรอาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งตัวตลก หรือสัตว์น้ำอื่น ๆ ต่อไป

จากการศึกษาผลของอาหารต่อการเจริญเติบโตพฤติกรรมการกินอาหาร การตาย และการเจริญพันธุ์ของกุ้งการ์ตูน/ กุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงของ จารุนันท์ ประทุมยศ และคณะ (2556) โดยผู้วิจัยกล่าวว่ากุ้งการ์ตูนเป็นกุ้งทะเลขนาดเล็ก ที่มีสีสันสวยงาม มีมูลค่าในการซื้อขายสูง อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งการ์ตูนโดยทั่วไปคือดาวแดงซึ่งเป็นข้อจำกัดของการเลี้ยงเพราะดาวแดงมีราคาแพง ถูกนำมาในปริมาณมาก ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาอาหารชนิดอื่นเพื่อใช้ทดแทน โดยทำการศึกษาพฤติกรรมการยอมรับอาหารแต่ละชนิดของกุ้งการ์ตูน ชนิดอาหารที่ใช้ทดลอง คือ ดาวแดง (*L. multiflora*) ดาวทราย (*Astropecten* sp.) ดาวแสงอาทิตย์ (*Holothuria leucospilota*) โดยทำการอดอาหารกุ้งการ์ตูนอายุ 2 เดือน จำนวน 15 ตัว เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ก่อนการทดลองในตู้ทดลองขนาด 15 x 30 x 25 ซม. หลังจากกุ้งการ์ตูนปรับตัวครึ่งชั่วโมงในตู้ทดลอง แล้วจึงใส่อาหารแต่ละชนิดลงตู้ทดลองในอัตราส่วนกุ้งการ์ตูน : อาหาร 1 : 1 ทำการบันทึกเวลาและพฤติกรรมกุ้งการ์ตูนด้วยกล้องดิจิตอลและกล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหว พบว่ากุ้งการ์ตูนยอมรับดาวทรายเป็นอาหารเร็วที่สุดและแตกต่างจากการยอมรับดาวอาทิตย์และดาวแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีพฤติกรรมการยอมรับดาวทราย คือ กุ้งการ์ตูนล่าดาวทรายอย่างรวดเร็วในครั้งแรกที่เจอดาวทรายและเกาะบนตัวดาวทรายตลอดเวลาก่อนที่จะพลิกให้หงายท้อง พฤติกรรมการยอมรับดาวแสงอาทิตย์และดาวแดงของกุ้งการ์ตูนคือการเดินสำรวจบนขาของดาวทั้งสองชนิดก่อนที่จะกินเป็นอาหาร แสดงว่าพฤติกรรมการกินอาหารของกุ้งการ์ตูนเกี่ยวข้องกับการมองเห็นเหยื่อและการได้รับสัมผัสสารเคมีที่มีในน้ำจากดาวทะเลจากการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยสรุปว่าดาวทรายและดาวแสงอาทิตย์สามารถนำมาเป็นอาหารทดแทนดาวแดงได้ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยกล่าวว่าควรมีการศึกษาในระยะยาวถึงผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งการ์ตูนด้วยอาหารทดแทนเหล่านี้ต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์และการอดตายของกุ้งการ์ตูนต่อไป จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าดาวทรายและดาวแสงอาทิตย์มีคุณค่าอาหารที่ดี และพบสัดส่วนปริมาณ n-3 : n-6 ในตัวอย่างปลิง *S. horrens (*GSC1) มีค่าใกล้เคียงกับดาวแดง ดังนั้นกรดไขมันจากปลิงทะเล ดาวทราย และดาวแสงอาทิตย์น่าจะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของแหล่งวัตถุดิบอาหาร ในการนำมาพัฒนาเป็นสูตรอาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งตัวตลก และการศึกษาพฤติกรรมการยอมรับอาหารสำเร็จรูปของกุ้งตัวตลกโดยใช้ปลิงทะเลเป็นแหล่งวัตถุดิบต้องมีการศึกษาต่อไป

การศึกษาครั้งนี้พบองค์ประกอบกรดไขมัน ในตัวอย่างปลิงทะเลใกล้เคียงกับในตัวอย่างดาวแดง แต่ในปลิงทะเลพบปริมาณกรดไขมันจำเป็นโซ่ยาวสูงกว่า ในตัวอย่างปลิงทะเล *S. horrens* (GSC1) และ *H. leucospilota (*GSC2) พบกรดไขมัน ARA ในปริมาณที่สูง และตัวอย่างปลิงทะเลทุกชนิดที่ทำการศึกษาพบกรดไขมัน EPA ในปริมาณที่สูงกว่าเช่นกัน ส่วนกรดไขมัน DHA พบเฉพาะใน

ปลิง *C.anceps* (GSC3) และ *C. Quadrangularis* (GSC4) โดยปริมาณกรดไขมันจำเป็นโซ่ยาวในปลิงทะเลจะแตกต่างกัน จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำปลิงทะเลมาพัฒนาเป็นสูตรอาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งตัวตลกโดยต้องพิจารณาคัดเลือกตัวอย่างปลิงทะเลที่มีองค์ประกอบกรดไขมันที่เหมาะสมต่อไป

