รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

แผนงานวิจัย

เทคโนโลยีการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*)

Artificial feed production technology for harlequin shrimp (*Hymenocera picta*)

ปีที่ 2

คณะผู้บริหารแผนงานวิจัย

ดร.จารุนันท์ ประทุมยศ

นางณิษา สิรนนท์ธนา

ดร. อมรรัตน์ กนกรุ่ง

นางสาววิรชา เจริญดี

นางสาววิไลวรรณ พวงสันเทียะ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล(งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2560A10801005
สัญญาเลขที่ 15/2560

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

แผนงานวิจัย

เทคโนโลยีการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*)
Artificial feed production technology for harlequin shrimp (*Hymenocera picta*)

ปีที่ 2

คณะผู้บริหารแผนงานวิจัย
ดร.จารุนันท์ ประทุมยศ
นางณิษา สิรนนท์ธนา
ดร. อมรรัตน์ กนกรุ่ง
นางสาววิรชา เจริญดี
นางสาววิไลวรรณ พวงสันเทียะ

กันยายน 2560

กิตติกรรมประกาศ

แผนงานวิจัยเทคโนโลยีการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๐ มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ รหัสโครงการวิจัย ๒๕๖๐A๑๐๘๐๑๐๐๕ เลขที่สัญญา ๑๕/๒๕๖๐ ซึ่งคณะผู้บริหารงานวิจัยขอขอบพระคุณอย่างมาก ณ โอกาสนี้ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะทำงานที่ร่วมใจกันดำเนินการวิจัยอย่างดีและขอขอบคุณบุคลากรของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในการทำวิจัยนี้จนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของแผนงานวิจัยและโครงการวิจัย

บทคัดย่อ

แผนงานวิจัยเทคโนโลยีการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อผลิตอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงกุ้งตัวตลกเพื่อทดแทนการเลี้ยงด้วยดาวทะเลมีชีวิต มีระยะเวลาการวิจัย 3 ปี (2559-2561) แผนงานวิจัยประกอบไปด้วย 1 แผนงานวิจัยและโครงการวิจัย 3 โครงการ โครงการวิจัยที่ 1คุณค่าอาหารในสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม: แหล่งวัตถุดิบอาหารสำหรับกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) โครงการวิจัยที่ 2 รูปแบบ การสะสมสารสีของสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม และโครงการวิจัยที่ 3 การเลี้ยงกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ด้วยอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นทดแทนการเลี้ยงด้วยดาวแดงมีชีวิต (*Licnkia multifora*) แผนงานวิจัยในปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 (ปีแรกของการวิจัย) โครงการวิจัย 2 โครงการ แผนงานวิจัยสองปีต่อมาเป็นโครงการวิจัยปีที่ 3 ผลการดำเนินงานในปีที่ 1 พบว่าแผนงานวิจัยเทคโนโลยีการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลกประสพผลสำเร็จตามเป้าหมายคือ 1) ได้องค์ความรู้พื้นฐานงานวิจัยด้านสารอาหารในอาหารธรรมชาติของกุ้งตัวตลกและ 2) ได้ข้อมูลสารสีในอาหารธรรมชาติของกุ้งตัวตลก ซึ่งองค์ความรู้เหล่านี้เป็นผลสำเร็จเบื้องต้น (P) ในการนำมาใช้ในการประกอบการคัดเลือกชนิดวัตถุดิบในการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลกในการวิจัยโครงการที่ 3 ผลการดำเนินงานตามแผนงานวิจัยเทคโนโลยีการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลกปีที่2 ประสพผลสำเร็จตามเป้าหมายคือได้ข้อมูลชนิดดาวทะเลและสารเคมีที่คาดว่าจะสามารถนำมาใช้ในการผลิตอาหารสำเร็จรูปได้ ซึ่งเป็นผลสำเร็จเบื้องต้น (P) รายละเอียดการดำเนินงานของแต่ละโครงการมีดังนี้

โครงการวิจัยที่ 1 ศึกษาคุณค่าอาหารในดาวทะเลจำนวน 10 ชนิดและปลิงทะเลจำนวน 4 ชนิด พบปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีน ในตัวอย่างดาวทะเลและปลิงทะเล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเถ้าพบปริมาณสูงสุดในตัวอย่างดาวทะเลปุ่มใหญ่ *Protoreaster nodosus* (AS2) ปริมาณเฉลี่ย 52.46% ไขมันพบสูงสุดในตัวอย่างดาวทราย *Astropecten polyacanthus* (GS2) ปริมาณเฉลี่ย 1.95% และพบโปรตีนสูงสุดในดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata* (AS4) ปริมาณเฉลี่ย 20.77% ส่วนในปลิงทะเลพบปริมาณเถ้าและไขมันสูงสุดในปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว *Colochirus quadrangularis* (GSC4) ปริมาณเฉลี่ย (12.30%) และปริมาณเฉลี่ย 9.63% ตามลำดับ และพบโปรตีนสูงสุดในปลิงทะเลสีดำ *Holothuria* (*Mertensiothuria*) *leucospilota* (GSC2) ปริมาณเฉลี่ย 42.94% ชนิดดาวทะเลที่มีโปรตีนสูงกว่าดาวแดง *Linckia multiflora* (AS1) คือดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata* (AS4) ดาวทราย *A. polyacanthus* (GS2) ดาวทะเลสีทอง *Linckia guildingi* (AS5) และดาวหมอนปักเข็มหมุด *Culcita schmideliana* (AS7) ปลิงทะเลที่มีโปรตีนสูงกว่าในดาวแดงคือปลิงหินหนาม *Stichopus horrens* (GSC1) ปลิงทะเลดำ *H. leucospilota* (GSC2) และปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว *C. quadrangularis* (GSC4) นอกจากนี้ ดาวทะเลที่มีไขมันสูงกว่าดาวแดงได้แก่ดาวทราย *A. polyacanthus* (GS2) (ประมาณ 2%) ส่วนดาวทะเลสีส้ม *Anthenea pentagonula* (GS1) และดาวหมอนปักเข็มหมุด *C. schmideliana* (AS7) มีไขมันใกล้เคียงกับดาวแดง *L. multiflora* (AS1) (ประมาณ 1%)

ในดาวทะเลพบปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว (SFAs), กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFAs) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFAs) และกรดไขมันจำเป็น C18:2n6, C18:3n6, C20:4n6 และ C20:5n3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกรดไขมันชนิด SFAs พบสูงสุดในดาวทะเลสีทอง *Linckia guildingi* (AS5) ประมาณ 57.51%ของกรดไขมันทั้งหมดต่อน้ำหนักแห้ง (TFA dry wt.) กรดไขมัน MUFAs พบสูงสุดในดาวทะเลสีทอง *L. guildingi* (AS5) เช่นกันประมาณ 10.85%TFA dry wt. กรดไขมัน PUFAs พบสูงสุดในดาวทะเลปุ่มใหญ่ *Protoreaster nodosus* (AS2) ประมาณ 19.68%TFA กรดไขมัน

จำเป็นที่ ARA (C20:4n6) พบในดาวแสงอาทิตย์ *Luidia maculata* (GS3) ปริมาณสูงสุด 14.51%TFA; 423.82 mg/ g dry wt. กรดไขมันจำเป็น EPA พบในดาวทราย *Astropecten polyacanthus* (GS2) ปริมาณสูงสุด 9.48%TFA; 422.87mg/ g dry wt. เฉพาะดาวแสงอาทิตย์ *L. maculata* (GS3) และดาวทราย *A. polyacanthus* (GS2) ที่มีกรดไขมันจำเป็น DHA เป็นองค์ประกอบในปริมาณ 1-2 % TFA.

ในปลิงทะเลพบปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (SFAs) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFAs) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFAs) และกรดไขมันจำเป็น C20:4n6 และ C20:5n3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบกรดไขมัน SFAs สูงสุดในปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว *Colochirus quadrangularis* (GSC4) ในปริมาณ 26.95%TFA dry wt., พบ MUFAs สูงสุดในปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีชมพูเหลือง *Cercodemas anceps* (GSC3) ในปริมาณ 22.25%TFA dry wt. และพบ PUFAs สูงสุดในปลิงทะเลสีดำ *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* (GSC2) ในปริมาณ 24.27%TFA โดยพบ C20:4n6 สูงสุดในปลิงหินหนาม *Stichopus horrens* (GSC1) ในปริมาณ 20.11%; 179.45 mg/ g dry wt. และพบ C20:5n3 สูงสุดในปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว *Colochirus quadrangularis* GSC4 ในปริมาณ 8.85%; 306.72 mg/ g dry wt. ปลิงทะเลมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวจำเป็น DHA 29-62 mg/g dry wt.

ในดาวทะเลพบว่ามีกรดอมิโนเป็นองค์ประกอบปริมาณต่างกัน ดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata* (AS4) มีปริมาณกรดอะมิโนชนิดต่างๆในสูงกว่าดาวทะเลชนิดอื่น

โครงการวิจัยที่ 2 ศึกษาสารสีแคโรทีนอยด์ (astaxanthin, beta-carotene, cantaxanthin, echineneone, zeaxanthin & lutein) และสารสีแอนโทไซยานินรวมในดาวทะเลจำนวน 9 ชนิดและปลิงทะเลจำนวน 3 ชนิด พบว่าสารสีในกลุ่มสารสีแคโรทีนอยด์ที่เป็นองค์ประกอบหลักของดาวทะเลและปลิงทะเลที่ศึกษาคือ astaxanthin and zeaxanthin & lutein ดาวแดง *L. multiflora* (AS1) มีสารสี astaxanthin ปริมาณ 1156.70 µg/g ของน้ำหนักเปียก ดาวทะเลที่พบสารสี astaxanthin มากกว่าที่พบในดาวแดง *L. multiflora* (AS1) คือดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata* (AS4) และดาวทะเล *Protoreaster nodosus* (AS2) มีปริมาณเท่ากับ 27882 µg/g และ 1801.57 µg/g ของน้ำหนักเปียก ตามลำดับ สารสีชนิด zeaxanthin & lutein พบมากสุดในดาวแดง *L. multiflora* (AS1) ประมาณ 41.74 µg/g ของน้ำหนักเปียก สารสีแอนโทไซยานินรวมพบมากสุดในดาวทะเลหมอนปักเข็มหมุด *Culcita schmideliana* (AS7) ประมาณ 4.49 µg/g ของน้ำหนักเปียกแต่ไม่พบสารสีกลุ่มนี้ในดาวแดง *L.*

ในแผนงานวิจัยนี้ได้ศึกษาปริมาณความเข้มข้นและชนิดกรดอมิโนที่มีผลในการกระตุ้นให้สัตว์น้ำตองสนองต่อสารเคมีในอาหาร พบว่ากรดอมิโนในดาวทะเลแตกต่างจากกรดอมิโนวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในอาหารกุ้งทั่วไป ในดาวทะเลมีกรดอมิโน glycine ปริมาณมากสุด รองลงมาได้แก่ glutamic proline alanine aspartic arginine ในขณะที่ในเนื้อปลาสด อวัยวะภายในของปลาคุณภาพดีและสาหร่ายซากัสซั่มมีกรดอมิโน glutamic และ aspartic เป็นองค์ประกอบหลักแต่มีกรดอมิโน glycine น้อย ความแตกต่างของกรดอมิโนในตัวอย่างเหล่านี้จะนำไปศึกษาในโครงการวิจัยที่ 3 ต่อไป

โครงการวิจัยที่ 3 ศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของกุ้งตัวตลกต่อดางทะเลและสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในดาวทะเล ในระดับความเข้มข้นต่างกัน ผลการทดลองพอสรุปได้ดังนี้

รายงานวิจัยนี้เป็นรายงานการวิจัยระยะที่ 1 ศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของกุ้งตัวตลก (*H. picta*) ต่อกลิ่นสารเคมีในดาวทะเลและสารเคมีบางชนิดที่เป็นองค์ประกอบหลักของดาวทะเล ทดสอบกุ้งตัวตลก (*H. picta*) จำนวน 198 ตัว ขนาดน้ำหนัก 0.5-1.0 กรัมและความยาว 1.50-2.55 เซ็นติเมตร กับสารเคมีทดลองแต่ละทรีตเมนต์ในอุปกรณ์ Y-shaped choice chamber ด้านบนของปลายทั้งสองข้างของ Y-shaped choice chamber มีกล่องปริมาตร 2 ลิตรข้างละ 1 กล่องซึ่งข้างหนึ่งใส่สารละลายสำหรับทดลองและอีกข้างหนึ่งใส่น้ำทะเลความเค็มประมาณ 33 พีพีที อัตราการปล่อยสารละลายทั้งสองข้างประมาณ 14-15 มิลลิลิตรต่อนาที ทรีตเมนต์ทดลองทั้งหมด 23 ทรีตเมนต์และแต่ละทรีตเมนต์ทดลองเป็นระยะเวลา 15 นาที ทรีตเมนต์ทดลองประกอบด้วย 1) น้ำทะเล (ชุดควบคุม); 2) ดาวแดงมีชีวิต (*Linckia multifora*) 1 ตัว น้ำหนัก 16.59 กรัมต่อลิตรน้ำทะเล; 3) ดาวแดงมีชีวิต (*Linckia multifora*) 10 ตัว น้ำหนัก 116.24 กรัมต่อลิตร; 4) ดาวแดงทำแห้งด้วยการ freeze-dried น้ำหนัก 150 กรัมต่อลิตร; 5) ดาวทรายมีชีวิต (*Astropecten indicus*) 10 ตัว น้ำหนัก 117.90 กรัมต่อลิตร; 6) ดาวแสงอาทิตย์มีชีวิต (*Luidia maculata*) 1 ตัว น้ำหนัก 159.51 กรัมต่อลิตร; 7) ดาวทะเล 5 แฉกมีชีวิต (*Pentaceraster gracilis*) 1 ตัว น้ำหนัก 48.92 กรัมต่อลิตร; 8) สารละลายซาโปนินความเข้นข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง; 9) สารละลายซาโปนินความเข้นข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเล 30 นาทีก่อนทดลอง; 10) สารละลายซาโปนินความเข้นข้น 0.2%ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง; 11) สารละลายซาโปนินความเข้นข้น 0.2%ละลายในน้ำทะเล 30 นาทีก่อนทดลอง;12) สารละลาย L-aspartic ความเข้มข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเลก่อนทดลอง 5 นาที; 13) สารละลาย L-aspartic ความเข้มข้น 0.2% ละลายในน้ำทะเลก่อนทดลอง 5 นาที; 14) สารละลาย L-aspartic ความเข้มข้น 0.3% ละลายในน้ำทะเลก่อนทดลอง 5 นาที; 15) สารละลาย glycine ความเข้มข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเลก่อนทดลอง 5 นาที; 16) สารละลาย glycine ความเข้มข้น 0.2% ละลายในน้ำทะเลก่อนทดลอง 5 นาที; 17) สารละลาย glycine ความเข้มข้น 0.3% ละลายในน้ำทะเลก่อนทดลอง 5 นาที; 18) สารละลาย monosodium glutamate (MSG) ความเข้มข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเลก่อนทดลอง 5 นาที 19) สารละลาย MSG ความเข้มข้น 0.2% ละลายในน้ำทะเลก่อนทดลอง 5 นาที 20) สารละลาย MSG ความเข้มข้น 0.3% ละลายในน้ำทะเลก่อนทดลอง 5 นาที 21) สารละลาย MSG ความเข้มข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเลก่อนทดลอง 30 นาที 22) สารละลาย MSG ความเข้มข้น 0.2% ละลายในน้ำทะเลก่อนทดลอง 30 นาที; 23) สารละลาย MSG ความเข้มข้น 0.3% ละลายในน้ำทะเลก่อนทดลอง 30 นาที

ผลการทดลองพบว่ากุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับน้ำทะเลไม่มีพฤติกรรมลังเลหรือหยุดเดินตลอดการทดลองและเดินสลับกันระหว่างจุดเริ่มต้นและแขนทั้งสองข้างของอุปกรณ์ กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับดาวแดงมีชีวิต จำนวน 1 ตัวและ10 /ลิตรน้ำทะเล ไม่ลังเลหรือหยุดเดิน พฤติกรรมการเลือกข้างของกุ้งตัวตลกชัดเจนในกุ้งที่ทดสอบกับดาวแดงมีชีวิต 10 ตัวเนื่องจากกุ้งตัวตลก (*H. picta*) เดินอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นกับปลายที่มีดาวแดง กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับดาวแดงแดง (*L. multiflora*) ทำแห้งด้วยการ freeze-dried และกุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับดาวแสงอาทิตย์มีชีวิต (*L. maculata*) เดินสลับกันระหว่างจุดเริ่มต้นและปลายทั้งสองข้างไม่มีรูปแบบการเดินระหว่างข้างใดข้างหนึ่งที่ชัดเจน กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับดาวทรายมีชีวิต (*A. indicus*) ไม่ลังเลเมื่อเดินเข้าไปทางที่มีดาวทรายมีชีวิตและบางตัวมีพฤติกรรมเดินกลับเข้าไปที่ปลายข้างเดิมที่มีดาวทรายหลังและอยู่ที่ปลายข้างที่มีดาวทรายเป็นเวลานาน กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับดาวดาวทะเล 5 แฉก (*P. gracilis*) ลังเลหรือหยุดเดินและมีแนวโน้มเดินไปทางที่มีกล่องบรรจุน้ำทะเลมากกว่าเดินไปทางที่มีดาวทะเลห้าแฉก กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับสารละลายซาโปนินในระดับความเข้มข้น 0.1%และ 0.2% มีพฤติกรรมลังเลในการเดินหรือ

หยุดเดินและการกระโดด ที่ระดับความเข้มข้นของซาโปนิน 0.1% กุ้งตัวตลก(*H. picta*) มีพฤติกรรมเดินและเดินกลับเข้าไปที่ปลายทั้งสองข้างที่มีและไม่มีสารละลายซาโปนิน แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.2% กุ้งตัวตลก (*H. picta*) เดินอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นและปลายข้างที่ไม่มีสารละลายซาโปนิน 0.2%มากกว่า กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับ L-aspartic ที่ระดับความเข้มข้น 0.1%-0.3% มีพฤติกรรมการลังเลหยุดเดินและมีแนวโน้มเลือกเดินไปปลายข้างที่มีน้ำทะเล กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับ glycine ความเข้มข้น 0.1% และ 0.2% ไม่ลังเลในการเดินและไม่มีรูปแบบการเดินอยู่บริเวณใดบริเวณหนึ่งที่ชัดเจน แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.3% กุ้งตัวตลก (*H. picta*) บางตัวมีพฤติกรรมเดินออกและเดินกลับเข้าไปทางปลายข้างที่มีน้ำทะเล กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับ MSG ความเข้มข้น 0.1% มีพฤติกรรมการหยุดเดินแต่ไม่มีรูปแบบการเดินอยู่บริเวณใดบริเวณหนึ่งที่ชัดเจน กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบ MSG 0.2% และ 0.3% มีพฤติกรรมเหมือนกันคือการหยุดเดิน กระโดดหรือกางก้าม กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับ MSG ความเข้มข้น 0.2% (5 นาที) มีแนวโน้มเดินอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นกับปลายข้างที่มีน้ำทะเลแต่กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับ MSG 0.2% (30 นาที) มีแนวโน้มอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นกับปลายข้างที่มี MSG 0.2% กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับ MSG 0.3% (5 นาทีและ 30 นาที) มีพฤติกรรมเดินกลับเข้าไปซ้ำๆที่ปลายข้างเดิมและมีแนวโน้มเดินอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นกับปลายทั้งสองข้างที่มีและไม่มี MSG 0.3%