อีกหนึ่งทางเลือกของแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสำหรับดาวทะเล คือ สาหร่ายสกุล *Sargassum* เป็นสาหร่ายที่มีขนาดใหญ่ ประเทศไทยพบมากกว่า 12 ชนิด มีการแพร่กระจายทั้งฝั่งทะเลอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน ซึ่งในระบบนิเวศทางทะเลนับว่าเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นและมีความสำคัญเช่นเดียวกับป่าชายเลนและหญ้าทะเล พร้อมทั้งสามารถนำมาใช้มีประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เนื่องจากสาหร่าย *Sargassum* มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds) ได้แก่ Fucoidan, Alginate, Polyphenols, Terpenoids, Flavonoids, Sterols, Sulfated polysaccharides, Sargaquinoic acids, Sargachromenol และ Pheophytine เป็นต้น ส่วนคุณค่าทางอาหาร ได้แก่ Vitamins, Carotenoids, Dietary fibers, Proteins, Chlorophyll และ Minerals มีรายงานพบว่า สารสกัดจากสาหร่ายสกุล Sargassum ที่พบในประเทศไทยมีศักยภาพในการนำมาพัฒนา (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2527; Noiraksa, Ajisaka & Kaewsuralikhit, 2006) ซึ่งสาหร่ายเป็นทรัพยากรภายในประเทศที่มีมากควรมีการนำไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 19 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงและดาวทะเล AS1 (%TFA) mean±sd

Fatty acid	GSC1	GSC2	GSC3	GSC4	AS1
C10:0	nd	nd	nd	nd	nd
C12:0	nd	nd	nd	nd	nd
C13:0	nd	nd	nd	nd	nd
C14:0	1.7 ± 0.1^{a}	1.6 ± 0.0^{a}	0.9 ± 0.03^{b}	1.0 ± 0.01^{b}	1.4 ± 0.3^{a}
C14:1	nd	nd	nd	nd	nd
C15:0	0.2 ± 0.3^{c}	0.19 ± 0.3^{c}	1.1 ± 0.1^{a}	0.9 ± 0.01^{b}	nd
C15:1	nd	nd	0.4±0.03	nd	nd
C16:0	7.3 ± 0.1^{b}	7.1 ± 0.2^{ab}	9.9 ± 0.5^{a}	9.7 ± 0.1^{b}	8.7 ± 2.3^{b}
C16:1n7	1.0 ± 0.1^{b}	1.8 ± 0.1^{b}	13.5 ± 0.7^{a}	13.2 ± 0.1^{a}	1.2 ± 0.1^{b}
C17:0	3.1 ± 0.2^{a}	3.9 ± 0.7^{a}	0.6 ± 0.02^{b}	0.7 ± 0.01^{b}	5.9 ± 0.6^{a}
C17:1	0.9 ± 0.6^{a}	0.9 ± 1.5^{a}	nd	0.4 ± 0.2^{b}	nd
C18:0	5.1 ± 0.2^{d}	4.0 ± 0.05^{d}	10.0 ± 0.5^{b}	11.7 ± 0.1^{a}	7.6 ± 1.0^{c}
C18:1n9	1.7 ± 0.5^{c}	1.2 ± 0.2^{c}	7.5 ± 0.8^{a}	7.3 ± 0.2^{a}	3.4 ± 0.3^{b}
C18:2n6	tr	tr	tr	tr	1.5±0.2
C18:3n6	0.45 ± 0.8^{d}	tr	0.6 ± 0.03^{c}	0.8 ± 0.01^{b}	2.3 ± 0.1^{a}
C18:3n3	tr	0.9±0.03	tr	tr	tr

ตารางที่ 19 (ต่อ)

Fatty acid	GSC1	GSC2	GSC3	GSC4	AS1
C20:0	2.6±0.4^{a}	1.5±0.05^{c}	1.8±0.1^{bc}	2.7±0.01^{a}	2.2±0.1^{ab}
C20:1n9	nd	0.57±0.5^{b}	0.9±0.1^{a}	nd	nd
C20:2	1.5±0.3^{a}	1.8±0.3^{a}	0.5±0.04^{b}	0.8±0.02^{b}	nd
C20:3n6	tr	tr	0.6±0.01	0.6±0.01	tr
C20:4n6	20.1-0.7^{a}	17.3-0.7	3.8-0.2^{d}	3.1-0.08^{d}	9.1-0.4^{c}
C20:5n3	2.0±0.2^{d}	4.3±0.1^{c}	7.6±0.5^{b}	8.8±0.2^{a}	1.5±0.1^{d}
C22:0	nd	nd	nd	nd	nd
C22:2	nd	nd	nd	nd	nd
C23:0	nd	1.3±0.1^{a}	0.4±0.02^{b}	0.3±0.03^{b}	nd
C24:0	nd	nd	0.3±0.03	nd	nd
C22:6n3	tr	tr	2.6±0.1^{a}	1.6±0.2^{a}	tr
C24:1n9	nd	nd	nd	nd	nd
SFAs	20.0±2.4^{bc}	19.6±0.7^{c}	25.0±0.8^{ab}	27.0±0.2^{a}	25.9±3.7^{a}
MUFAs	3.6±0.4^{c}	4.5±0.3^{bc}	22.3±1.3^{a}	20.9±0.2^{a}	4.6±0.4^{b}
PUFAs	24.1±1.3^{a}	24.3±0.6^{a}	15.7±0.8^{b}	15.7±0.1^{b}	14.3±0.1^{b}
$\Sigma n-3$	2.1	5.2	10.2	10.4	1.6
$\Sigma n-6$	20.7	17.5	5	4.6	13
$\Sigma n-3:\Sigma n-6$	0.1	0.3	2	2.3	0.1

Data are the mean ± sd of three replicates. Different superscript letters in the same row highlight statistical differences at P≤0.05 between test groups. tr = less than 0.05%, nd= not detected

สรุปผล

ในการศึกษาในครั้งนี้ตัวอย่างดาวทะเล และปลิงทะเล เป็นตัวอย่างที่มีคุณค่าอาหารที่ดี มีชนิดกรดไขมันจำเป็นสำหรับการอยู่รอดของสัตว์น้ำวัยอ่อนที่ดี โดยเฉพาะตัวอย่างดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata (*AS4), ดาวทราย *Astropecten polyacanthus* (GS2), ดาวแสงอาทิตย์ *L. maculate* (GS3) ปลิงทะเลสีดำ *H. leucospilota* (GSC2), ปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว *C. quadrangularis* Troschel (GSC4) ซึ่งพบว่าในตัวอย่างปลิงทะเลมีชนิดกรดไขมันเช่นเดียวกับในตัวอย่างดาวแดง แต่ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนจะสูงกว่า จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำปลิงทะเลมาพัฒนาเป็นสูตรอาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งตัวตลก โดยต้องพิจารณาคัดเลือกตัวอย่างปลิงทะเลที่มีองค์ประกอบกรดไขมันที่เหมาะสมต่อไป

ผลผลิต (Output)

1. นำเสนอแบบโปสเตอร์ ในการประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 18 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 23-24 มกราคม พ.ศ. 2560 เรื่อง องค์ประกอบกรดไขมันในปลิงทะเลและดาวแดง

2. ตีพิมพ์ในวารสารแก่นเกษตร

ณิษา สิรนนท์ธนา, จารุนันท์ ประทุมยศ, ชนะ เทศคง, สุเมตต์ ปุจฉาการ และวีณา เคยพุดซา (2560) องค์ประกอบกรดไขมันในปลิงทะเลและดาวแดง วารสารแก่นเกษตร 45 ฉบับพิเศษ 1 หน้า 816-824 (Siranonthana, N., Pratoomyot, J., Teskong, C., Putchakarn, S., & Koeypudsa, W. (2017). Fatty acid compositions in sea cucumbers and a sea star. KHON KAEN AGR. J. 45 SUPP. 1 p. 816-824)

องค์ประกอบกรดไขมันในปลิงทะเลและดาวแดง

Fatty acid compositions in sea cucumbers and a sea star

ณิษา สิรนนท์ธนา[1*], จารุนันท์ ประทุมยศ[1], ชนะ เทศคง[1] สุเมตต์ ปุจฉาการ[1] และวีณา เคยพุดซา[2]

Nisa Siranonthana[1*], Jarunan Pratoomyot[1], Chana Teskong[1] Sumaitt Putchakarn[1] and Weena Koeypudsa[2]

บทคัดย่อ: ในการทดลองนี้วิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมันโดยวิธี Gas chromatography flame Ionization detector (GC-FID) ในปลิงทะเล 4 ชนิดเปรียบเทียบกับดาวแดง *Linckia multifora* (AS1) ซึ่งเป็นอาหารธรรมชาติของกุ้งตัวตลก ผลการศึกษาพบว่าปลิง *Cercodemas anceps* (GSC3) และ *Colochirus quadrangularis* (GSC4) มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวเป็นองค์ประกอบมากกว่าดาวแดง ในปริมาณ 22.3, 20.9 และ 4.6 %TFA ตามลำดับ (P<0.05) แต่ปลิง *Stichopus horren* (GSC1) และ *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota (*GSC2) มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเป็นองค์ประกอบมากกว่าดาวแดง ในปริมาณ 24.1, 24.3 และ 14.3% TFA ตามลำดับ (P<0.05) ซึ่ง C16 : 0, C18 : 0 และ C16 :1n7 เป็นองค์ประกอบหลักของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว ทุกตัวอย่างพบกรดไขมันจำเป็นสายยาว ได้แก่ C20 : 4n6 พบสูงสุดในปลิง *S. horrens* ในปริมาณ 20.1 % TFA ส่วนดาวแดงพบเพียง 9.1 %TFA และ C20 : 5n3 พบสูงสุดในปลิง *C. quadrangularis* ในปริมาณ 8.8 %TFA ส่วนดาวแดงพบ 1.5 % TFA แต่ C22 : 6n3 พบเฉพาะในปลิง *C.anceps* และ *C. Quadrangularis* จากการศึกษาครั้งนี้สรุปพบปริมาณกรดไขมันจำเป็นสายยาวในปลิงทะเลชนิดที่แตกต่างกัน จึงเป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการนำมาประกอบสูตรอาหารสำเร็จรูปของกุ้งตัวตลกต่อไป

คำสำคัญ: กรดไขมัน/ ปลิงทะเล/ ดาวทะเล/ กุ้งตัวตลก

Abstract: The fatty acid profile of the comet sea star, *Linckia multifora*, the favored prey item of harlequin shrimp, and four sea cucumbers, potential alternative live feeds, were determined using a GC-FID. While the sea cucumbers *Cercodemas anceps* and *Colochirus quadrangularis* contained significantly higher levels of total monounsaturated fatty acids (MUFAs) than *L.multifora* (22.3, 20.9 and 4.6%TFA), the sea cucumbers *Stichopus horrens* and *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* had higher levels of total polyunsaturated FA than *L.multifora (*24.1, 24.3 and 14.3%*).* Within these, the main SFAs were C16 : 0 and C18 : 0, while the principal MUFA was C16 : 1n7. All samples had high quantities of the highly unsaturated FAs (HUFAs) C20:4n-6 was found the highest amount in *S. horrens* 20.1 % whereas in *L.multifora* was found 9.1% and C20:5n-3 was found the highest amount in *C. quadrangularis* 8.8 %, *L.multifora* was found 1.5%. The results highlight that the HUFA profile varies between species and this must be factored in when formulating artificial diets for harlequin shrimp.