โดยสรุป ดาวทรายมีองค์ประกอบทางเคมีสามารถดึงดูดกุ้งตัวตลกให้เข้าหาอาหารได้ดีกว่าดาวทะเลชนิดอื่นๆ กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ตอบสนองต่อดาวแดงแห้ง (freeze-dried) ยังอยู่ในระดับที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารชนิดหนึ่งในการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลก (*H. picta*) แต่ควรเพิ่มสารเคมีที่ดึงดูดให้กุ้งตัวตลกเข้าหาอาหาร การศึกษาในระยะต่อไปเป็นการผลิตอาหารทดลองให้กุ้งตัวตลกกินโดยคัดเลือกสารเคมีทีดึงดูดให้กุ้งตัวตลกเข้ามาที่อาหาร เช่น MSG หรือ ซาโปนินแต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้

Abstract

The general objective of the artificial feed production technology for harlequin shrimp (*Hymenocera picta*) research programme was to formulate artificial feed to substitute the use of live seastars as the diet used in harlequin shrimp cultivation. This research programme was conducted over a 3-year period – a programme that consists of one research plan and three projects. The title of the individual projects within this are: 1) the nutrition in marine echinoderms: feed ingredient sources for harlequin shrimp (*H. picta*); 2) pigment accumulation profiles in echinoderms; and, 3) the culture of harlequin shrimp (*H. picta*) on artificial feed to substitute the use of live comet seastars (*Linckia multifora*). According to the original research programme, the first two projects were conducted during the first plan while the last project was conducted over the following two years. The research programme has achieved its primary objectives (P) which were: 1) to provide basic knowledge on the nutritional content of the natural prey items consumed by harlequin shrimp (*H. picta*); and, 2) to provide information on the pigment profile of those natural food items. Key data obtained from these two projects were then selected for further study. 3) to provide knowledge on sea stars or chemicals that can be applied as feed ingredients or feed attractants in artificial feed for harlequin shrimp (*H. oicta*). Information stemming from each project are as follows:

From Project 1, 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 was found within *Linckia laevigata* (AS4).Among the sea cucumber species analysed, *Colochirus quadrangularis* (GSC4) had the highest ash (12.30%) and lipid (9.63%) content, while *Holothuria* [*Mertensiothuria*] *leucospilota* (GSC2) had the highest amount of protein (42.94%). Among the seastar species, the blue seastar *Linckia laevigata* (AS4), the sand star *A. polyacanthus* (GS2), the yellow seastar *Linckia guildingi* (AS5) and, the pin cushion seastar *Culcita schmideliana* (AS7) all had higher protein contents than that of *L. multiflora* (AS1). Of the sea cucumber species, *Stichopus horrens* (GSC1), *H. leucospilota* (GSC2) and *Colochirus quadrangularis* (GSC4) contained protein in a greater amount than that determined in *L. multiflora* (AS1). In addition, the sand seastar *A. polyacanthus* (GS2) had lipid levels (*i.e.* 2%) higher than that of *L. multifora* (AS1) whilst *Anthenea pentagonula* (GS1) and *C. schmideliana* (GSC4) had similar amounts of lipid to that found in *L. multiflora* (*i.e.* 1%).

There were also significant differences ($p<0.05$) in the fatty acid (FA) profiles of the ten 10 seastar 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* (AS5) contained high quantities of SFAs (57.51%) and MUFAs (10.85%), while *Protoreaster nodosus* (AS2) contained the highest percentage of PUFAs (19.68%). The sea star *Luidia maculata* (GS3) contained high amounts of ARA (14.51%; 423.82 mg/ g dry wt), while *A. polyacanthus* (GS2) contained high levels of EPA (9.48%, 422.87 mg/g dry wt). Of the seastars examined, only *L. maculata* (GS3) and *A. polyacanthus* (GS2) contained minor amounts of DHA (1-2 % TFA).

Among the sea cucumber species that were analysed, *C. quadrangularis* contained the highest level of SFAs at approximately 26.95%. *Cercodemas anceps* had the highest content of MUFAs (*ca.* 22.25%) and *Holothuria* [Mertensiothuria] *leucospilota* 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). All the sea cucumber species analysed contained DHA at approximately 29-62 mg/g dry wt.

Regarding the amino acid content of the seastar species under investigation within this study, the highest concentration of amino acids was found within *Linckia laevigata*.

From Project 2, the objective of the study was to examine the carotenoids (astaxanthin, beta-carotene, cantaxanthin, echineneone, zeaxanthin and lutein) and anthocyanin compositions in a range of seastar and sea cucumber species. Astaxanthin, zeaxanthin and lutein were the major components found in both seastars and in sea cucumbers. *Linckia laevigata* (AS4) and *Protoreaster nodosus* (AS2) contained astaxanthin in the amounts of 27,882 µg/g (wet wt.) and 1,801.57 µg/g (wet wt.) respectively which was higher than that in the *L. multiflora* (AS1) (*i.e.* 1,156.70 µg/g wet wt.). Zeaxanthin and lutein were found in the highest amount in *L. multiflora* (AS1) (approximately 41.74 µg/g wet wt.). Anthocyanin was found in *Culcita schmideliana* (AS7) in concentrations of about 4.49 µg/g (wet wt.), but this pigment was not found in *L. multiflora* (AS1).

As some amino acids have been found and used as feed attractants to various aquatic animals, this research programme also investigated the amino acids profiles of natural feeds (seastars) of harlequin shrimp and other main feed ingredients (flesh fish, fish intestine algae etc.) used to formulate commercial shrimps diets. It was found that glycine is the greatest component of all seastars followed by glutamic, proline, alanine, aspartic and arginine while glutamic and aspartic acid are core components in seaweed, *Sargassum sp*., and in good quality flesh and intestines of fish but glycine was detected

only in minor amounts. The differences of amino acids present in these samples will be used for a further study on chemical cues presents to harlequin shrimp in Project 3.

From Project 3, phase 1. The dietary preference for fresh comet seastars, *Linckia multifora,* exhibited by captive maintained populations of harlequin shrimp, *Hymenocera picta*, is a bottleneck to their sustainable, commercial scale aquaculture. The current study, therefore, set out to produce a complete artificial diet to replace the need for using live starfish. The first phase of the project, set out to study the behavioural responses of *H. picta* to various seastars and to selected chemicals which are found within seastars. To explore this, a total of 216 *H. picta* (0.5-1.0g weight range; 1.50-2.55 cm length) were used in a series of chemicals trials conducted in a Y-shaped choice chamber to investigate their responses to the different diets and chemicals. Above each of the two arms of the Y-shaped chamber, a 2-L reservoir was positioned – one containing 33 ppt seawater, the other the test compound. The flow rate from each reservoir into the chamber was balanced and adjusted so that a rate of 14-15 mL min^{-1} was used; each trial ran for 15 minutes. A total of 23 different experimental conditions were evaluated: **1)** SW (seawater control); **2)** live comet seastars in seawater at a dose of 16.59g / L; **3)** live comet seastars in seawater at a dose of 116.24g / L; **4)** freeze-dried comet seastar tissue at a dose of 150 g/ L; **5)** live sandstars, *Astropecten indicus*, in seawater at a dose of 117.90g / L; **6)** live eight-armed seastars, *Luidia maculata*, in seawater at a dose of 159.51g / L;/L of SW; **7)** a live specimen of *Pentaceraster gracilis* in seawater at a dose of 48.92g / L; **8)** 0.1% saponin made 5 min before investigation; **9)** 0.1% saponin made 30 min before investigation; **10)** 0.2% saponin made 5 min before investigation; **11)** 0.2% saponin made 30 min before investigation; **12)** 0.1% L-aspartic acid made 5 min before use; **13)** 0.2% L-aspartic acid made 5 min before use; **14)** 0.3% L-aspartic acid made 5 min before use; **15)** 0.1% glycine made 5 min before use; **16)** 0.2% glycine made 5 min before use; **17)** 0.3% glycine made 5 min before use; **18)** 0.1% monosodium glutamate made 5 min before use; **19)** 0.2% monosodium glutamate made 5 min before use; **20)** 0.3% monosodium glutamate made 5 min before use; **21)** 0.1% monosodium glutamate made 30 min before use; **22)** 0.2% monosodium glutamate made 30 min before use; and, **23)** 0.3% monosodium glutamate made 30 min before use;

The results found that: **1)** for the control group, the shrimp conitnue to explore the apparatus but show no preference for either arm of the chamber; **2)** and **3)** the shrimp walked towards the positive arm dispensing seawater in which live *L. multifora* were held but the response was stronger for the higher concentration; **4)** freeze dried *L. multifora* and **6)** live *L. maculata* the shrimp showed no preference for either arm; **5)** there was a strong positive response to water in which live *A. indicus* were held with the shrimp moving without hesitating directly to the source, then briefly exploring the arm before

returning to the source once again with some of the shrimp remained at the source; **7)** shrimp exposed to *P. gracilis*-bathed seawater, displayed a negative response by moving to the control arm of the chamber; **8)-11)** the shrimp exposed to the different saponins moved positively towards both arms but were hesitant and wary in their behaviour which was punctuated by sudden jumps backwards trying to avoid the chemicals at the higher concentration; **12)-14)** shrimp exposed to the L-aspartic acid appeared to show a negative response to the chemical, displaying a tendency to move into the control arm of the chamber; **15)-17)** the shrimp appeared to disinterested by the chemical, showing no clear response for either arm of the chamber, but moving towards the sea water was observed at the higher concentration; **18)-23)** at the lower 0.1% dose of MSG, the shrimp did not display a clear preference for either arm of the chamber. At the 0.2% dose of MSG, the shrimp appeared to jump backwards together with their claws raised. The shrimp exposed to 0.2% saponin (5 min) had a tendency towards the sea water but when exposed to 0.2% saponin (30 min) the shrimp moved positively towards the test source. A similar positive, claws raised response was seen when exposed to 0.3% saponin with the shrimp exploring the arm of the chamber only to return to the positive source.

In conclusion, from the conditions and chemicals investigated here, the strongest positive response displayed by the harlequin shrimp was in response to water in which live specimens of sandstars, *A. indicus*, had been held. The response of shrimp to freeze-dried seastar seems to be useable as a feed ingredient in a complete diet for *H. picta*. The study has also shown the utility of feed attractants such MSG and saponin solutions, and their inclusion, at the correct concentration may also be considered. The second phase of this project plans to use the most promising chemicals identified here as chemo-attractants for incorporation into an artificial formulated feed for harlequin shrimp.

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
ชื่อเรื่องการวิจัย	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
บทคัดย่อภาษาไทย	iv
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	vii
สารบัญเรื่อง	xi
สารบัญตาราง	xii
สารบัญภาพ	xiii
บทนำ	1
วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย	3
ผลการบริหารแผนงานวิจัย	10
ผลการดำเนินงานโครงการวิจัยที่ 1 คุณค่าอาหารในสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม	13
ผลการดำเนินงาน โครงการวิจัยที่ 2 รูปแบบ การสะสมสารสีของสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม	24
ผลการดำเนินงาน โครงการวิจัยที่ 3 การเลี้ยงกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ด้วยอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นทดแทนการเลี้ยงด้วยดาวแดงมีชีวิต (*Linckia multiflora*)	30
สรุปผลการบริหารแผนงานวิจัย	44
ข้อเสนอแนะ	45
ผลผลิต	45
เอกสารอ้างอิง	48
ประวัติคณะผู้วิจัย	50

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 1 แสดงชนิดและแหล่งที่มาของตัวอย่างดาวทะเลและปลิงทะเล 11

ตารางที่ 2 แสดงชนิดตัวอย่างวิเคราะห์กรดอมิโนเพื่อใช้ในโครงการที่ 3 14

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล AS1 –AS5 16

ตารางที่ 4 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล AS6-AS7, GS1-GS3 17

ตารางที่ 5 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล AS1-AS4 (mg/g) 18

ตารางที่ 6 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล AS5-AS7 (mg/g) 19

ตารางที่ 7 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล GS1-GS3 (mg/g) 20

ตารางที่ 8 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล GSC1-GSC4 21

ตารางที่ 9 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล GSC!-GSC4 (mg/g) 22

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณของสารสีแคโรทีนอยด์ ในดาวทะเลและปลิงทะเล 26

ตารางที่ 11 แสดงปริมาณของสารสีแอนโทไซยานิน ในดาวทะเลและปลิงทะเล 27
หรือไม่มีสารเคมีในระยะเวลา 15 นาที

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ 1 กุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) 1

ภาพที่ 2 กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย 5

ภาพที่ 3 คุณค่าทางอาหาร (proximate analysis) ในดาวทะเล 15

ภาพที่ 4 คุณค่าทางอาหาร (proximate analysis) ในปลิงทะเล 15

ภาพที่ 5 ชนิดและปริมาณ Amino Acid ในดาวทะเล (กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง) 23

ภาพที่ 6 ชนิดและปริมาณกรดอมิโนที่เป็นองค์ประกอบของดาวทะเล *L. multiflora* (AS1) ดาวทะเล *P. dosus*(AS2) ดาวทะเล *P. gracilis* (AS3) ดาวทะเล *Linckia laevigata* (AS4) ดาวทะเล *Linckia guildingi* (AS5) ดาวทะเล *Linckia laevigata* (AS6) 28

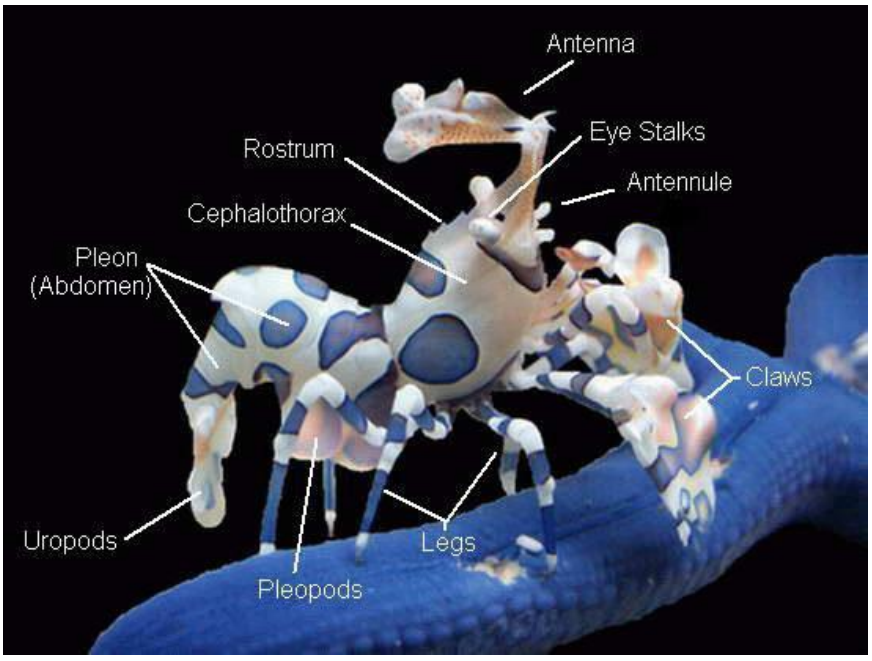
ภาพที่ 7 ชนิดและปริมาณกรดอมิโนที่เป็นองค์ประกอบของดาวทะเล *C. schmideliana* (AS7) ดาวทะเล *A. pentagonula* (GS1) ดาวทะเล *L. maculata* (GS3) 29

ภาพที่ 8 ชนิดและปริมาณกรดอมิโนที่เป็นองค์ประกอบในสาหร่ายซากัสซั่ม ในเนื้อปลาสด และในอวัยวะภายในปลาคุณภาพดีและคุณภาพไม่ดี 29

ภาพที่ 9 อุปกรณ์ Y shape choice chamber ที่ใช้ศึกษาพฤติกรรมกุ้งตัวตลก (*H. picta*) 30

บทนำ

ในธุรกิจสัตว์ทะเลสวยงาม จำนวนสัตว์ทะเลที่นำมาเลี้ยง 99% เป็นสัตว์ทะเลที่จับมาจากธรรมชาติและประมาณ 1%ได้มาจากการเพาะเลี้ยงซึ่งต่างจากธุรกิจปลาสวยงามน้ำจืดที่ปลาที่นำมาเลี้ยงเป็นปลาที่ได้จากฟาร์มเพาะเลี้ยงมากกว่า 90% จากการที่สัตว์ทะเลสวยงามถูกจับมาจากธรรมชาติจำนวนมากทำให้เกิดการเสียสมดุลย์ และส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศแนวปะการัง สัตว์ทะเลสวยงามเหล่านี้ประกอบไปด้วยสัตว์มีกระดูกสันหลังและไม่มีกระดูกสันหลัง (Wabnitz et. al, 2003) ซึ่งสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นสัตว์ในกลุ่มหอย กุ้งสวยงาม และดอกไม้ทะเลโดยเฉพาะสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่มกุ้ง กั้ง ปู (Decapod) นี้พบว่ามีจำนวน 128 ชนิดที่มีการค้ากันอย่างแพร่หลายในจำนวนนี้ 49 ชนิดเป็นกุ้งทะเลสวยงามในกลุ่มคาริเดียน (Caridean) และกุ้งในครอบครัว Hippolytidae เพียงครอบครัวเดียวมีมากถึง 15 ชนิด (Calado et. al., 2003) เพื่อลดปัญหาการจับสัตว์ทะเลสวยงามจากธรรมชาติและเพื่อส่งเสริมอาชีพให้แก่เกษตรกรผู้สนใจการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสวยงาม สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลได้ดำเนินการวิจัยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลอย่างต่อเนื่องซึ่งรวมทั้งเทคโนโลยีการการเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลก (ภาพที่ 1) นอกจากนี้ทางสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลได้ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลกไปสู่ประชาชนผู้สนใจเมื่อปี พ.ศ.2556



ภาพที่ 1 กุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*)

ที่มา WWW.home2.pacific.net.ph/~sweetyummy42/harlequinshrimp.html

ปัญหาหนึ่งที่เป็นอุปสรรคในการส่งเสริมให้มีการเลี้ยงกุ้งตัวตลกคือพฤติกรรมการเลือกกินอาหารของกุ้งตัวตลก ในธรรมชาติกุ้งตัวตลกเลือกกินอาหารโดยเฉพาะดาวทะเลมีชีวิต เช่น กลุ่มดาวทะเลในไฟลัม Echinodermata, Class Asteroidea ซึ่งมีผลกระทบต่อทรัพยากรดาวทะเลในธรรมชาติ จากการศึกษาของธรรมศักดิ์และคณะ (2555) พบว่ากุ้งตัวตลกจากธรรมชาติขนาดเล็กน้ำหนักตั้งแต่ 0.14 – 0.60 กรัม ความ

ยาวเหยียดตั้งแต่ 1.71 - 2.59 เซนติเมตร กินดาวแดงเฉลี่ย 0.38 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กรัม/วัน ส่วนกุ้งตัวตลกขนาดใหญ่น้ำหนักตั้งแต่ 0.33 – 1.38 กรัม ความยาวเหยียดตั้งแต่ 1.90 - 3.10 เซนติเมตร กินดาวแดงเฉลี่ย 0.23±0.05 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กรัม/วัน หรือกุ้งตัวตลก 1 คู่กินดาวแดงประมาณ 2 ตัวใน 1 สัปดาห์ซึ่งเป็นปริมาณค่อนข้างมากจึงเป็นปัจจัยจำกัดในการขยายการเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลกในระดับเชิงพาณิชย์

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดสามารถรับรู้สารเคมีจากสิ่งแวดล้อม เช่น การรับรู้สารเคมีระหว่างเหยื่อและศัตรู รับรู้สารเคมีเพื่อการอาศัยอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตเพื่อที่จะได้เลือกชนิดของ host ได้ถูกต้องและสามารถดำรงชีวิตอยู่ด้วยกันได้อย่างปลอดภัย สารเคมีที่สัตว์กลุ่มเอคไคโดเดิร์มปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมมีกลิ่นที่กระตุ้นและดึงดูดให้สิ่งมีชีวิตหลายชนิดมาอาศัยอยู่ร่วมกันหรือเป็นสารเคมีที่ช่วยในการป้องกันตัวจากสัตว์น้ำที่เป็นอันตราย (Caulier et al, 2013) สัตว์กลุ่มเอคไคโนเดิร์ม มีซาโปนินเป็นองค์ประกอบ (Makie, et al, 1970 อ้างโดย Caulier et al, 2013) ซึ่งเป็นสารเคมีที่สัตว์กลุ่มนี้ใช้ในการป้องกันตัวจากศัตรู (Van Dyck et al, 2011) ในปลิงทะเลซาโปนินเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีส่วนขับไล่ศัตรูของปลิงทะเล ในทางตรงกันข้าม ซาโปนินมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันกับปลิงทะเล จากการศึกษาของ Caulier et al (2013) ทดสอบสารซาโปนินใน Y shape tube กับปู Harlequin crab *L. orbicularis* พบว่าปูเดินเข้ามาทางด้านที่มีสารซาโปนินเช่นเดียวกับที่ใช้ปลิงทะเลทดสอบแสดงว่าซาโปนินเป็น kairomones กระตุ้นดึงดูดให้ปู Harlequin crab *L. orbicularis* เดินเข้ามาข้างที่มีซาโปนิน กุ้งตัวตลกเป็นสัตว์ที่ล่าเหยื่อที่มีขนาดใหญ่ (Wickler 1973) และติดตามเหยื่อจากการรับรู้ทางสื่อเคมีจากสิ่งแวดล้อม (chemical cues) (Rainbow 1974 อ้างโดย Prakash and Kumar, 2013) ดาวทะเลป้องกันตัวเองจากศัตรูโดยการปล่อยกลิ่นสารเคมีและลำตัวดาวทะเลปกคลุมด้วยซาโปนินซึ่งมีรดชาดขม (Dong et al, 2011) ในลักษณะเดียวกันปู Harlequin crab *L. orbicularis*และปลิงทะเล กล่าวคือเมื่อซาโปนินเป็นสารเคมีที่ดาวทะเลใช้ป้องกันอันตรายขับไล่ศัตรูอาจจะเป็นสารเคมีที่กระตุ้นให้กุ้งตัวตลกเข้ามากินดาวทะเลเป็นอาหารได้เช่นกัน ซาโปนินมีบทบาทอย่างมากในอาหารมนุษย์และสัตว์บกทั้งในทางบวกและทางลบ เช่น ซาโปนินคุณสมบัติ membrane-permeabilising, กระตุ้นภูมิคุ้มกัน และ hypocholesterolaemic มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการกินอาหารของสัตว์บก เป็นต้น (Das et al, 2012) แต่อย่างไรก็ตาม ซาโปนินมีคุณสมบัติรวมตัวกับน้ำเป็นโมเลกุลที่สามารถทำลายเนื้อเยื่อ (Stonik et al, 1999) จึงเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต (Mackie et al, 1975)

ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการกินอาหารของสัตว์น้ำจากการให้อาหารธรรชาติมีชีวิตมาเป็นให้กินอาหารที่ผลิตขึ้นนั้นควรเริ่มศึกษาตั้งแต่คุณค่าทางอาหารในอาหารธรรมชาติและศึกษาพฤติกรรมการหาและการกินอาหารของสัตว์น้ำด้วย พฤติกรรมการหาอาหารของสัตว์น้ำนั้นแตกต่างกันไป สัตว์น้ำบางชนิดต้องอาศัยทั้งสื่อเคมี (chemical cue) และการมองเห็น (vision cue) แต่สัตว์น้ำบางชนิดต้องการเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง (Hindley,1975;Moller,1978;Weissburg and Zimmer-Faust, 1993) สัตว์น้ำสามารถมองเห็นเหยื่อ (vision cue) ในระยะใกล้ได้แต่สัตว์น้ำต้องอาศัยสื่อเคมี(chemical cues) ผ่านสิ่งแวดล้อมในการหาเหยื่อระยะไกล (Archdale and Anraku, 2005; Hindley, 1975) และสัตว์น้ำได้รับรู้ถึงสารเคมีนั้นโดยทางประสาทสัมผัสเคมี chemoreceptors (Weissburg and Zimmer-Faust, 1993) chemical cues เป็นกลไกเคมีที่มีในสัตว์แต่ละชนิดและสัตว์น้ำรับรู้ได้โดยการสื่อสารผ่านน้ำ ซึ่งกุ้งตัวตลกอาศัยchemical cues ในการอาหารเช่นเดียวกับสัตว์น้ำอื่นๆ (จารุนันท์ และคณะ 2556; Pratoomyot et al, 2017) ซึ่งปริมาณความเข้มข้นและชนิดสารอินทรีย์/สารเคมีที่มีในอาหารเหล่านี้เป็นตัวกระตุ้นให้สัตว์น้ำตอบสนองต่ออาหาร

เช่น คาร์โบไฮเดรต กลุ่มแซคคาไรด์ (Anraku *et al*,2001 อ้างโดย Archdale and Anraku, 2005) กรดอมิโน (Hindley, 1975) สารที่ใช้ในการกระตุ้นดึงดูดให้สัตว์น้ำเข้าหาอาหาร ส่วนใหญ่เป็นสารเคมีในกลุ่มกรดอมิโนอิสระ (free amino acids), nucleotides, nucleosides and quaternary ammonium base (Takeda and Takii 1992; Penaflorida and Virtanen 1996; Gomes et al. 1997; Papatryphon and Sorares 2000) ดังนั้น ก่อนที่จะผลิตอาหารกุ้งตัวตลกต้องทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในสัตว์กลุ่มเอคไคโนเดิร์มที่เป็นอาหารธรรมชาติของกุ้งตัวตลกหรือที่ไม่เป็นอาหารธรรมชาติของกุ้งตัวตลก 1) เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานมาประกอบการผลิตอาหารให้มีคุณค่าทางอาหารครบตามความต้องการ (โครงการวิจัยที่ 1) 2) เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานสารสีที่เป็นองค์ประกอบในสัตว์กลุ่มเอคไคโนเดิร์มชนิดต่างๆเพื่อที่ใช้ประกอบการผลิตอาหารเพื่อให้กุ้งตัวตลกมีสีสันที่สวยงามตามความต้องการ (โครงการวิจัยที่ 2) 3) เพื่อทราบถึงชนิดสารอาหารที่คาดว่าเป็นสื่อเคมีในการกระตุ้นการกินอาหารของกุ้งตัวตลกเพื่อที่จะทำการศึกษา การยอบรับชนิดวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดและศึกษาผลของอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นต่อพัฒนาการการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของกุ้งตัวตลก (โครงการที่ 3) ในแผนการวิจัยนี้วัตถุดิบอาหารที่ใช้ผลิตอาหารสำเร็จรูปเป็นวัตถุดิบอาหารชนิดอื่นๆที่นำมาทดแทนการใช้ดาวแดงมีชีวิต เช่นสัตว์ทะเลที่ติดมากับอวนชาวประมงทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต/สัตว์น้ำอื่นๆที่มี chemical cues ชนิดที่กุ้งตัวตลกเลือกกินเป็นอาหารเพื่อลดปริมาณการจับดาวแดงจากธรรมชาติ เพิ่มมูลค่าจากการใช้ประโยชน์จากของเสียทางการประมงและยังสามารถเพิ่มทางเลือกในการประกอบอาชีพ สร้างงานและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหรือผู้สนใจทั่วไป สร้างเสริมความแข็งแกร่งให้กับธุรกิจการเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลกมากขึ้น แผนงานวิจัยนี้ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการวิจัย รวม 3 ปี โดยปีงบประมาณ 2560 เป็นปีที่2 ของแผนงานวิจัยนี้

แผนงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยคือเพื่อผลิตอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงกุ้งตัวตลกเพื่อทดแทนการเลี้ยงด้วยดาวทะเลมีชีวิตและจุดประสงค์ย่อยคือ

1 เพื่อหาคุณค่าอาหารองค์ประกอบสารอาหาร เช่น กรดไขมันและกรดอะมิโนในตัวอย่างสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม

2. เพื่อให้ทราบถึงรูปแบบของสารสีในสัตว์กลุ่มของ Echinodermata ที่สามารถนำมาเป็นองค์ประกอบของอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลก

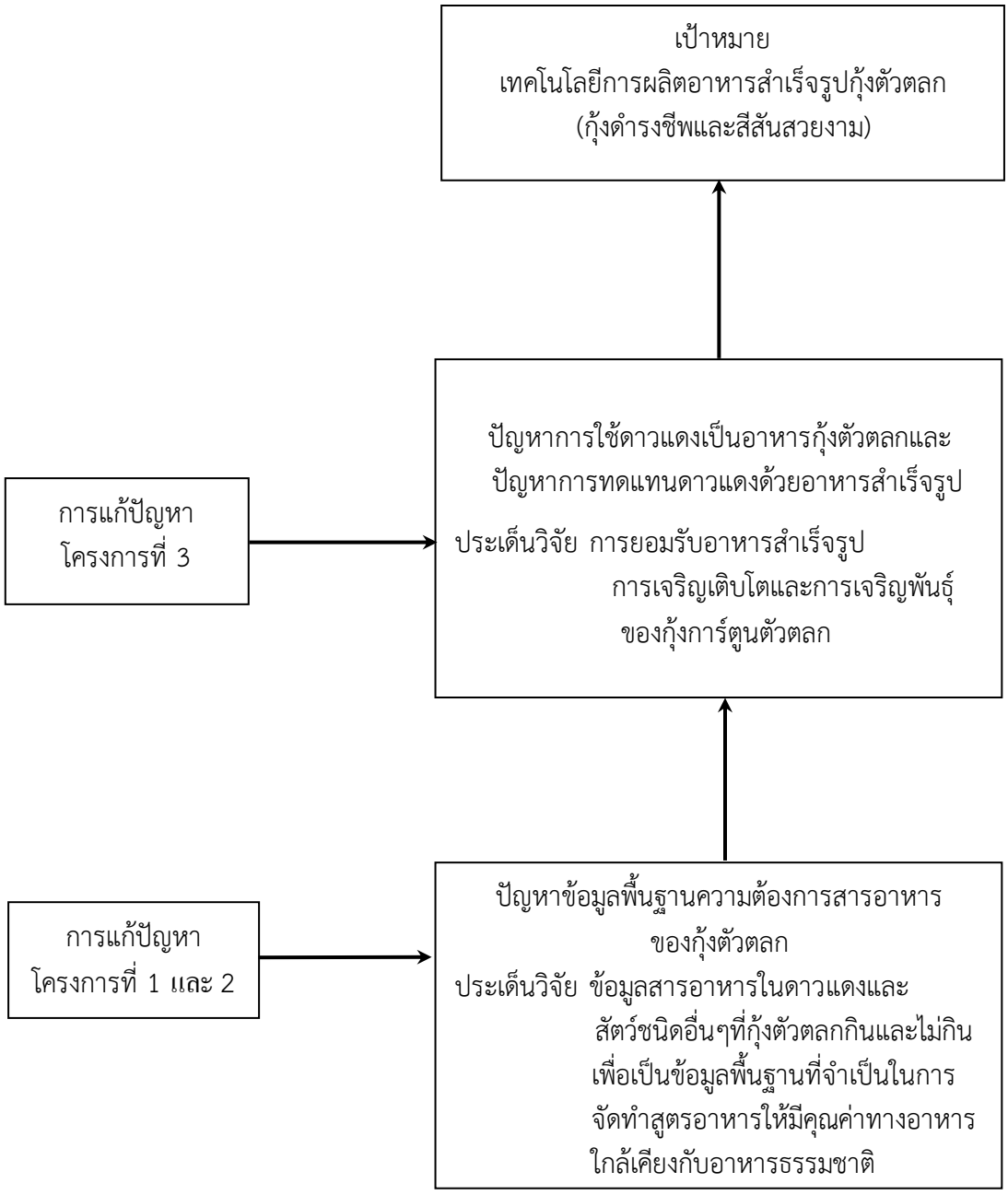
3. เพื่อศึกษาชนิดสัตว์ที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบอาหารสำเร็จรูปหรือสารเคมีที่เป็นสารกระตุ้นดึงดูดให้กุ้งตัวตลกกินอาหารและศึกษาผลของอาหารต่อการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของกุ้งตัวตลกที่กินอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นเปรียบเทียบกับการให้กินดาวแดงมีชีวิต

ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลได้รับงบประมาณพัฒนาการเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลก (กุ้งการ์ตูน) งบประมาณปี พ.ศ.2553-2555 ซึ่งประสบผลสำเร็จในการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงอย่างดี และผลงานวิจัยได้ถูกถ่ายทอดโดยการอบรมแก่ผู้สนใจในปี พ.ศ. 2556 แต่อย่างไรก็ตามจากการวิจัยการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลกจนครบวงจรการเพาะเลี้ยงสามารถแบ่งขั้นตอนการเพาะเลี้ยงตามวงจรชีวิตของสัตว์น้ำออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเลี้ยงพ่อ-แม่พันธุ์เพื่อการผลิตตัวอ่อน ขั้นตอนการอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อน ขั้นตอนการเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อให้ได้ขนาดตลาดและขั้นตอนสุดท้ายการเลี้ยงและพัฒนาพ่อ-แม่พันธุ์ที่เกิดจากการเพาะเลี้ยง ทำให้สามารถควบคุมการผลิตได้ โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งจากธรรมชาติ ซึ่งจากขั้นตอนการเพาะเลี้ยงดังกล่าว 3 ใน 4 ขั้นตอนต้องใช้ดาวแดงมีชีวิตซึ่งถูก

จับมาจากธรรมชาติเพื่อเป็นอาหารกุ้งตัวตลกในปริมาณมากซึ่งการเลี้ยงกุ้งตัวตลกด้วยดาวแดงมีชีวิตนอกจากส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลแล้วยังเป็นปัญหาอุปสรรคหนึ่งในการส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์

ดังนั้น เพื่อการแก้ปัญหาการใช้ดาวแดงให้น้อยลง ซึ่งทำให้การเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลกครบวงจรโดยไม่ต้องพึ่งพาธรรมชาติ การผลิตอาหารสำเร็จรูปเพื่อทดแทนการใช้ดาวแดงในธรรมชาติจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่คาดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากว่าราคาของกุ้งตัวตลกขึ้นกับขนาดและสีสันสวยงาม ในการผลิตอาหารสำเร็จรูปต้องทราบองค์ความรู้ของสารอาหารรวมทั้งสารสีที่มีในอาหารธรรมชาติของกุ้งการ์ตูนก่อนหรืออีกนัยหนึ่งคือทราบความต้องการสารอาหารของกุ้งตัวตลกที่กินอาหารธรรมชาติ เพื่อที่จะเผลิตอาหารที่กุ้งตัวตลกกินแล้วมีเจริญเติบโตดีและมีสีสันสวยงาม ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์สารอาหารในอาหารเหล่านี้ นอกจากนี้ เนื่องจากกุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมการกินอาหารในสัตว์ไฟลัมเอคไคโนเดิร์ม เช่น ดาวในกลุ่ม *Linckia* spp. และดาวที่ใช้เลี้ยงกุ้งตัวตลกอย่างมากคือดาวแดง *Linckia multifora* ซึ่งพฤติกรรมการกินอาหารเฉพาะของกุ้งตัวตลกนี้เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบเคมีสัตว์กลุ่มเอคไคโนเดิร์มอย่างมาก ดังนั้น การที่จะเลือกใช้สัตว์ชนิดใดๆมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลกทดแทนการใช้ดาวแดงมีชีวิตจากธรรมชาติจะต้องศึกษาการยอบรับอาหารในชนิดสัตว์ที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลกหรือการศึกษาชนิดสารเคมีที่สามารถกระตุ้นให้กุ้งตัวตลกเข้าหาอาหารได้ ซึ่งวิธีการหาอาหารของสัตว์น้ำในธรรมชาตินั้นแตกต่างกันในแต่ละชนิดของสัตว์ สัตว์น้ำบางชนิดต้องอาศัยทั้ง chemical cue และ vision cue แต่สัตว์น้ำบางชนิดต้องการเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง (Hindley,1975; Moller,1978; Weissburg and Zimmer-Faust, 1993) เมื่อทราบว่ากุ้งตัวตลกเลือกหรือไม่เลือกอาหารชนิดใดแล้ว ทำการผลิตอาหารสำเร็จรูปที่มีวัตถุดิบอาหารชนิดที่กุ้งตัวตลกเลือกในอัตราส่วนต่างๆกันและอาหารสำเร็จรูปควรจะมีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับอาหารธรรมชาติของกุ้งตัวตลก หลังจากนั้น ทำการทดลองเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของกุ้งตัวตลกที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองและดาวแดง



ภาพที่ 2 กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย

เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัย

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลได้พัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลก (กุ้งการ์ตูน) ซึ่งเป็นการลดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรความหลากหลายทาชีวภาพของไทย แต่อย่างไรก็ตาม ในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลกยังมีอุปสรรคในด้านอาหารของกุ้งตัวตลกเพราะเป็นการจับดาวทะเลจากธรรมชาติมาเป็นอาหาร แผนงานวิจัยนี้ จึงวิจัยการผลิตอาหารสำเร็จรูปโดยมีวัตถุดิบอาหารเป็นดาวทะเล/สัตว์อื่นๆที่ติดมากับอวนชาวประมงและไม่เป็นที่ต้องการของชาวประมงมาเป็นหนึ่งในวัตถุดิบอาหารสำเร็จรูปเพื่อเป็นการลดการใช้ดาวแดง แผนงานวิจัยนี้ตอบสนองยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) ยุทธศาสตร์ความเข้มแข็งภาคเกษตร ความมั่นคงของอาหารและพลังงาน ในการเพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพการผลิตภาคเกษตรโดยเฉพาะเกษตรกรที่มีอาชีพเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แผนงานวิจัยการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะลี้ยงกุ้งการ์ตูนนี้ยังตอบสนองนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2555-2559) ด้วยการสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ โดยมุ่งเน้นการวิจัยเพื่อสร้างมูลค่าผลผลิตด้านการประมงผลจากการวิจัยนี้จะเสริมความแข็งแกร่งเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลกของธุรกิจฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสวยงามให้มากขึ้น

เป้าหมายของผลผลิต (output) และตัวชี้วัด

โครงการที่	เป้าหมาย	ตัวชี้วัด	ปริมาณ
1	ข้อมูลสารอาหารในอาหารธรรมชาติของกุ้งตัวตลก	รายงานผลการวิจัย/ การเผยแพร่ผลงานวิจัย	1 เรื่อง
2	ข้อมูลสารสีในอาหารธรรมชาติของกุ้งตัวตลก	รายงานผลการวิจัย/ ตีพิมพ์วารสารวิชาการ	1 เรื่อง
3	ข้อมูลพฤติกรรมการอบสนองต่อสารเคมีในอาหาร ข้อมูลการผลิตอาหารสำเร็จรูป เจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของกุ้งตัวตลกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป	รายงานผลการวิจัย/ ตีพิมพ์วารสารวิชาการ	1 เรื่อง

เป้าหมายของผลลัพธ์ (outcome) และตัวชี้วัด

ผลลัพธ์ที่ได้จากแผนงานวิจัยนี้จะเป็นหนึ่งในขั้นตอนที่จะช่วยส่งเสริมและพัฒนาธุรกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสวยงามในประเทศไทยได้และลดผลกระทบจากการจับดาวแดงจากธรรมชาติ ในแผนงานวิจันนี้นอกจากการที่มีการนำเอาเทคโนโลยีการผลิตอาหารสำเร็จรูปไปทำการผลิตหรือพัฒนาในฟาร์มที่สนใจการเพาะเลี้ยงกุ้งตัวตลกเพื่อการค้ายังสามารถจดอนุสิทธิบัตรได้ด้วย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

-สามารถลดปัญหาเรื่องการใช้ดาวแดงมีชีวิตเป็นอาหารในการเลี้ยงกุ้งตัวตลกลดผลกระททรัพยากรธรรมชาติและช่วยพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสวยงามของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล

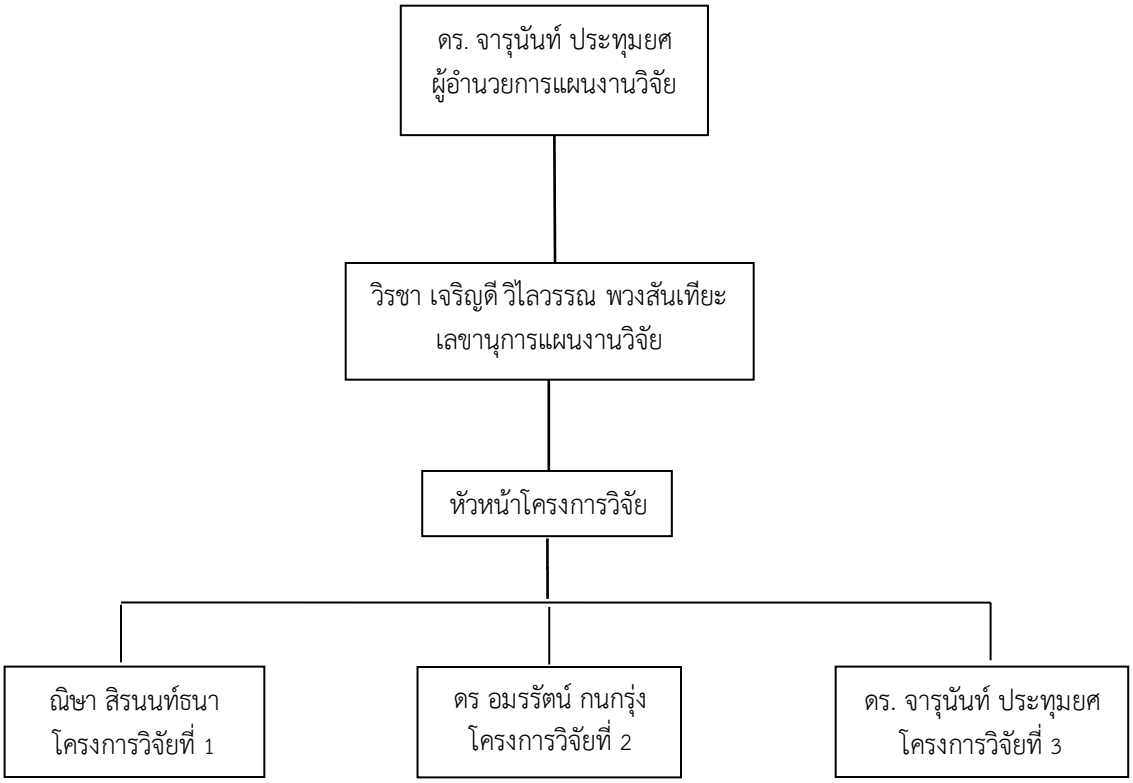
- มีเทคโนโลยีในการพัฒนาอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลก และได้ข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่การพัฒนาการผลิตอาหารสำเร็จรูปเชิงพาณิชย์ต่อไป

หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา เกษตรกรและผู้ที่มีอาชีพการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสวยงาม เอกชนที่มีธุรกิจเกี่ยวข้องกับธุรกิจสัตว์ทะเลสวยงามและผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง หน่วยงานที่มีงานที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น กรมประมง สถาบันวิจัยต่างๆ หน่วยงานของรัฐและเอกชน ที่มีหน้าที่หรืออาชีพ ส่งเสริม เผยแพร่ความรู้ทางวิชาการ เช่น สื่อต่างๆที่เผยแพร่ผลงานทางด้านการเกษตรกรรม และการประมง สถาบันการศึกษาต่างๆในระดับวิชาชีพหรืออุดมศึกษา โดยใช้ประกอบการเรียน การสอน และการวิจัย ฯลฯ

แผนการบริหารแผนงานวิจัยและแผนการดำเนินงาน พร้อมทั้งขั้นตอนการดำเนินงาน ตลอดแผนงานวิจัย และโปรดระบุการบริหารความเสี่ยง (ถ้ามี)

การดำเนินการวิจัยมักจะพบปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานปัญหาอาจมาจากการวางแผนการวิจัยที่อาจมีข้อบกพร่อง ปัญหาจากการขาดการกำกับและติดตามการทำวิจัย การประสานงานในแต่ละโครงการ การละเลยการดำเนินการวิจัยให้เป็นไปตามแผนงานหรือปัญหาตัวอย่างสัตว์ทดลอง เป็นต้น ดังนั้นเพื่อลดความเสี่ยงที่จะทำให้การวิจัยไม่สามารถดำเนินการไปได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในการบริหารแผนงานวิจัยจึงต้องมีการกำหนดให้มีคณะผู้บริหารแผนงานวิจัยมีบทบาทหน้าที่ชัดเจน ในการปรึกษาร่วมประชุมพิจารณาประเด็นปัญหาต่างๆ การกำกับติดตามผลการดำเนินงานร่วมกันและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ดังนี้



หน้าที่ความรับผิดชอบของคณะผู้บริหารแผนงานวิจัย

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย มีหน้าที่ให้ความสะดวก ประสานความร่วมมือ ระหว่างผู้บริหารและคณะผู้วิจัย เรียกประชุมและเป็นประธานการประชุม ในวาระต่างๆ เช่น ประชุมวางแผนการทำงาน ประชุมรายงานความก้าวหน้า ประชุมการจัดทำรายงาน ฯลฯ ตามที่กำหนดในแผนการบริหารงานวิจัย โดยให้แผนงานวิจัยประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์และเวลาที่กำหนดไว้

เลขานุการ/ผู้ประสานงาน/ผู้วางแผน มีหน้าที่ดำเนินการ กำหนดการประชุมในวาระต่างๆ ประสานงานในการประชุม การติดตามผลความก้าวหน้าต่างๆของแผนงานวิจัย รวมทั้งการประสานงานในการจัดทำรายงานต่างๆ

หัวหน้าโครงการวิจัย มีหน้าที่ให้คำแนะนำแก่คณะผู้ร่วมวิจัย และร่วมดำเนินการวิจัย และแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นกับงานวิจัยในเบื้องต้น หากไม่สามารถแก้ไขได้ หัวหน้าโครงการวิจัยจะเป็นผู้ขอให้มีการประชุมคณะผู้บริหารแผนงานวิจัย เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และเป็นผู้ควบคุมการทำวิจัยในโครงการที่รับผิดชอบ ให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ และเวลาที่กำหนดไว้

แผนการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จากการทำการวิจัยตามแผนงานวิจัย

การส่งเสริมให้นักวิจัยรุ่นเยาว์ที่มีไม่มีประสบการณ์หรือมีประสบการณ์ด้านการวิจัยน้อยกว่า 1 ปี จำนวน 1 คน เป็นผู้ร่วมวิจัยและร่วมพัฒนาแผนงานวิจัย เรียนรู้กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับจัดทำโครงการวิจัยและจริยธรรมสัตว์ทดลองโดยมีนักวิจัยที่มีประสบการณ์เป็นหัวหน้าโครงการวิจัยแต่ละโครงการ และมีผู้อำนวยการแผนงานวิจัยช่วยกำกับควบคุมดูแลทำให้นักวิจัยรุ่นเยาว์สะสมประสบการณ์และเพิ่มพูนทักษะในการวิจัยโดยการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง

การส่งเสริมนิสิตนักศึกษาที่มีไม่มีประสบการณ์ในการทำวิจัยได้เรียนรู้กระบวนการการทำวิจัย เช่น การทำปัญหาพิเศษ/การทำปริญญานิพนธ์ ทำให้นิสิต/นักศึกษา เรียนรู้กระบวนการและรู้จักแก้ไขปัญหาในการทำในการทำวิจัย การวิเคราะห์ผล การรายงานผลและการนำเสนองานวิจัยในรูปแบบต่างๆ เป็นการสะสมประสบการณ์ในการวิจัย

กลยุทธ์ของแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยนี้มีการกำหนดกลยุทธ์ของแผนงานวิจัยตั้งแต่เริ่มต้นและกำหนดเป้าประสงค์ (Goal) ที่ชัดเจนของแผนงานวิจัย รวมทั้งผลผลิตและผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นก่อน เพื่อให้โครงการวิจัยทุกโครงการที่จะพัฒนาขึ้นมีความสอดคล้อง สนับสนุนเป้าประสงค์หลักของแผนงานวิจัย และทำการวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ปัญหาด้วยการวิจัยและกำหนดโครงการวิจัยต่างๆที่สนับสนุนประเด็นวิจัยเหล่านั้น นอกจากนี้ มีการกำหนดตัวบุคคลที่มีความชำนาญในการวิจัยในแต่ละสาขาวิจัยเป็นหัวหน้าโครงการและสนับสนุนส่งเสริมให้ผู้ไม่มีประสบการณ์การวิจัยหรือมีประสบการณ์การวิจัยน้อยผู้ร่วมโครงการวิจัยเพื่อเรียนรู้การทำวิจัยเพื่อให้การพัฒนาโครงการวิจัยมีประสิทธิภาพ และลดความเสี่ยงในการไม่บรรลุเป้าประสงค์ของแผนงานวิจัย

ระยะเวลา และสถานที่ทำการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการวิจัยรวม 3 ปี เริ่มตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2558 จนถึง เดือนกันยายน 2561 ปีที่เสนอขอปีงบประมาณ 2559 เป็นปีที่ 1ของแผนงานวิจัย รายงานฉบับนี้เป็นรายงานแผนงานวิจัยปีที่ 2 ปีงบประมาณ 2560 (รวมงานวิจัยในปีแรกด้วย) สถานที่ทำการวิจัยคือสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

ผลการบริหารแผนงานวิจัย

องค์ประกอบของแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยเทคโนโลยีการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ประกอบไปด้วย 1 แผนงานวิจัยและโครงการวิจัย 3 โครงการ ระยะเวลาวิจัย 3 ปี เริ่มทำการวิจัยปีงบประมาณ 2559 รายละเอียดของ 3 โครงการ ดังนี้คือ

โครงการวิจัยที่ 1คุณค่าอาหารในสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม: แหล่งวัตถุดิบอาหารสำหรับกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ปีงบประมาณ 2559

โครงการวิจัยที่ 2 รูปแบบ การสะสมสารสีของสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม ปีงบประมาณ 2559

โครงการวิจัยที่ 3 การเลี้ยงกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ด้วยอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นทดแทนการเลี้ยงด้วยดาวแดงมีชีวิต (*Licnkia multifora*) ปีงบประมาณ 2560-2561

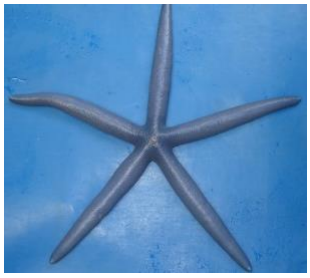
ผลการดำเนินงานแผนงานวิจัยที่ 1 ปีงบประมาณ 2559

แผนงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อที่จะหาแนวทางการผลิตอาหารสำเร็จรูป ในการดำเนินงานของแผนงานวิจัยในปีงบประมาณ 2559 และการดำเนินงานของโครงการวิจัย 2 โครงการเป็นการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในอาหารธรรมชาติของกุ้งตัวตลกซึ่งเป็นสัตว์ในกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม นอกจากนี้ แผนงานวิจัยได้วิเคราะห์หากรดอมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆด้วย ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีความสำคัญเพื่อนำไปทดลองในโครงการวิจัยที่ 3 ซึ่งได้รับการสนับสนุนวิจัยในปีงบประมาณ 2560-2561

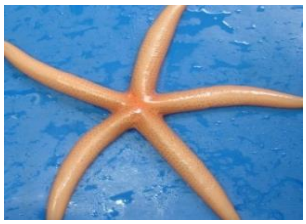
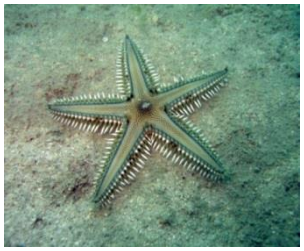
การจัดหาตัวอย่าง

แผนงานวิจัยสนับสนุนการจัดหาตัวอย่าง สัตว์ทะเลในกลุ่มเอคไคโนเดิร์มได้แก่ดาวทะเลและปลิงทะเล ซึ่งการจัดหาได้มาจากการจัดซื้อจากชาวประมงและร้านขายสัตว์ทะเลสวยงาม จตุจักร กรุงเทพมหานคร จำนวน 14 ตัวอย่าง จากตัวอย่างหล่านี้เป็นตัวอย่างที่ได้มาจากฝั่งทะเลอันดามันจำนวน 7 ตัวอย่างและได้จากฝั่งทะเลอ่าวไทยจำนวน 7 ตัวอย่าง นอกจากนี้ ยังมีตัวอย่างที่ไม่ได้วิเคราะห์ในโครงการที่ 1 และ 2 แต่คาดว่าจะสามารถนำมาใช้ในโครงการที่ 3 ได้ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงชนิดและแหล่งที่มาของตัวอย่างดาวทะเลและปลิงทะเลที่ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบคุณค่าทางอาหาร (โครงการที่1) และสารสี (โครงการที่ 2)

ลำดับ	รหัสตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	ชื่อวิทยาศาสตร์	แหล่งตัวอย่าง
1	AS1	ดาวแดง (Comet eastars)	*Linckia multiflora*	ทะเลอันดามัน
2	AS2	ดาวทะเลช็อคโกแลตชิป (Chocolate Chip Seastars)	*Protoreaster nodosus* (Linnaeus, 1758)	ทะเลอันดามัน
3	AS3	ดาวทะเลปุ่มใหญ่	*Pentaceraster gracilis* (Lütken, 1871)	ทะเลอันดามัน
4	AS4	ดาวทะเลสีฟ้า 	*Linckia laevigata* (Linnaeus, 1758)	ทะเลอันดามัน

ตารางที่ 1 (ต่อ) แสดงชนิดและแหล่งที่มาของตัวอย่างดาวทะเลและปลิงทะเลที่ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบคุณค่าทางอาหาร (โครงการที่1) และสารสี (โครงการที่ 2)

5	AS5	ดาวทะเลสีทอง	*Linckia guildingi* Gray, 1840 (AS5)	ทะเลอันดามัน
6	AS6	ดาวทะเลสีชมพู 	*Linckia laevigata* (Linnaeus, 1758)	ทะเลอันดามัน
7	AS7	ดาวหมอนปักเข็มหมุด ดาวซาละเปา (Pin Cushin Seastar)	*Culcita schmideliana* (Retzius, 1805)	ทะเลอันดามัน
8	GS1	ดาวทะเลส้ม (Orange-coloured Cake Seastar)	*Anthenea pentagonula* (Lamarck, 1816)	ทะเลอ่าวไทย บางสะเหร่ สัตหีบ ชลบุรี
9	GS2	ดาวทราย (Sand Seastar) 	*Astropecten polyacanthus*	ทะเลอ่าวไทย หาดสุชาดา ระยอง

ตารางที่ 1 (ต่อ) แสดงชนิดและแหล่งที่มาของตัวอย่างดาวทะเลและปลิงทะเลที่ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบคุณค่าทางอาหาร (โครงการที่1) และสารสี (โครงการที่ 2)