KEY WORDS: FATTY ACID/ SEA CUCUMBER/ SEA STAR/ HARLEQUIN SHRIMP

[1]สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ต. แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี 20131
Institute of Marine Science Burapha University Chonburi 20131
[2]ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Department of Veterinary Medicine Faculty of Veterinary Science Chulalongkorn University
[*]Corresponding author: nisas@buu.ac.th

3. นำเสนอแบบโปสเตอร์ในการประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 8 ระหว่างวันที่ 27-28 มีนาคม 2560 เรื่อง องค์ประกอบโปรตีน ไขมันและกรดไขมันจำเป็นในสาหร่าย *Sargassum polycystum* C. Agardh บริเวณเกาะแสมสาร อ. สัตหีบ จ.ชลบุรี

องค์ประกอบโปรตีน ไขมันและกรดไขมันจำเป็นในสาหร่าย *Sargassum polycystum* C. Agardh บริเวณเกาะแสมสาร อ. สัตหีบ จ.ชลบุรี

Protein, lipid and essential fatty acid composition of *Sargassum polycystum* C. Agardh from Samaesarn Islands, Sattahip, Chon Buri

ณิษา สิรนนท์ธนา[1] ธิดารัตน์ น้อยรักษา[1] จารุนันท์ ประทุมยศ[1] และจุฑามาศ สร้อยคีรี[2]

Nisa Siranonthana[1], Thidarat Noiraksar[1], Jarunan Pratoomyot[1] and Juthamas Sroikiri[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *Sargassum polycystum* C. Agardh ที่เก็บจากบริเวณเกาะแสมสาร อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี ในเดือน มีนาคม พ.ศ. 2558 หลังจากทำให้แห้งด้วยการผึ่งแดดเป็นระยะเวลา 3 วัน การอบในเตาอบอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสระยะเวลา 72 ชั่วโมง และการทำแห้งแบบ Freeze drying ระยะเวลา 72 ชั่วโมงพบว่าสาหร่ายที่ Freeze drying มีปริมาณโปรตีน (4.89%) และไขมัน (0.26) มากกว่าสาหร่ายที่ทำแห้งแบบผึ่งแดด (3.65% และ 0.17% ตามลำดับ) และอบแห้ง (4.11% และ 0.16% ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และผลการศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันจำเป็นพบว่าสาหร่าย *S. polycystum* มีกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3 และโอเมกา 6 เป็นองค์ประกอบ โดยสาหร่ายที่ทำให้แห้งด้วยวิธีการผึ่งแดด การอบในเตาอบและการทำแห้งแบบ freeze drying มีกรดไขมันไลโนเลนิก (Linolenic acid; C18:3n-3) ร้อยละ 4.52, 4.56 และ 4.63 ของกรดไขมันโดยรวม มีกรดไขมันอีพีเอ (Eicosapentaenoic acid, C20:5n-3) ร้อยละ1.81,1.82 และ 1.84 ของกรดไขมันโดยรวม และมีกรดไขมันเออาร์เอ (Arachidonic acid, C20:4n-6) ร้อยละ 7.18, 7.23 และ, 7.35 ของกรดไขมันโดยรวม แต่ในการศึกษานี้ไม่พบกรดไขมันจำเป็นไลโนเลอิค (Linoleic acid; C18:2n6) และกรดไขมันดีเอชเอ (Docosahexaenoic acid; C22:6n-3)

Abstract

The nutritional composition of *Sargassum polycystum* C. Agardh collected from the Samaesarn Islands, Sattahip, Chon Buri in March 2016, was investigated. The *S. polycystum* samples were dehydrated by either: 1) drying under the sun for a period of 3 days; 2) drying in an oven at 45°C for 72 h; or, 3) by freeze-drying for 72 h. The freeze-dried *S. polycystum* contained 4.89% protein and 0.26% lipid which was found to be significantly) $p<0.05$(higher than the levels found in the sun-dried (3.65% and 0.17% respectively) and oven-dried samples (4.11 % and 0.16% respectively(. The essential fatty acid families, n-3 and n-6, were found to be present in all samples. Linolenic acid (C18:3n-3) was found in the sun-dried, oven-dried and freeze-dried samples as 4.52%, 4.56% and 4.63% of the total fatty acid content (TFAs) respectively. Eicosapentaenoic acid (C20:5n-3) was found as 1.81%, 1.82% and 1.84% of the TFA content, while the proportion of arachidonic acid (C20:4n-6) was 7.18%, 7.23% and 7.35% of the TFA content. No linoleic acid (C18:2n6) or docosahexaenoic acid (DHA, C22:6n-3) was detected in any of the *S. polycystum* samples prepared by the three methods.