10	GS3	ดาวแสงอาทิตย์ (Eight-arms Seastar)	*Luidia maculata* (Müller & Troschel 1842)	ทะเลอ่าวไทย หาดสุชาดา ระยอง
11	GSC1	ปลิงหินหนาม	*Stichopus horrens* (Selenka, 1867)	ทะเลอ่าวไทย แสมสาร สัตหีบ ชลบุรี
12	GSC2	ปลิงดำหนามสั้น	*Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* (Brandt, 1835)	ทะเลอ่าวไทย แสมสาร สัตหีบ ชลบุรี
13	GSC3	ปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีชมพูเหลือง	*Cercodesma cf. anceps* Selenka, 1867	ทะเลอ่าวไทย
14	GSC4	ปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว	*Colochirus quadrangularis* Troschel, 1843	ทะเลอ่าวไทย

ตารางที่ 2 แสดงชนิดตัวอย่างวิเคราะห์กรดอมิโนเพื่อนำมาประกอบใช้ในโครงการที่ 3

ลำดับ	รหัสตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง
1	SP1	สาหร่ายซากัสซั่ม (ต้นโตเต็มวัย)
2	SP2	สาหร่ายซากัสซั่ม (ต้นอ่อน)
3	FF1	เนื้อปลาสด
4	IFG	อวัยวะภายในปลาข้างเหลือง (คุณภาพดี)
5	IFB	อวัยวะภายในปลาข้างเหลือง (คุณภาพไม่ดี)

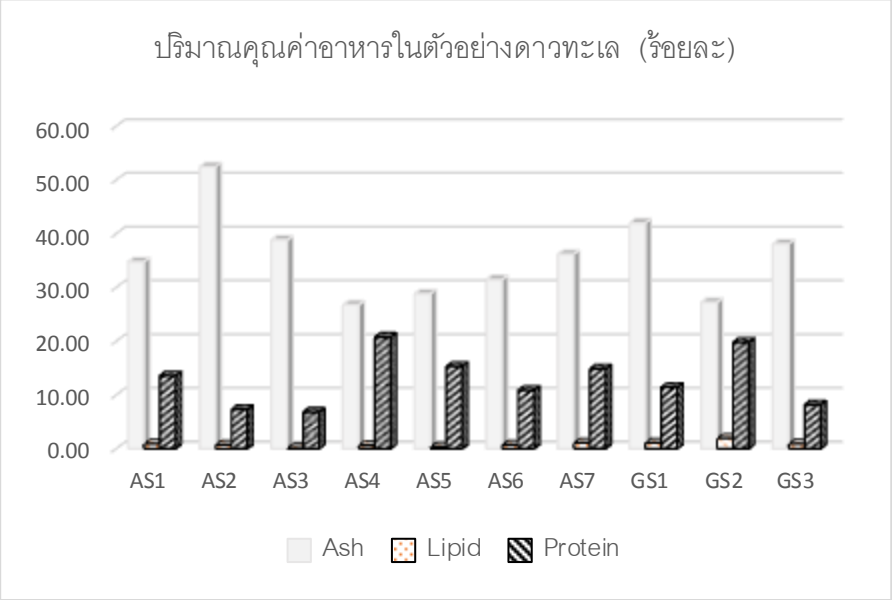
ผลการดำเนินงานโครงการวิจัยที่ 1 ปีงบประมาณ 2559

การวิจัยของโครงการนี้เป็นโครงการศึกษาคุณค่าอาหารองค์ประกอบสารอาหาร เช่น กรดไขมันและกรดอะมิโนในตัวอย่างสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์มเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับผลิตอาหารสำเร็จรูปของแผนงานวิจัยในปีถัดไป ผลการดำเนินการวิจัยของโครงการวิจัยที่ 1ได้ผลสำเร็จ ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คือ ซึ่งเป็นผลสำเร็จที่ได้เป็นผลสำเร็จในเบื้องต้น (P) เป็นไปตามเป้าหมายของโครงการ ทั้งนี้ผลการวิจัยมีรายละเอียดโดยสรุปดังต่อไปนี้ คือ

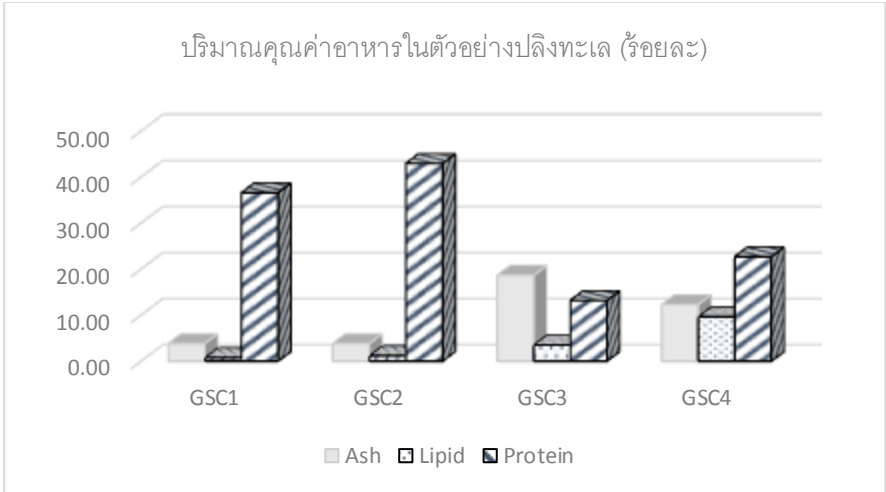
จากการศึกษาปริมาณโปรตีน ไขมัน ในตัวอย่างดาวทะเล 10 ชนิด พบว่าปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีนพบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในการศึกษานี้ ดาวทะเลที่ศึกษามีโปรตีนระหว่าง 7-21% ดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata* (AS4) มีปริมาณโปรตีนสูงสุดประมาณ 21% รองลงมาคือดาวทราย *Astropecten polyacanthus* GS2 ประมาณ 20% ดาวทะเลสีทอง *Linckia guildingi* (AS5) และดาวหมอนปักเข็มหมุด *Culcita schmideliana* (AS7) ประมาณ 15% ดาวทะเลเหล่านี้มีโปรตีนมากกว่าดาวแดง *Linckia multiflora*(ประมาณ 14 %) ซึ่งเป็นอาหารหลักใช้เลี้ยงกุ้งตัวตลก ในการศึกษานี้ดาวทะเลมีไขมันระหว่าง 0.1-2% ดาวทราย *A. polyacanthus* (GS2) มีไขมันประมาณ 2% ซึ่งสูงกว่าในดาวแดงที่มีไขมันประมาณ 1% ส่วนดาวทะเลสีส้ม *Anthenea pentagonula* (GS1) และดาวหมอนปักเข็มหมุด *Culcita schmideliana* (AS7) มีไขมันใกล้เคียงกับดาวแดง (ประมาณ 1%) ในดาวทะเลที่ศึกษาพบว่ามีปริมาณความชื้นประมาณ 42 - 71% มีปริมาณเถ้าประมาณ 27-53% และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตละลายในน้ำ (nitrogen free extract, NFE) ประมาณ 40-57% ดาวทะเลที่มีความชื้นสูงสุดได้แก่ดาวหมอนปักเข็มหมุด *Culcita schmideliana* (AS7) ดาวทะเลที่มีปริมาณเถ้า สูงสุดคือดาวทะเลปุ่มใหญ่ *Protoreaster nodosus* (AS2) และดาวทะเลที่มีคาร์โบไฮเดรตละลายในน้ำสูงสุดคือดาวทะเล *Linckia laevigata* (AS 6) (ภาพที่ 3)

ในการศึกษาคุณค่าทางอาหารในปลิงทะเล 4 ชนิดพบปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีนพบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปริมาณโปรตีนในปลิงที่ศึกษามีค่าระหว่าง 13-43% พบโปรตีนสูงสุดในปลิงทะเลสีดำ *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* GSC2 (42.94%) ปริมาณไขมันในปลิงทะเลที่ศึกษามีค่าระหว่าง 1-10% พบไขมันพบสูงสุดในปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว *C. quadrangularis* Troschel (GSC4) (9.63%) รองลงมาคือปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีชมพูเหลือง *C. anceps :* GSC3(3.5%) ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้าและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำในปลิงทะเลที่ศึกษามีค่าระหว่าง 70-93%, 4-19% และ 22-65% ตามลำดับ ในปลิงหินหนาม *Stichopus horrens* Selenka, 1867

(GSC1) มีปริมาณความชื้นพบสูงสุด ในปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีชมพูเหลือง *Cercodemas anceps* (Selenka, 1867) GSC3 มีเถ้าและ NFE สูงสุด ปลิงทะเลที่ศึกษาทุกชนิดมีโปรตีนสูงกว่าดาวแดงยกเว้นปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีชมพูเหลือง *C. anceps* (GSC3) ส่วนปลิงทะเลที่มีไขมันสูงกว่าดาวแดงคือปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีชมพูเหลือง *C. anceps* และปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว *C. quadrangularis* (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 คุณค่าทางอาหาร (proximate analysis) ในดาวทะเล



ภาพที่ 4 คุณค่าทางอาหาร (proximate analysis) ในปลิงทะเล

ชนิดและปริมาณกรดไขมันในดาวทะเล

จาการศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันในดาวทะเลพบว่าปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว (SFAs) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFAs) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFAs) และกรดไขมันจำเป็น C18:2n6, C18:3n6, C20:4n6 และ C20:5n3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดาวทะเลสีทอง *L. guildingi* (AS5) มีกรดไขมันอิ่มตัว (SFAs) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFAs) สูงสุดประมาณ 57.51%TFA dry wt. และ 10.85%TFA dry wt. ตามลำดับ ดาวทะเลปุ่มใหญ่ *P. nodosus* (AS2) พบกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFAs) สูงสุดประมาณ 19.68%TFA ดาวแสงอาทิตย์ *L. maculata* (GS3) มีกรดไขมันจำเป็น ARA (C20:4n6) ปริมาณ 14.51%TFA; 423.82 mg/ g dry wt. ดาวทราย *A. polyacanthus* (GS2) มีกรดไขมันจำเป็น EPA (C20:5n-3) สูงสุด 9.48%TFA; 422.87mg/ g dry wt.นอกจากนี้ เฉพาะดาวแสงอาทิตย์ *L. maculata* (GS3) และดาวทราย *A. polyacanthus* (GS2) ที่มีกรดไขมันจำเป็น DHA เป็นองค์ประกอบในปริมาณ 1-2 % TFA. (ตารางที่ 3-7)

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล AS1 –AS5 (%TFA dry wt.)

Fatty acid	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5
C14:0	1.41±0.33	1.59±0.18	nd	2.04±0.47	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
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
C20:4n6	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
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 4 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล AS6-AS7, GS1-GS3 (%TFA dry wt.)

Fatty acid	AS6	AS7	GS1	GS2	GS3
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
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
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
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 5 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล AS1-AS4 (mg/g)

Fatty acid	AS1	AS2	AS3	AS4
C14:0	5.18±0.86	0.72±0.08	4.57±0.89	15.74±1.13
C14:1	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
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
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 6 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล AS5-AS7 (mg/g)

Fatty acid	AS5	AS6	AS7
C14:0	nd	11.54±0.17	10.99±0.24
C14:1	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
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
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 7 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างดาวทะเล GS1-GS3 (mg/g)

Fatty acid	GS1	GS2	GS3
C14:0	14.05±1.43	14.05±0.78	15.89±0.30
C14:1	nd	nd	nd
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
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

ชนิดและปริมาณกรดไขมันในปลิงทะเล

ในปลิงทะเลพบกรดไขมันอิ่มตัว (SFAs) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFAs) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFAs) และกรดไขมันจำเป็น C20:4n6 และ C20:5n3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว *C. quadrangularis* (GSC4) มีกรดไขมันอิ่มตัว (SFAs) เป็นองค์ประกอบสูงสุดในปริมาณ 26.95%TFA dry wt. ปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีชมพูเหลือง *C. anceps* (GSC3) มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFAs) เป็นองค์ประกอบสูงสุดในปริมาณ 22.25%TFA dry wt. ปลิงทะเลดำ *H. (Mertensiothuria) leucospilota* (GSC2) มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFAs) เป็นองค์ประกอบสูงสุดในปริมาณ 24.27%TFA ปลิงหินหนาม *S horrens* (GSC1) มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวจำเป็น ARA

(C20:4n6) เป็นองค์ประกอบสูงสุดในปริมาณ 20.11% TFA; 179.45 mg/ g dry wt. และปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีเขียว *C. quadrangularis* (GSC4) มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวจำเป็น EPA (C20:5n3) เป็นองค์ประกอบสูงสุดในปริมาณ 8.85% TFA; 306.72 mg/ g dry wt. ปลิงทะเลมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวจำเป็น DHA 29-62 mg/g dry wt. (ตารางที่ 8-9)

ตารางที่ 8 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล GSC1-GSC4 (%TFA dry wt.)

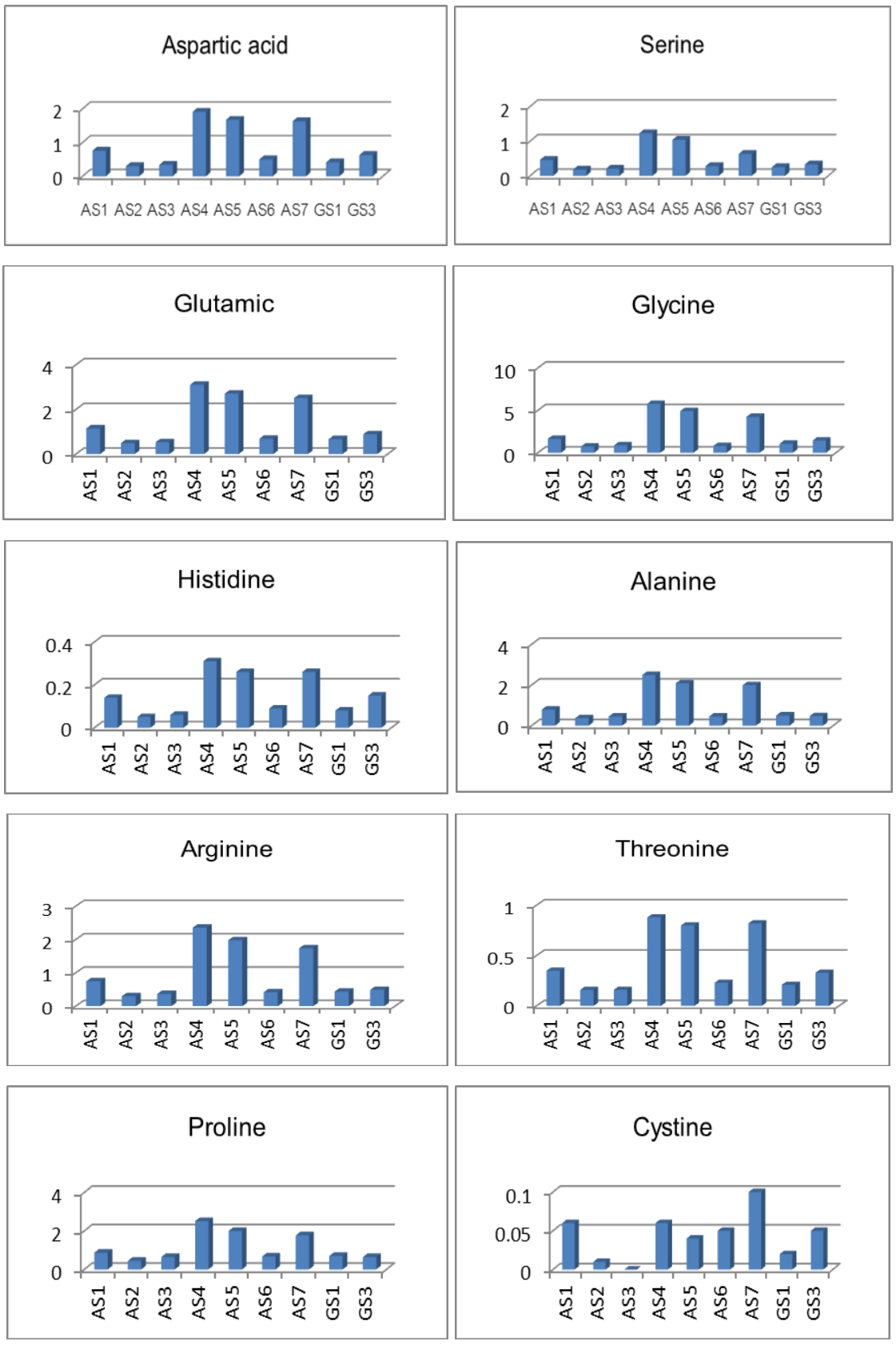
Fatty acid	GSC1	GSC2	GSC3	GSC4
C14:0	1.65±0.14	1.59±0.03	0.87±0.03	0.97±0.01
C16:0	7.34±0.11	7.08±0.22	9.93±0.51	9.69±0.13
C16:1n7	0.95±0.08	1.76±0.09	13.50±0.72	13.21±0.13
C18:0	5.12±0.19	4.00±0.05	9.98±0.52	11.70±0.10
C18:1n9	1.74±0.50	1.19±0.22	7.47±0.77	7.33±0.15
C18:2n6	nd	nd	nd	nd
C18:3n6	0.45±0.77	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
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 9 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างปลิงทะเล GSC!-GSC4 (mg/g)