Key Words : Nutrition, Fatty acid, Sargassum

*Corresponding author. e-mail : **nisas@buu.ac.th**

[1]สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131,

[1]Institute of Marine Science, Burapha University, Bangsaen, Chon Buri 20131,

[2]ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131

[2] Department of Biotechnology, Faculty of Science, Burapha University, Bangsaen, Chon Buri 20131

บรรณานุกรม

กรมประมง. (2550). *ดาวทะเล.* เข้าถึงได้จาก www.fisherie.go.th/marine/KnowladgeCenter/knowledge/Starfish/Starfish.html

กลุ่มวิจัยอาหารสัตว์น้ำ. (2534). *อาหารสัตว์น้ำ.* กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง.

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์ . (2527). *สาหร่าย.* กรุงเทพฯ: คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กุ้งตัวตลก (Harlequin shrimp). เข้าถึงจาก www.talaythai.com/issue /save/save03.html

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. (2549). *อาหารและการให้อาหารสัตว์น้ำ.* คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำภาควิชาเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/section2/.../lession4.htmCachedSimilar

จารุนันท์ ประทุมยศ, วรเทพ มุธุวรรณ, ณัฐวุฒิ เหลืองอ่อน, วิรชา เจริญดี และวิไลวรรณ พวงสันเทียะ. (2556). *ผลของอาหารต่อการเจริญเติบโต การตาย และการเจริญพันธุ์ของกุ้งการ์ตูน (Hymenocera picta) ที่เกิดจากการเพาะเลี้ยง.* รายงานการวิจัย เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ดาวัลย์ ฉิมภู่. (2550). *ชีวเคมี* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนาภรณ์ จิตตปาลพงศ์. (2557). *การสร้างสูตรอาหารสัตว์น้ำและสูตรอาหารสัตว์น้ำเศรษฐกิจราชการบริหารส่วนกลาง กรมประมง.* ม.ป.ท.

มัทนา แสงจินดาวงษ์. (2516). *การศึกษาชนิดและคุณค่าทางอาหารของปลิงทะเลของไทย.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นฤมล อัศวเกศมณี. (2549). *อาหารและการให้อาหารปลา.* สงขลา: คณะเทคโนโลยี การเกษตร มหาวิทยาลัย ราชภัฏสงขลา.

บพิธ จารุพันธุ์ และ นันทพร จารุพันธุ์. (2546). *สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง 2*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บพิธ จารุพันธุ์และนันทพร จารุพันธุ์. (2547). *สัตววิทยา.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประดิษฐ์ มีสุข. (2547). *ชีวเคมีเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ประเสริฐ สีตะสิทธิ์, มะลิ บุณยรัตนผลิน และนันทิยา อุ่นประเสริฐ. (2525). *อาหารปลา.* สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง.

ปาริชาติ สักกะทำนุ. (2544). *สุขภาพลำไส้ใหญ่ และ FOS โอลิโกฟรุกโตส.* กรุงเทพฯ: รวมทรรศน์.

เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ. (2543). *อ้อยในฐานะเป็นพืชสมุนไพร*. เข้าถึงได้จาก http://www.e-busitrade.com/Noble_Sugar_Cane_2_index.htm

พิทักษ์ สูตอนันต์. (2552). *ชีวเคมีทั่วไป.* ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

พิมพร วัชรางค์กุล. (ม.ป.ป.). *กรดไขมันโอเมก้า 3 ในสัตว์น้ำ*. เข้าถึงได้จาก http://advisor.anamai.moph.go.th/211/21102.html

พัชรี บุญศิริ, เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ และอุบล ชาอ่อน. (2551). *ชีวเคมี* (พิมพ์ครั้งที่ 5). ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา.

รินปวีร์ เกตุมณี, ปริญญา สุทธินนท์, สมพิศ แย้มเกษม และวาริช ตนุภัทรสรณ. (2553-2555). *การอนุบาลกุ้งตัวตลก (Hymenocera picta Dana, 1852)*. รายงานการวิจัย ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งระยอง.

วิเชียร ยงมานิตชัย. (2551). นักวิจัย มก. พบสาหร่ายเซลล์เดียว ผลิตอาหารเสริมกุ้ง ต้นทุนต่ำ อัตราการรอดสูง. เข้าถึงได้จาก http://www.dailynews.co.th/web/html

ศุภศิษฐ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์. (2541). *ชีวเคมีพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: พิมพ์ท๊อป.

สมศักดิ์ วรคามิน. (2552). *โอเมก้า 3 น้ำมันปลา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาวิตรี ลิ่มทอง. (2549). *ยีสต์: ความหลากหลายและเทคโนโลยีชีวภาพ.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุพิศ ทองรอด. (2535). ความสำคัญของไขมันในอาหารสัตว์น้ำ. *วารสารการประมง, 45*(4), 943-950.

สุเมตต์ ปุจฉาการ. (2541). *การศึกษาอนุกรมวิธานของเอคไคโนเดิร์มบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก.* รายงานการวิจัย เสนอต่อ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

อาภัสสรา ชมิดท์. (2543). *ชีวเคมี* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: รั้วเขียว.

Abbey, M., & Nestel, P. J. (1994). Reduction of blood pressure and plasma triglycerides by omega 3 fatty acids. *Journal of Hypertens, 12*, 1041-1045.

Akiyama, D. M., Dominy, W. G., & Lowrence, A. L. (1991). Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry: Revised. In: *Proceeding of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. American Soybean Association. Singapore. pp. 80-90.*

Adler, A. J., & Holub, B. J. (1997). Effect of garlic and fish - oil supplementation on serum lipid and lipoprotein concentrations. *Am J, Clin Nutr.*

Albert, C. M., & Hennekens, C. H. (1998). Fish consumption and risk of sudden cardiac death. *JAMA*, *279* (1), 23 - 28.

Andersson, l., Bohlin, L., Lorizzi, M., Raffaele, R., Minale, L., & Moreno, L. W. (1989). Biological activity of Saponins and Saponin-like compounds from Starfish and Brittle-Stars. *Journal of Tocixon, 27*(2), 179-188.

Anderson, G. J. (1994). Developmental sensitivity of the brain to dietary n - 3 fatty acid. *J Lipid Res*, *35*, 105-110.

AOAC. (2000). American society of analytical chemistry and preparation method. 999.10.

Aslan, A., & Triadafilopoulos, G. (1992). Fish oil fatty acid supplementation in active ulcerative colitis Am. *J Gastroenterol*, *87*(4), 432-437.

Aydin, M., Sevgili, H., Tufan, B., Emre, Y., & Kose, S. (2011). Proximate composition and fatty acid profile of three different fresh and dried commercial sea cucumbers from Turkey. *Inter J Food Sci Tech., 46*(3), 500-508.

Bakhuni, D. S., & Rawat, D. S. (2005). *Bioactive marine natural product*. New Delhi, India: Anamaya Publishers.

Birch, D. G., & Hoffman, D. R. (1992). Retinal development in very-low-birth-weight infants fed diets differing in omega 3 fatty acid. *Ophthalmol Sci*, *33*(8), 2365-2376.

Brown, M. R., Dunstan, G. A., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K., Barrett, S. M., & LeRoi, J. M. (1993). The influence of irradiance on the biochemical composition of the Pyrmnesiophyte isochrsis sp. (clone t-iso). *J. Phycol, 29*, 601-612.

Calfo A., & Fener, A. (2003). Reef Invertebrates. PA, USA

Careaga, V. P., Muniain, C., & Maier, M. S. (2013). Fatty acid composition of the edible sea cucumber *Athyonidium chilensis. Journal Natural Product Research, 27*(7), 639-647.

Christie, W. W. (2003). *Lipid analysis: Isolation, Separation, Identification and structural analysis of lipids* (3rd ed.). Bridgewater, UK.: The Oily Press.

Clark, A. M., & Rowe, F. W. E. (1971). Monograph of shallow-water Indo-West Pacific Echinoderms. Trustees of the British Museum (Natural History), London.

Cortes, J. (1997). Biology and geology of eastern Pacific coral reef. *Coral Reefs, 16*(5), s39-s46.

Delaunay, M. M., Amici, J. H., & Avril, M. F. (1991). Chirurgie des metastases pulmonaires et criteres d'operabilite. *Ann Dermatol Venereol, 118*, 287-295.

Drazen, J. C., Phleger, C. F., Guest, M. A., & Nichols, P. D. (2008). Lipid, sterols and fatty acid composition of abyssal holothurians and ophiuroids from the North-East Pacific Ocean: Food web implications. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B, 151*, 79–87.

Ergas, D., Eilat, E., Mendlovic, S., & Sthoeger, Z. M. (2002). n-3 Fatty acid and the immune system in autoimmunity. *Isr Med Assoc. J., 4*(1), 34-38.

Faulkner, D. J. (2002). Marine natural products. *Journal of Natural Products, 17*(5), 17-55.

Fiedler, G. C. (2002). The influence of social environment on sex determination in harlequin shrimp (*Hymenocera picta*: Decapoda, Gnathophyllidae). *J. Crust, Biol, 22*, 750-761.

Folch, J., Lees, M., & Sloane-Stanlet, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem., 226*, 497-509.

Foodnetworksolution. (2016). http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1650/arachidonic-acid-กรดอะราคิโดนิก

Fossa, A. S., & Nilsen ,A. J. (2000). The modern coral reef aquarium (Volume 3). J.C.C. Bruns GmbH, Minden, Germany. 448 p.

Galbraith, H., & Miller, T. B. (1973 a). Effect of metal cations and pH on the antibacterial activity and uptake of long-chain fatty acids. *Journal of Applied Bacteriology, 36*, 635-646.

Galbraith, H., & Miller, T. B. (1973 b). Physico-chemical effects of long-chain fatty acids on bacterial cells and their protoplasts. *Journal of Applied Bacteriology, 36*, 647-658.

Galbraith, H., & Miller, T. B. (1973 c). Effect of long-chain fatty acids on bacterial respiration and amino acid uptake. *Journal of Applied Bacteriology, 36*, 659-675.

Gao, F., Xu, Q., & Yang, H. (2011). Seasonal biochemical changes in composition of body wall tissues of sea cucumber *Apostichopus japonicus. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 29*(2)*,* 252-260.

Glynn, P. W. (1990). High complexity food webs in low-diversity Eastern Pacific reef-caral communities. *Ecosystem, 7*, 358-367.

Harbige, L. S. (1998). Dietary n-6 and n-3 fatty acid in immunity and autoimmune diseases. In *Proceeding of the Nutrition Society*. *57*, 555-562.