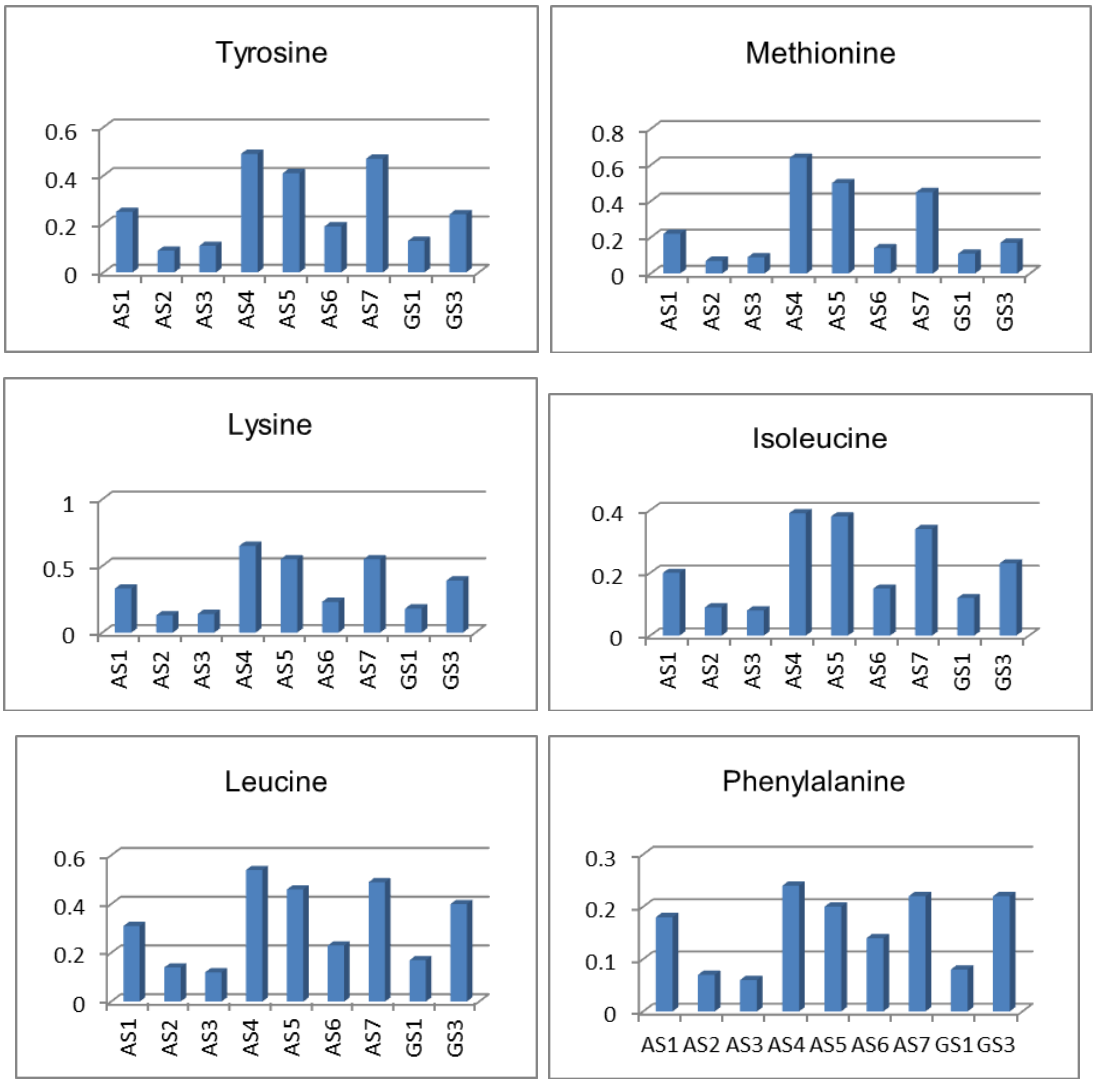
Fatty acid	GSC1	GSC2	GSC3	GSC4
C14:0	7.35±0.13	8.45±1.43	9.60±0.22	14.57±1.05
C16:0	18.05±0.73	19.91±5.08	61.72±7.93	84.46±7.16
C16:1n7	8.51±0.48	15.45±3.95	240.41±5.49	339.16±28.09
C17:0	30.29±2.43	27.37±4.30	12.46±1.06	20.31±1.43
C18:0	18.16±0.73	16.73±3.89	97.18±0.52	140.18±1.73
C18:1n9	5.33±0.85	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
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

ชนิดและปริมาณกรดอมิโนในดาวทะเล

ปริมาณกรดอะมิโน appartic serine glutamic glycine histidine arginine threonine alanine proline cystine tyrosine valine methionine lysine isoleucine leucine phenylalanine พบในดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata* (AS4) ดาวทะเลสีทอง *Linckia guildingi* (AS5) ดาวหมอนปักเข็มหมุด *Culcita schmideliana* (AS7) ในปริมาณสูงและในดาวทะเลสีน้ำเงิน *L.laevigata* (AS4) พบกรดอมิโนค่อนข้างสูงกว่าในดาวชนิดอื่นๆ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ชนิดและปริมาณ Amino Acid ในดาวทะเล (กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง)



ภาพที่ 5 (ต่อ) ชนิดและปริมาณ Amino Acid ในตัวอย่างดาวทะเล (กรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง)

ผลการดำเนินงานโครงการวิจัยที่ 2 ปีงบประมาณ 2559

การวิจัยของโครงการนี้เป็นโครงการศึกษารูปแบบของสารสีในตัวอย่างสัตว์ทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับผลิตอาหารสำเร็จรูปของแผนงานวิจัยในปีถัดไป ผลการดำเนินการวิจัยของโครงการวิจัยที่ 2 ได้ผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คือ ซึ่งเป็นผลสำเร็จที่ได้เป็นผลสำเร็จในเบื้องต้น (P) เป็นไปตามเป้าหมายของโครงการ ทั้งนี้ผลการวิจัยมีรายละเอียดโดยสรุปดังต่อไปนี้ คือ

ศึกษา ชนิด และ ปริมาณสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์ ในดาวทะเลจำนวน 9 ชนิด คือ Comet seastars *L. multiflora* (AS1), Chocolate chip seastars *Protoreaster nodosus* (AS2) , ดาวะเลปุ่มใหญ่ *Pentaceraster gracilis* (AS3), Blue seastars *Linckia laevigata* (AS4), Yellow seastars *Linckia guildingi* (AS5), Pink seastars *Linckia laevigata* (AS6), ดาวหมอนปักเข็มหมุด *Culcita schmideliana* (AS7), Orange-coloured Cake seastars *Anthenea pentagonula* (GS1) และดาวแสงอาทิตย์ *Luidia maculata* (GS3) และในปลิงทะเล 3 ชนิด คือปลิงหินหนาม *Stichopus horrens*

Selenka, 1867 (GSC1) ปลิงทะเลดำ *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* (Brandt, 1835) (GSC2) ปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีชมพูเหลือง *Cercodemas anceps* (Selenka, 1867) (GSC3) ด้วยระบบของเครื่อง HPLC ซึ่งมีสารมาตรฐานเทียบ 6 ชนิด คือ สารมาตรฐาน Astaxanthin , Beta-carotene, Canthaxanthin, Echinenone, Zeaxanthin และ Lutein

ในดาวแดง *L. multiflora* (AS1) มีสารสี Astaxanthin ปริมาณ 1156.70 µg/g ของน้ำหนักเปียก ดาวทะเลที่มีสารสี Astaxanthin มากกว่าใน *L. multiflora* (AS1) คือใน *Linckia laevigata* (AS4) ปริมาณ 27881.22 µg/g ของน้ำหนักเปียก ใน *Protoreaster nodosus* (AS2) ปริมาณ 1801.57 µg/g ของน้ำหนักเปียก ใน *L. multiflora* (AS1) ปริมาณ 1156.70 µg/g ของน้ำหนักเปียก (ตารางที่ 10)

ในดาวแดง *L. multiflora* (AS1) มีสารสี Beta-carotene ปริมาณ 0.23 µg/g ของน้ำหนักเปียก ดาวทะเลที่มีสารสี Beta-carotene มากกว่าใน *L. multiflora* (AS1) คือใน *Culcita schmideliana* (AS7) ปริมาณ 0.68 µg/g ของน้ำหนักเปียก ใน *Linckia laevigata* (AS4) ปริมาณ 0.64 µg/g ของน้ำหนักเปียก (ตารางที่ 10)

ในดาวแดง *L. multiflora* (AS1) มีสารสี Cantaxanthin ปริมาณ 0.50 µg/g ของน้ำหนักเปียก ดาวทะเลที่มีสารสี Cantaxanthin มากกว่าใน *L. multiflora* (AS1) คือใน *Culcita schmideliana* (AS7) ปริมาณ 0.69 µg/g ของน้ำหนักเปียก (ตารางที่) ส่วนใน *Linckia guildingi* (AS5) และ *Linckia laevigata* (AS6) ไม่สามารถตรวจวัดหาปริมาณได้ (ตารางที่ 10)

ในดาวแดง *L. multiflora* (AS1) มีสารสี Zeaxanthin และ Lutein ปริมาณ 41.74 µg/g ของน้ำหนักเปียกซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดในระหว่างดาวทะเลที่ศึกษาครั้งนี้ ในขณะที่ดาวชนิดอื่นๆมีสารสี Zeaxanthin และ Lutein ปริมาณ 12.67-29.49 µg/g ของน้ำหนักเปียก ยกเว้นดาวแสงอาทิตย์ใรสารสีนี้เพียง 2.84 µg/g ของน้ำหนักเปียก (ตารางที่ 10)

ในดาวแดง *L. multiflora* (AS1) ไม่พบสารสี Echinenone อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้พบสารสี Echinenone ในดาวทะเลชนิดอื่นประมาณ 0.1-4.3% โดยใน *Culcita schmideliana* (AS7) มีสารสี Echinenone ปริมาณมากสุดและ *Anthenea pentagonula* (GS1) มีสารสี Echinenone ปริมาณน้อยสุด (ตารางที่ 10)

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าในปลิงทะเลที่ศึกษาทุกชนิดมีปริมาณสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์น้อยกว่าในดาวแดง *L. multiflora* (AS1) (ตารางที่ 10)

ในการศึกษาปริมาณสารสีแอนโทไซยานินรวมในดาวทะเลจำนวน 9 ชนิดและปลิงทะเล 3 ชนิด ดังกล่าวพบว่าในดาวแดง *L. multiflora* (AS1) และในปลิงหินหนาม *Stichopus horrens* (GSC1) ไม่พบสารสีแอนโทไซยานินรวม ในตัวอย่างดาวทะเลและปลิงทะเลชนิดอื่นที่ศึกษาพบสารสีแอนโทไซยานินรวมในปริมาณ 0.04-4.49 µg/g ของน้ำหนักเปียก โดยดาวหมอนปักเข็มหมุด *Culcita schmideliana* (AS7) มีสารสีแอนโทไซยานินรวมสูงสุดและ *Linckia laevigata* (AS6) มีสารสีแอนโทไซยานินรวมน้อยสุด (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณของสารสีแคโรทีนอยด์ ชนิด Astaxanthin, Beta-carotene, Cathaxanthin, Echinenone , Zeaxanthin และ Luetein ในดาวทะเล 9 ชนิดและปลิงทะเล 3 ชนิด

ชนิดของสัตว์	Astaxanthin µg/g (wet wt.)	Beta-carotene µg/g (wet wt.)	Canthaxanthin µg/g (wet wt.)	Echinenone µg/g (wet wt.)	Zeaxanthin and Lutein µg/g (wet wt.)
ดาวทะเลเหลืองแดง (ดาวแดง) *Linckia .multiflora* (AS1)	1156.70	0.23	0.50	nd	41.74
Chocolate chip seastars *P. nodosus*	1801.57	0.11	0.25	0.33	26.69
ดาวทะเลปุ่มใหญ่ *P. gracilis* (AS3)	75.24	0.07	0.29	0.62	26.54
Blue seastars *L. laevigata* (AS4)	27881.92	0.64	0.42	1.81	24.75
Yellow seastars *L.guildingi* (AS5)	313.48	0.09	Nd	0.16	12.67
Pink seastars *L. Laevigata* (AS6)	925.38	Nd	Nd	0.98	19.18
ดาวหมอนปักเข็มหมุด *C. schmideliana* (AS7)	817.66	0.68	0.69	4.34	29.49
ดาวทะเลสีส้ม *A.pentagonula* (GS1)	401.31	Nd	0.29	0.07	27.15
ดาวแสงอาทิตย์ *L.maculata* (GS3)	13.59	Nd	0.10	1.43	2.84
ปลิงทะเลกิ่งไม้สีชมพู *C. anceps* (GSC3)	167.51	Nd	0.32	nd	2.58
ปลิงหินหนาม *S. horrens* (GSC1)	1.07	0.52	Nd	0.03	1.23
ปลิงทะเลสีดำ *H. leucospilota* (GSC2)	5.62	0.11	Nd	nd	1.35

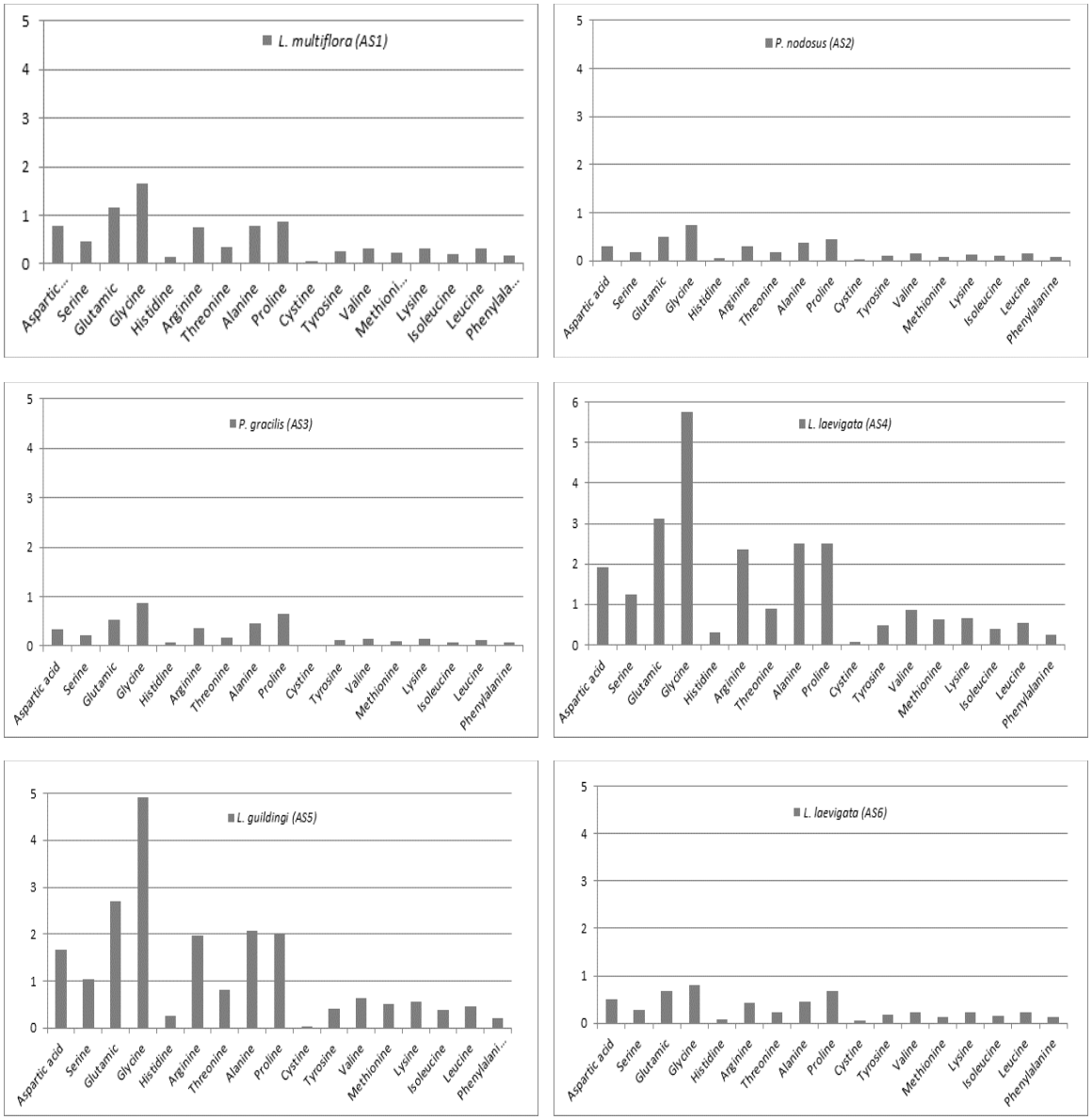
ตารางที่ 11 แสดงปริมาณของสารสีแอนโทไซยานิน ในดาวทะเลจำนวน 9 ชนิด และปลิงทะเล จำนวน 3 ชนิด

รหัสตัวอย่าง	ชนิดตัวอย่าง	Total anthocyanin µg/g ของน้ำหนักเปียก
AS1	ดาวทะเลเหลืองแดง (ดาวแดง) *Linckia multiflora*	nd
AS2	Chocolate chip seastars *Protoreaster nodosus*	0.50
AS3	ดาวทะเลปุ่มใหญ่ *Pentaceraster gracilis*	0.73
AS4	ดาวทะเลสีน้ำเงิน *Linckia laevigata*	0.30
AS5	ดาวทะเลสีทอง *Linckia guildingi*	0.98
AS6	ดาวทะเลสีชมพู *Linckia laevigata*	0.04
AS7	ดาวหมอนปักเข็มหมุด *Culcita schmideliana*	4.49
GS1	Orange-Coloued Cake seastars *Anthenea pentagonula*	1.39
GS3	ดาวแสงอาทิตย์ *Luidia maculata*	0.86
GSC1	ปลิงหินหนาม *Stichopus horrens*	1.58
GSC2	ปลิงทะเลสีดำ *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota*	nd
GSC3	ปลิงทะเลหนวดกิ่งไม้สีชมพูเหลือง *Cercodemas anceps*	0.26

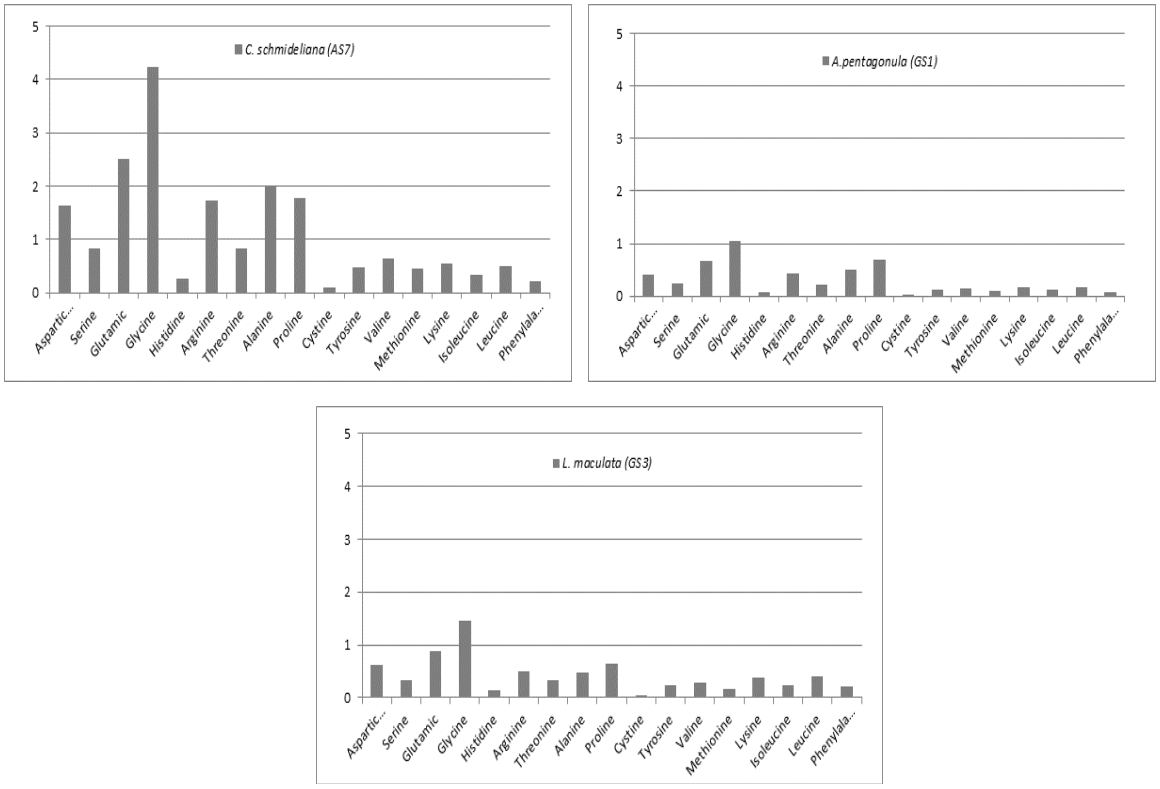
ผลการดำเนินงานแผนงานวิจัยเพื่อใช้ประโยชน์ในโครงการที่ 3 ปีงบประมาณ 2559

ปริมาณความเข้มข้นและชนิดกรดอมิโน (Hindley, 1975) หรือ คาร์โบไฮเดรตกลุ่มแซคคาไรด์ (Anraku*et al*,2001 อ้างโดย Archdale andAnraku, 2005) เป็นสารเคมีที่มีผลในการกระตุ้นให้สัตว์น้ำตองสนองต่อสารเคมีอาหาร แผนงานวิจัยได้วิเคราะห์กรดอมิโนในดาวทะเล ในเนื้อปลาสด ในอวัยวะภายในปลาคุณภาพดีใน อวัยวะภายในปลาคุณภาพไม่ดี และในสาหร่ายซากัสซั่มเพื่อที่จะวิเคราะห์หาความแตกต่างของชนิดกรดอมิโนที่เป็นองค์ประกอบในตัวอย่างเหล่านี้ ในการศึกษานี้พบว่ากรดอมิโนในดาวแดง *L. multiflora* (AS1) ที่เป็นอาหารธรรมชาติของกุ้งตัวตลกและในดาวทะเลชนิดอื่นๆ มีกรดอมิโน glycine glutamic proline alanine aspartic arginine เป็นองค์ประกอบหลัก และมีกรดอมิโน serine threonine valine lysine leucine tyrosine methionine isoleucine phenylalanine histidine และ cystine เป็นองค์ประกอบในปริมาณน้อยกว่า เปรียบเทียบระหว่างกรดอมิโน 6 ชนิดหลัก (glycine glutamic proline alanine aspartic arginine) ที่เป็นองค์ประกอบในดาวทะเลทุกชนิดพบว่าดาวทะเลทุกชนิดมีกรดอมิโน glycine glutamic proline เป็นองค์ประกอบปริมาณมากและมี aspartic alanine arginine ในปริมาณค่อนข้างน้อยกว่ากรดอมิโนชนิดอื่น ในขณะที่กรดอมิโนที่เป็นองค์ประกอบเนื้อปลาสด อวัยวะภายในของปลาคุณภาพดีและสาหร่ายซากัสซั่ม (อาหารที่กุ้งตัวตลกไม่กิน) พบว่ามีกรดอมิโน glutamic และ aspartic เป็นองค์ประกอบหลักและมีกรดอมิโน glycine เป็นองค์ประกอบน้อย แต่อวัยวะภายในปลา

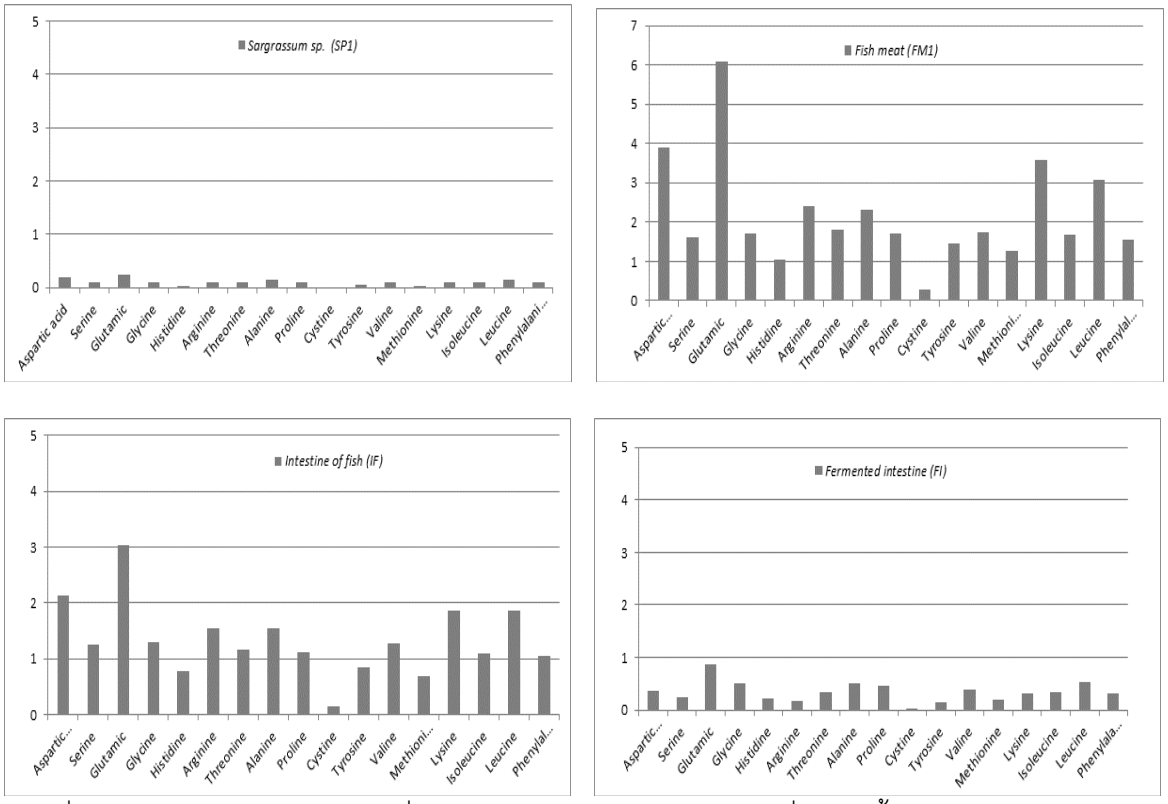
คุณภาพไม่ดี(มีกลิ่นเน่า) พบว่ามีกรดอมิโน glutamic เป็นองค์ประกอบหลักเช่นกัน และมีกรดอมิโน glycine proline alanine ในปริมาณรองลงมาแต่มีกรดอมิโน aspartic ในปริมาณน้อย (ภาพที่ 6-8) ซึ่งความแตกต่างของชนิดและปริมาณกรดอมิโนที่เป็นองค์ประกอบในอาหารเหล่านี้จะนำไปศึกษาการยอมรับอาหารและการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลกในโครงการที่ 3 ต่อไป



ภาพที่ 6 ชนิดและปริมาณกรดอมิโนที่เป็นองค์ประกอบของดาวทะเล *L. multiflora* (AS1) ดาวทะเล *P. nodosus*(AS2) ดาวทะเล *P. gracilis* (AS3) ดาวทะเล *Linckia laevigata* (AS4) ดาวทะเล *Linckia guildingi* (AS5) ดาวทะเล *Linckia laevigata* (AS6)



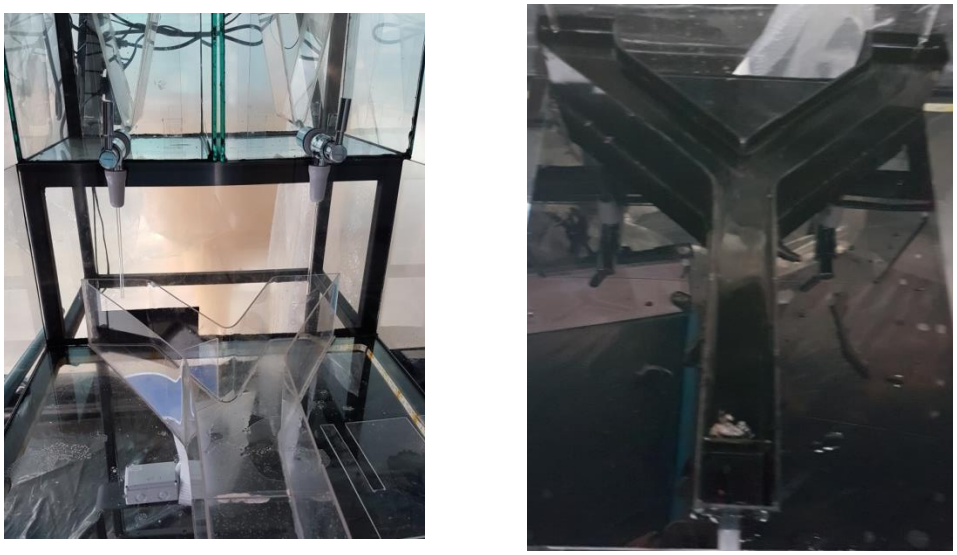
ภาพที่ 7 ชนิดและปริมาณกรดอมิโนที่เป็นองค์ประกอบของดาวทะเล *C. schmideliana* (AS7) ดาวทะเล *A. pentagonula* (GS1) ดาวทะเล *L. maculata* (GS3)



ภาพที่ 8 ชนิดและปริมาณกรดอมิโนที่เป็นองค์ประกอบในสาหร่ายซากัสซั่ม ในเนื้อปลาสดและในอวัยวะภายในปลาคุณภาพดีและคุณภาพไม่ดี

ผลการดำเนินงานโครงการวิจัยที่ 3 ปีงบประมาณ 2560

การวิจัยของโครงการนี้เป็นโครงการศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองต่อสารเคมีในดาวทะเลและต่อสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในดาวทะเล การดำเนินงานของโครงการวิจัยที่ 3 ศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของกุ้งตัวตลกต่อสารเคมี ซึ่งสารเคมีที่นำมาศึกษาส่วนหนึ่งได้มาจากข้อมูลคุณค่าทางอาหารในโครงการที่ 1 ได้แก่ชนิดและปริมาณกรดอมิโนที่เป็นองค์ประกอบหลักในดาวทะเลต่างๆ และอีกส่วนได้มาจากการศึกษาค้นคว้าชนิดสารเคมีที่ใช้เป็นสารดึงดูดให้สัตว์น้ำเข้ามากินอาหาร ทำการทดลองเปรียบเทียบพฤติกรรมกับดาวทะเลมีชีวิตในอุกรณ์ Y shape choice chamber ในระยะเวลา 15 นาที ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาปรับใช้ในกระบวนการผลิตอาหารสำเร็จรูปของครงการที่ 3 ปีงบประมาณ 2561 ต่อไป



ภาพที่ 9 อุปกรณ์ Y shape choice chamber ที่ใช้ในการทดลอง

ผลการดำเนินการวิจัยของโครงการวิจัยที่ 3

การดำเนินการโครงการวิจัยที่ 3 ได้ผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คือ ซึ่งเป็นผลสำเร็จที่ได้เป็นผลสำเร็จในเบื้องต้น (P) เป็นไปตามเป้าหมายของโครงการ ทั้งนี้ผลการวิจัยมีรายละเอียดโดยสรุปดังต่อไปนี้ คือ

พฤติกรรมของกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ที่ตอบสนองต่อน้ำทะเล (ชุดควบคุม)

กุ้งตัวตลก (*Hymenocera. picta*) ชุดควบคุมที่ทดลองใน Y shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลทั้งสองข้างของปลาย Y shape choice chamber กุ้งตัวตลก (*H. picta*) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-0.9 กรัม ความยาว 1.70-2.10 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที .กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวขยับหนวดและขยับตัวอยู่ที่จุดเริ่มต้น ในจำนวนกุ้งตัวตลกที่เหลือ 7 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัวเดินอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาไปถึงปลายด้านซ้าย ด้านขวาสลับกับเดินกลับมาจุดเริ่มต้น ถึงแม้ว่าเมื่อกุ้งอยู่ทางแยก Y กุ้งเลือกไปทางซ้ายหรือขวาทันทีโดยไม่หยุดเดินหรือมีการลังเล กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.21-1.52 นาที โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลทั้งสองข้างของปลาย Y choice chamber ในระยะเวลา 15 นาที นอกจากกุ้งตัวตลก 3 ตัวไม่เดินออกจากจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกที่เดิน

ออกจากจุดเริ่มต้นไม่มีการลังเลหยุดเดิน กุ้งตัวตลกเดินสลับกันระหว่างเดินไปปลายข้างใดข้างหนึ่งแล้วกลับมาจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปปลายอีกข้างหนึ่ง มีบางครั้งที่กุ้งตัวตลกเดินสลับโดยตรงระหว่างปลายสองข้าง

พฤติกรรมของกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ที่ตอบสนองต่อดาวทะเล

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่ใส่ดาวแดง (*Linckia multifora*) จำนวน1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล (16.59 กรัม) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-0.8 กรัม ความยาว 2.05-2.44 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวขยับหนวดอยู่ที่จุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกที่เหลือ 9 ตัวทุกตัวเดินช้าๆถึงแยก Y ในระยะเวลา 2.42-12.15 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเลือกไปทางที่มีดาวแดงจำนวน1 ตัว/ลิตรน้ำทะเลก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเดินไปทางปลายไม่มีดาวแดงจำนวน1 ตัว/ลิตรน้ำทะเลก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวยู่ที่แยก Y ของ choice chamber ที่แยก Y กุ้งตัวตลกไม่ลังเลในการเดินเข้ามาที่ปลายYข้างที่มีดาวแดงแต่กุ้งตัวตลกบางตัวหยุดเดินก่อนที่จะเดินไปทางด้านไม่มีดาวแดงหรือเมื่อเดินเข้าไปทางด้านที่ไม่มีดาวแดงแล้ว ในจำนวนกุ้งตัวตลก 9 ตัว กุ้งตัวตลกจำนวน 5 ตัวเดินถึงปลายY choice chamber และกุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัวอยู่ระหว่างแยกY-จุดเริ่มต้น เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีดาวแดงจำนวน1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล ในจำนวนกุ้งตัวตลก 5 ตัว กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปถึงปลายY ทั้งสองข้างและกุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเลือกเดินไปเฉพาะปลายไม่มีดาวแดง1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล กุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเลือกเดินไปเฉพาะปลายที่มีดาวแดง1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับดาวแดงจำนวน1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล ในระยะเวลา 15 นาทีนอกจากกุ้งตัวตลก 1ตัวที่ไม่เดินออกจากจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกไม่ลังเลในการเดินจำนวนครั้งที่กุ้งเดินถึงปลายทั้งสองข้างน้อยกว่าชุดควบคุม กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่อยู่ระหว่างแยกYกับปลายที่มีดาวแดง1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่ใส่ดาวแดง (*L. multiflora*) จำนวน10 ตัว/ลิตรน้ำทะเล (116.24 กรัม) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-0.9 กรัม ความยาว 1.77-2.40 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้นและทั้งหมดเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของY choice chamber กุ้งตัวตลกเดินช้าและถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.55-14.54 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 6 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของ choice chamber ที่มีดาวแดง10 ตัว/ลิตรก่อนที่จะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัวเดินไปทางปลายข้างไม่มีดาวแดง10 ตัว/ลิตรก่อนจะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกบางตัวหยุดเดินก่อนที่จะเดินไปทางด้านไม่มีดาวแดง10 ตัว/ลิตรหรือเมื่อเดินเข้าไปทางด้านที่ไม่มีดาวแดง10 ตัว/ลิตร ในขณะที่กุ้งตัวตลกไม่มีการลังเลในการเดินเข้ามาที่ปลายYข้างที่มีดาวแดง10 ตัว/ลิตรหรือเดินกลับมาจุดเริ่มต้น เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีดาวแดง10 ตัว/ลิตร กุ้งตัวตลกจำนวน 8 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปเฉพาะปลายที่มีดาวแดง10 ตัว/ลิตร โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับดาวแดงจำนวน 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเล ในระยะเวลา 15 นาที จำนวนครั้งที่กุ้งตัวตลกเดินไปกลับตามอุปกรณ์ทดลอง Y choice chamber มากกว่าที่ทดสอบกับดาวแดงจำนวน 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล กุ้งตัวตลกไม่ลังเลในการเดิน กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่อยู่ระหว่างปลายที่มีดาวแดง10 ตัว/ลิตรน้ำทะเลแยกYและจุดเริ่มต้น

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่ใส่ดาวแดง (*L. multifora*) แช่แข็งก่อนทำให้แห้ง (freeze-dried) น้ำหนักแห้ง 150 กรัม/ลิตรน้ำทะเลมีน้ำหนักระหว่าง 0.6-1.0 กรัม ความยาว1.77-2.40 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้นและทั้งหมดเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของY choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.54-1.34 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 6 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่มีดาวแดง freeze-dried ก่อนจะเดินไปทางอื่นกุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปทางปลายข้างไม่มีดาวแดง freeze-dry ก่อนจะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกบางตัวหยุดเดินเมื่อเดินเข้ามาที่ปลายYที่มีและไม่มีดาวแดง freeze-dried เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีดาวแดง freeze-dried กุ้งตัวตลกจำนวน 7 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินไปเฉพาะปลายที่มีดาวแดง freeze-dried และกุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มีดาวแดง freeze-dried โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับดาวแดงแช่แข็งก่อนทำให้แห้ง (freeze-dried)น้ำหนักแห้งxxx กรัม/ลิตรน้ำทะเล จำนวนครั้งที่กุ้งตัวตลกเดินไปกลับตามอุปกรณ์ทดลอง Y choice chamber มากกว่าที่ทดสอบกับดาวแดงจำนวน 1 ตัวและดาวแดงจำนวน 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเล กุ้งไม่มีรูปแบบการเลือกข้างที่ชัดเจน กุ้งตัวตลกเดินสลับกันไประหว่างปลายทั้งสองข้างของ Y choice chamber และจุดเริ่มต้นมีบางครั้งที่กุ้งตัวตลกเดินสลับกันระหว่างปลายสองข้างที่มีและไม่มีดาวแดงแช่แข็งก่อนทำให้แห้ง (freeze-dried)