Harlequin shrimp: The Reef Aquarium Encyclopedia. Retrieved February 25, 2007, from http://www.reefpedia.com/index.php/Harlequin_shrimp

Ihaka, R., & Gentleman, R. (1996). A language for data analysis and graphic. *J. comput Graph stat, 5*, 299-314.

Jais, A. M., McCulloch, R., & Croft, K. (1992). Fatty acid and amino acid composition in haruan as a potential role in wound healing. *Gen. Pharmacol, 25*(5), 947-950.

Kamel, H. N., & Slattery, M. (2005). Terpenoids of Sinularia: Chemistry and Biomedical Aplicatations. *Journal of Pharmaceutical Biologi, 43*, 253-269.

Kelly, M. S. (2005). *Echinoderms: their culture and bioactive compounds*. In Matranga, V., Muller (Editors). Echinoderms: Marine Molecular Biotechnology (pp 139-153). Berlin Heidelberg, Germany: Springer

Koyama, T., Katsuhiko, N., Yoko, A., & Matao, S. (1999). Analysis for sites of anticoagulant action of Plancinin, A new anticoagulant peptide isolated from the starfish *Acanthaster planci*, in the Blood Coagulation Cascade. Journal of Pharmacology, 903-215.

Lec hevalier. (1989). Fatty acid patterns of phospholipids and lipopolysaccharides in the characterization of microbial communities in soil: a review. *Biol Fertil Soils, 29,* 111-129.

Lee, S. A., Kim, H. J., Chang, K. C., Baek, J. C., Park, J. K., & Shin, J. K. (2009). DHA and EPA downregulate COX2 expression through suppression of NF-kappa B activity in LPS treated human umbilical vein endothelial cells. *Korean Journal of Physiology and Pharmacology 13*, 301-307.

Lin, J. (2002). *Aquaculture of marine ornamental shrimp: A review*. Book of Abstract, World Aquaculture.

Lin, J., Zhang, D., & Rhyne, A. (2002). *Brood stock and Larva Nutrition of Marine Ornamental Shrimp*. Mexico.

Lou, Q. M., Wang, Y. M., Liu, X. F., & Xue, C. H. (2012). Lipid profile and fatty acid compositions in body wall of *Apostichopus Japonicus* (SELENKA). *Journal of food Biochemistry, 36*(3) 317–321.

Luo, P., Chao-qun, H. U., Jian-jun Xia, Chun-hua, R., & Xiao-Jiang. (2011). Chemical constituent analysis of the Crown-of-Thorns Starfish *Acanthaster planci* and Potential utilization value of the starfish as feed ingredient for Animal. *African Journal of Biotechnology, 10*(62), 13610-13616.

Maltry, A. (2003). *The biology and population fluctuations of Acanthaster planci on the Great Barrier Reef*. n.p.

Moore, S. (2006). Biosythesis of marine natural products Macroorganisms (Part B). *Journal The Royal Society of Chemistry, 23*(2), 615-629.

Narvaez, K., & Zapata, F. A. (2010). First record and impact of the crown-of-thorns starfish, 18 Acanthaster planci (Spinulosida: Acanthasteridae) on corals of Malpelo Island, Colombian Pacific. *Rev. Biol. Trop, 58*(1), 139-143.

Navarro, J. C., Batty, R. S., Bell, M. V., & Sargent, J. R. (1993). Effects of two Artemia diets with different content of polyunsaturated fatty acids on the lipid composition of larvae of Atlantic herring (Clupea harengus). *J. Fish Biol., 43*, 503-515.

Nieman, C. (1954). Influence of trace amounts of fatty acids on the growth of microorganisms. *Bacteriological Reviews, 18*, 147-163.

Noiraksa, T., Ajisaka, T., & Kaewsuralikhit, C. (2006). Species of Sargassum in the East Coast of the Gulf of Thailand. *Science Asia. 32 Supplement 1*: 99 –106.

Oliver, E., McGillicuddy, F., Phillips, C., Toomey, S., & Roche, H. M. (2010). The role of inflammation and macrophage accumulation in the development of obesity-induced type 2 diabetes mellitus and the possible therapeutic effects of long-chain n-3 PUFA. *Proceedings of the Nutrition Society, 69*, p.232-243.

Raabe, C., & Raabe, L. (2007). *The care and breeding of the Harlequin Shrimp*. URL: http:// WWW.home2.pacific.net.ph/~sweetyummy42/harlequinshrimp.html.

Ramsay, K., Kaiser, M., & Richardson, C. (2001). Invert in arms: behavioral and energetic implications of multiple autonomy in starfish (Asterias rubens). *Behavioral Ecology and Sociobiology, 50*(4), 360-365.

Ridzwan, B. H., Hanita, M. H., Nurzafirah, M., Siti Norshuhadaa, M. P., & Hanis, Z. F. (2014). Free Fatty Acids Composition in Lipid Extracts of Several Sea Cucumbers Species from Malaysia International Journal of Bioscience. *Biochemistry and Bioinformatics, 4*(3), 204-207.

Sewell, A. (2007). *Ornamental Crustaceans. Reef keeping online magazine*. Retrieved from http://www.reefkeeping.com/issues/2007-05/as/index.php

Sima, P., & Vetvicka, V. (2011). Bioactive substances with anti-neoplastic efficacy from marine invertebrates: Bryozoa, Mollusca, Echinodermata and Urochordata. *World Journal of Clinical Oncology, 11*, 362-366.

Simupoulos, A. P. (2002). Omega-3 fatty acids in inflammation and Autoimmune diseases. *J.Am. Coll. Nutr., 21*(6), 495-505.

Shiomi, K., Yamanoto, K., Yamanaka, H., Kikuchi., & Kenjiro, K. (1990). Liver damage by the Crown-of-Thorns starfish (*Acanthaster planci*) lethal factor. *Journal of taxicon, 28*(5), 469-475.

Sprung, J. (2001). *Invertebrates. A quick reference guide*. Florida, USA.

Starfish Ecology. (2007). Retrieved from http://www.vsf.cape.com/jdale/science/ecology.htm

Svetashev, V. L., Levin, V. S., Cham, N. L., & Do, T. N. (1991). Lipid and fatty acid composition of *Holothurians* from tropical and temperate waters. *Comp. Biochem. Physiol, 4*, 489-494.

Teruya, T., Suenaga, K., Koyama, T., Nakano, Y., & Uemura, D. (2001). Arachidonic acid and α-linolenic acid, feeding attractants for the crown-of-thorns sea star *Acanthaster planci*, from the sea urchin Toxopneustes pileolus. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2*(266), 123-134.

Volkman, J. K., Jeffrey, S. W., Nichols, P. D., Rogers, G. I., & Garland, C. D. (1989). Fatty acid and lipid composition of 10 species of microalgae used in mariculture. *J Exp. Mar. Biol. Ecol., 128*, 219-240,

Westendorf, J. (1999). Natural compounds. *Journal Toxicology, 43*(7), 234-235.

Wickler, W., & Seibt, U. (2005). *Feeding, Reproduction and Pairbond in a Shrimp*. http://www.orn.mpg.de/~knauer/seibt/shrimp.html

Wittenrich, M. L., & Moe, M. A., Jr. (2007). *The complete illustrated breeder guide's to marine aquarium fishes*. NJ, USA.

Yahyavi, M., Afkhami, M., Javadi, A., Ehsanpour, M., Khazaali, A., Khoshnood, R., & Mokhlesi, A. (2012). Fatty acid composition in two sea cucumber species, *Holothuria scabra* and *Holothuria leucospilata* from Qeshm Island (Persian Gulf). *African Journal of Biotechnology, 11*(12), 2862-2668.

Zelles, L. (1997). Phospholipid fatty acid profiles in selected members of soil microbial communities. *Chemosphere, 35*(1-2), 275-294.

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางณิษา สิรนนท์ธนา
(ภาษาอังกฤษ) Mrs.NISA SIRANONTHANA
ชื่อเดิม นางปิยะวรรณ ศรีวิลาศ (Mrs. Piyawan Srivilas)
2. ตำแหน่งปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
3. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา อ. เมือง จ. ชลบุรี 20131 โทร. 038 391671-3 โทรสาร 038 391674 E-mail: **nisas**@.buu.ac.th
4. ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัย	ปริญญา	สาขาวิชา	ปีที่ได้รับ
มหาวิทยาลัยบูรพา	วท.ม.	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	2545
มหาวิทยาลัยบูรพา (มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน)	วท.บ.	เคมี	2528

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) สาขาวิชาเคมีวิเคราะห์

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวจารุนันท์ ประทุมยศ
(ภาษาอังกฤษ) Miss Jarunan Pratoomyot
2. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131
โทรศัพท์ 0-3839-1671-3 โทรสาร 0-3839-1674
E-mail address: jarunan@bims.buu.ac.th
4. ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัย	ปริญญา	สาขาวิชา	ปีที่ได้รับ
University of Stirling, Scotland	Ph.D.	Fish nutrition	2553
Asian Institute of Technology	M.Sc.	Aquaculture	2541
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง	วท.บ	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	2533

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
- การเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเล

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นายชนะ เทศคง
   ชื่อ - นามสกุล Mr.Chana Teskong
2. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์
3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก สถานีวิจัยการเพาะขยายพันธุ์สัตว์ทะเลที่หายากและใกล้สูญพันธุ์ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสมสาร อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี 20180 โทรศัพท์: 0-3843-1115 , 0-3839-1671-3 โทรสาร:0-3839-1674
   e-mail address: chana@bims.buu.ac.th
4. ประวัติการศึกษา
   วท.บ.(ประมง) ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปี พ.ศ. 2546
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   การเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม และพรรณไม้น้ำ

ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ผศ.ดร.วีณา เคยพุดซา
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Assist.Prof.Dr. Weena Koeypudsa

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนอังรีดูนังต์ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
Department of Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn Univerisity, Bangkok 10330.
หมายเลขโทรศัพท์ 662-2518887, 662-2529575, 662-2189510, 662-2189412
หมายเลขโทรสาร 662-2518887, 662-2529575
E-mail: kweena@hotmail.com, kweena@chula.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัย	ปริญญา	สาขาวิชา	ปีที่ได้รับ
Asian Institute of Technology (AIT)	D.Tech.Sc.	Aquaculture and Agriculture Resources Management	2548
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	วท.ม (ประมง)	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	2539
มหาวิทยาลัยบูรพา (มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน)	วท.บ	ชีววิทยา	2528

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
สุขภาพสัตว์น้ำ, คุณภาพน้ำและดินในการเพาะเลี้ยง และจลศาสตร์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