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่ใส่ดาวแสงอาทิตย์ (*Luidia maculata*) 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล (159.51 กรัม) มีน้ำหนักระหว่าง 0.6-0.8 กรัม ความยาว 1.91-2.42 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกจำนวน 7 ตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้นและทั้งหมดเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของY shape choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 1ตัวขยับหนวดอยู่ที่จุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปกลับระหว่างจุดเริ่มต้นและแยกY กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 1.12-11.16 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่มีดาวแสงอาทิตย์ก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเดินไปทางปลายข้างไม่มีดาวแสงอาทิตย์ก่อนจะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกทุกตัวไม่ลังเลในการเดินถึงแม้ว่ามีกุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวหยุดเดินเมื่อเดินเข้าไปทางที่มีหรือไม่มีดาวแสงอาทิตย์ 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีดาวแสงอาทิตย์1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล กุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปเฉพาะปลายที่มีดาวแสงอาทิตย์1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล และกุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มีดาวแสงอาทิตย์1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับดาวแสงอาทิตย์ 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล ในระยะเวลา 15 นาที เมื่อไม่คำนึงถึงกุ้งตัวตลกที่อยู่ระหว่างแยกYกับจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกไม่ลังเลในการเดิน กุ้งไม่มีรูปแบบการเลือกข้างที่ชัดเจน จำนวนครั้งที่กุ้งตัวตลกเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างมากกว่าและน้อยกว่ากุ้งที่ทดสอบกับดาวแดงจำนวน 1 ตัวและดาวแดงจำนวน 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเล ตามลำดับ กุ้งตัวตลกเดินสลับกันไประหว่างปลายทั้งสองข้างของ Y choice chamber และจุดเริ่มต้น

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่ใส่ดาวทราย (*Astropecten indicus*) 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเล (117.90 กรัม) มีน้ำหนักระหว่าง 0.6-0.9 กรัม ความยาว 1.66-2.24เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัว

เดินออกจากจุดเริ่มต้นและทั้งหมดเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.35-3.29 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 5 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่มีดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเลก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเดินไปทางปลายข้างไม่มีดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเลก่อนจะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทาง เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเล กุ้งตัวตลกจำนวน 6 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเดินไปเฉพาะปลายที่มีดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเล และกุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มีดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเลในระยะเริ่มต้นการทดลองหลังจากนั้นจึงกลับมาอยู่จุดเริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง กุ้งตัวตลกบางตัวลังเลเมื่อเดินเข้าไปทางไม่มีดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเลและเดินกลับมาที่แยกY ในขณะที่กุ้งตัวตลกบางตัวเดินไปถึงและเดินออกจากปลายที่มีดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเลแล้ว กุ้งหยุดกลางขาและเดินกลับเข้าไปที่ปลายข้างเดิม โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเล ในระยะเวลา 15 นาที จำนวนครั้งที่กุ้งตัวตลกเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างมากกว่ากุ้งที่ทดสอบกับดาวแดงจำนวน 1 ตัวและดาวแดงจำนวน 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเล ตามลำดับ กุ้งตัวตลกลังเลในการเดินไปทางที่ไม่มีดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเลแต่กุ้งตัวตลกไม่ลังเลเมื่อเดินเข้าไปทางที่มีดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเลและบางตัวเมื่อเดินออกมาจากปลายที่มีดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเลได้ระยะหนึ่ง กุ้งตัวตลกเดินกลับไปที่ปลายข้างเดิม จำนวนกุ้งเดินไปถึงเฉพาะปลายข้างที่มีดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเลมากกว่าจำนวนกุ้งเดินไปถึงเฉพาะปลายข้างที่ไม่มีดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเล

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองใน Y shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่ใส่ดาวทะเลห้าแฉก (*Pentaceraster gracilis*) จำนวน 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล (48.92 กรัม) มีน้ำหนักระหว่าง 0.6-1.0 กรัม ความยาว 1.72-2.28 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้นและทั้งหมดเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.46-3.18 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 5 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของ choice chamber ที่มีดาวทราย 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเลก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 6 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของ choice chamber ที่ไม่มีดาวทะเลห้าแฉก 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเลก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเดินไปทางปลายข้างที่มีดาวทะเลห้าแฉก 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเลก่อนจะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกบางตัวลังเลหยุดเดินเมื่อเดินเข้าไปทางที่มีและไม่มีดาวทะเลห้าแฉก 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีและไม่มีดาวทะเลห้าแฉก1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล กุ้งตัวตลกจำนวน 7 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปเฉพาะปลายที่มีดาวทะเลห้าแฉก 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล และกุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มีดาวทะเลห้าแฉก 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล กุ้งตัวตลกบางตัวที่เดินไปทางที่มีและไม่มีดาวทะเลห้าแฉก 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเลและกุ้งมีพฤติกรรมลังเลโดยการเดินไปข้างหน้าและหยุดสลับกัน โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับดาวทะเลห้าแฉก 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเลในระยะเวลา 15 นาที จำนวนครั้งที่กุ้งตัวตลกเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างมากกว่ากุ้งที่ทดสอบกับดาวแดงจำนวน 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล กุ้งตัวตลกบางตัวลังเลหยุดเดินนไปทิศทางที่มีและไม่มีดาวทะเลห้าแฉก 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล จำนวนครั้งที่กุ้งตัวตลกเดินไปทางที่ไม่มีดาวทะเลห้าแฉก 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเลมีแนวโน้มมากกว่าดินไปทางที่มีดาวทะเลห้าแฉก 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล

พฤติกรรมของกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ที่ตอบสนองต่อสารเคมี

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มีสารละลายซาโปนิน 0.1% ละลายในน้ำทะเล 1 ลิตร 5 นาทีก่อนทดลอง (ซาโปนิน0.1%-5 นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-0.8 กรัม ความยาว 1.84-2.33 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้นและทั้งหมดเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของY choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.17-4.49 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 5 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่มีสารละลายซาโปนิน 0.1%-5 นาที ก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่ไม่มีสารละลายซาโปนิน0.1%-5 นาที ก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกบางตัวกระโดดเมื่อเดินไปจุดเริ่มต้นและมีพฤติกรรมหยุดเดินลเมื่อเดินไปทุกทิศทาง เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีและไม่มีสารละลายซาโปนิน 0.1%-5 นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 6 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มีสารละลายซาโปนิน 0.1%-5 นาที แต่ไม่มีกุ้งตัวตลกตัวเดินไปเฉพาะปลายที่มีสารละลายซาโปนิน 0.1%/ลิตรน้ำทะเล กุ้งตัวตลกบางตัวที่เดินไปทางที่มีและไม่มีสารละลายซาโปนิน 0.1%-5 นาทีมีพฤติกรรมลังเลคือนอกจากการกระโดด การเดินและหยุดเป็นระยะๆแล้ว เมื่อกุ้งตัวตลกเดินถึงปลายYข้างใดข้างหนึ่งและเมื่อเดินออกจากปลายYมาระยะหนึ่งกุ้งตัวตลกเดินกลับไปที่ปลายข้างเดิมอีก โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มีสารละลายซาโปนิน 0.1% ละลายในน้ำทะเล 1 ลิตร 5 นาทีก่อนทดลองในระยะเวลา 15 นาที กุ้งตัวตลกเมื่อเดินถึงแยก Y มักเลือกข้างทันที กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมกระโดด การหยุดเดินและการเดินไปกลับจากจุดเริ่มต้นและปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber ซ้ำๆ กุ้งตัวตลกลังเลในการเดินอย่างมาก โดยเฉพาะเมื่ออยู่ระหว่างแยกYกับจุดเริ่มต้นหรือแยกYกับปลายข้างที่ไม่มีสารละลายซาโปนิน0.1%-5 นาที

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองใน Y shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มีสารละลายซาโปนิน 0.1% ละลายในน้ำทะเล 1 ลิตร 30 นาทีก่อนทดลอง (ซาโปนิน0.1%-30 นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-0.9 กรัม ความยาว 1.63-2.39 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกจำนวน 8 ตัวเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัว เดินไปถึงแยก Y และอยู่ระหว่างแยกYและจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.24-12.52 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่มีสารละลายซาโปนิน 0.1%-30 นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของ choice chamber ที่ไม่มีสารละลายซาโปนิน0.1%-30 นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 5 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่ทันทีที่เดินถึงY กุ้งตัวตลกเดินหรือกระโดดออกกลับจุดเริ่มต้นทันที เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีและไม่มีสารละลายซาโปนิน 0.1%-30 นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มีสารละลายซาโปนิน0.1%-30 นาทีและกุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินไปเฉพาะปลายที่มีสารละลายซาโปนิน 0.1%-30 นาที กุ้งตัวตลกบางตัวที่เดินไปทางที่มีและไม่มีสารละลายซาโปนิน0.1%-30 นาทีมีพฤติกรรมลังเลคือนอกจากการกระโดด การเดินและหยุดเป็นระยะๆแล้ว เมื่อกุ้งตัวตลกเดินถึงปลายYข้างใดข้างหนึ่งและเมื่อเดินออกจากปลายYมาระยะหนึ่งกุ้งตัวตลกเดินกลับไปที่ปลายข้างเดิมอีก โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มีสารละลายซาโปนิน 0.1% ละลายในน้ำทะเล 1 ลิตร 30 นาทีก่อนทดลองในระยะเวลา 15 นาที กุ้ง

ตัวตลกเมื่อเดินถึงแยก Y มักเลือกข้างทันที กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมกระโดด การหยุดเดินและการเดินไปกลับจากจุดเริ่มต้นและการเดินไปกลับจากปลายทั้งสองข้างของ Y choice chamberซ้ำๆ กุ้งตัวตลกลังเลในการเดินอย่างมากโดยเฉพาะเมื่ออยู่ระหว่างแยกYกับจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นและปลายข้างที่ไม่มีสารละลายซาโปนิน0.1%-30 นาที กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่เดินไปปลายข้างที่ไม่มีสารละลายซาโปนิน0.1%-30 นาทีมากกว่าเดินไปปลายข้างที่มีสารละลายซาโปนิน0.1%-30 นาที

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองใน Y shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มีสารละลายซาโปนิน 0.2% ละลายในน้ำทะเล 1 ลิตร 5นาทีก่อนทดลอง (ซาโปนิน0.2%-5นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-0.8 กรัม ความยาว 1.50-2.29 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 8 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้นและทั้งหมดเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.19-8.14 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่มีสารละลายซาโปนิน0.2%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่ไม่มีสารละลายซาโปนิน 0.2%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น ที่แยก Y กุ้งตัวตลกบางตัวเลือกข้างเดินทันที นอกจากนี้ยังมีพฤติกรรมการหยุดเดินและการกระโดดเมื่อเดินไปทุกทิศทาง เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลาย Yที่มีและไม่มีและไม่มีสารละลายซาโปนิน 0.2%-5นาทีกุ้งตัวตลกจำนวน 5 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มีสารละลายซาโปนิน0.2%-5นาทีและกุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินไปเฉพาะปลายที่มีสารละลายซาโปนิน0.2%-5นาที กุ้งตัวตลกเดินเข้าไปเฉพาะปลายY มีสารละลายซาโปนิน0.2%-5นาที มีพฤติกรรมการลังเลหยุดเดินเป็นระยะและบางตัวเดินกลับกลับมาแยกY ในขณะที่กุ้งตัวตลกที่เดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มีสารละลายซาโปนิน0.2%-5นาทีเดินไปและกลับหว่างYและปลายข้างไม่มีสารละลายซาโปนิน 0.2%-5นาทีหลายครั้ง โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มีสารละลายซาโปนิน 0.2% ละลายในน้ำทะเล 1 ลิตร 5นาทีก่อนทดลองในระยะเวลา 15 นาที ทดลอง กุ้งตัวตลกเมื่อเดินถึงแยก Y มักเลือกข้างทันที กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมกระโดด การหยุดเดินและการเดินไปกลับจากจุดเริ่มต้นและการเดินไปกลับจากปลายทั้งสองข้างของ Y choice chamberซ้ำๆ กุ้งตัวตลกมีแนวโน้มเลือกเดินไปปลายข้างที่ไม่มีสารละลายซาโปนิน 0.2%-5 นาทีมากกว่าเดินไปปลายข้างที่มีสารละลายซาโปนิน 0.2%-5 นาที

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองใน Y shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มีสารละลายซาโปนิน 0.2% ละลายในน้ำทะเล 1 ลิตร 30นาทีก่อนทดลอง (ซาโปนิน0.2%-30นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-0.9 กรัม ความยาว 1.82-2.24 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 8 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกจำนวน 7 ตัวเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัว เดินไปถึงแยก Yและอยู่ระหว่างแยกYและจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.49-12.14 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่มีสารละลายซาโปนิน0.2%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น Y กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่ไม่มีสารละลายซาโปนิน0.2%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น ที่แยก Y กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่เลือกข้างเดินทันที นอกจากนี้ยังมีพฤติกรรมการหยุดเดินและกระโดดเมื่อเดินไปทุกทิศทาง เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีและไม่มีสารละลายซาโปนิน0.2%-30นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินไป

เฉพาะปลายข้างไม่มีสารละลายซาโปนิน0.2%-30นาที 1 ครั้งก่อนสิ้นสุดการทดลอง กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัว เดินไปเฉพาะปลายที่มีสารละลายซาโปนิน0.2%-30นาทีซึ่งกุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินเข้าไปเฉพาะปลายY มีสารละลายซาโปนิน 0.2%-30นาที 1 ครั้งหลังจากนั้นเดินกลับไปอยู่ระหว่างYและจุดเริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลองและกุ้งตัวตลกที่เหลืออีก 1 ตัวที่เดินไปทางเดียวกันมีพฤติกรรมเดินไปและกลับหว่างYและปลายข้างที่มีสารละลายซาโปนิน0.2%-30นาทีหลายครั้ง กุ้งตัวตลกที่เดินเข้าไปปลายข้างที่มีสารละลายซาโปนิน 0.2%-30นาทีมีพฤติกรรมการลังเลหยุดเดินเป็นระยะและบางครั้งถอยกลับไปปลายข้างที่มีสารละลายซาโปนิน 0.2%-30นาที (กลับปลายข้างเดิม) หรือถอยกลับแยก Y แต่กุ้งตัวตลกที่เดินเข้าไปปลายข้างที่ไม่มีสารละลายซาโปนิน0.2%-30นาทีมีพฤติกรรมการกระโดดแต่ไม่หยุดเดินระหว่างทาง โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มีสารละลายซาโปนิน 0.2% ละลายในน้ำทะเล 1 ลิตร 30นาทีก่อนทดลอง กุ้งตัวตลกเมื่อเดินถึงแยก Y มักเลือกข้างทันที กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมการหยุดเดินและการกระโดด กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่มีแนวโน้มอยู่ระหว่าง แยก Y กับจุดเริ่มต้น

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองใน Y shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มี L-aspartic acid ความเข้มข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง (L-aspartic acid 0.1%-5 นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-0.9 กรัม ความยาว 1.82-2.44 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัวทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกจำนวน 6 ตัวเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัว เดินไปถึงแยก Yและอยู่ระหว่างแยกYและจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.26-9.50 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 3ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่มี L-aspartic acid 0.1%-5 นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่ไม่มี L-aspartic acid 0.1%-5 นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 5 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมการหยุดเดินเมื่อเดินไปทุกทิศทาง เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีและไม่มี L-aspartic acid 0.1%-5 นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มี L-aspartic acid 0.1%-5 นาที 1 ครั้งหลังจากนั้นเดินกลับไปอยู่ระหว่างYและจุดเริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง ไม่มีกุ้งตัวตลกเดินไปเฉพาะปลายที่มี L-aspartic acid 0.1%-5 นาที โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มี L-aspartic acid ความเข้มข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง ในระยะเวลา 15 นาทีก่อนทดลอง กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมการหยุดเดิน กุ้งตัวตลกเลือกเดินไปปลายข้างที่ไม่มีL-aspartic acid 0.1%-5 นาทีมากกว่าเดินไปปลายข้างที่มีL-aspartic acid 0.1%-5 นาที โดยภาพรวมกุ้งตัวตลกส่วนใหญ่มีแนวโน้มอยู่ระหว่าง แยก Y กับจุดเริ่มต้น

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มี L-aspartic acid ความเข้มข้น 0.2% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง (L-aspartic acid 0.2%-5นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-1.0 กรัม ความยาว 1.68-2.43 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัวทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้นและทั้งหมดเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของY shape choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.16-5.33 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่มี L-aspartic acid 0.2%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 6 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่ไม่มี L-aspartic acid 0.2%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกบางตัวมีพฤติกรรมกระโดดเมื่อเดินกลับจุดเริ่มต้น เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มี

และไม่มีและไม่มี L-aspartic acid 0.2%-5นาทีกุ้งตัวตลกจำนวน 5 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 5 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มี L-aspartic acid 0.2%-5นาที และกุ้งตังตลกบางตัวอยู่ที่ปลายไม่มีL-aspartic acid 0.2%-5นาทีจนสิ้นสุดการทดลอง ไม่มีกุ้งตัวตลกเดินไปเฉพาะปลายที่มี L-aspartic acid 0.2%-5นาที โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มี L-aspartic acid ความเข้มข้น 0.2% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง ในระยะเวลา 15 นาที กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมการหยุดเดินและกระโดด กุ้งตัวตลกเลือกเดินไปปลายข้างที่ไม่มีL-aspartic acid 0.2%-5 นาทีมากกว่าเดินไปปลายข้างที่มีL-aspartic acid 0.2%-5 นาที โดยภาพรวมกุ้งตัวตลกส่วนใหญ่มีแนวโน้มอยู่ระหว่างปลายข้างไม่มี L-aspartic acid 0.2%-5 นาที กับจุดเริ่มต้น

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองใน Y shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มี L-aspartic acid ความเข้มข้น 0.3% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง (L-aspartic acid 0.3%-5นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-1.0 กรัม ความยาว 1.90-2.47 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกจำนวน 9 ตัวเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัว เดินไปถึงแยก Y และอยู่ระหว่างแยกYและจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.20-6.50 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่มี L-aspartic acid 0.3%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่ไม่มี L-aspartic acid 0.3%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกบางตัวมีพฤติกรรมกระโดดเมื่อเดินไปปลาย Y ของchoice chamber ที่มี L-aspartic acid 0.3%-5นาที เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีและไม่มี L-aspartic acid 0.3%-5นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 7 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มี L-aspartic acid 0.3%-5นาที ไม่มีกุ้งตัวตลกเดินไปเฉพาะปลายที่มี L-aspartic acid 0.3%-5นาที โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มี L-aspartic acid ความเข้มข้น 0.3% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลองในระยะเวลา 15 นาที กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมการหยุดเดินและกระโดด กุ้งตัวตลกเลือกเดินไปปลายข้างที่ไม่มีL-aspartic acid 0.3%-5 นาทีมากกว่าเดินไปปลายข้างที่มี L-aspartic acid 0.3%-5 นาที กุ้งตัวตลกบางตัวเดินเข้าไปปลายข้างที่มี L-aspartic acid 0.3%-5นาทีเมื่อหยุดเดินมักเดินกลับมาแยกY ตรงกันข้ามกับกุ้งตัวตลกบางตัวเดินออกมาจากปลายข้างที่ไม่มี L-aspartic acid 0.3%-5 นาทีระยะหนึ่ง กุ้งตัวตลกเดินกลับเข้าไปที่ปลายข้างเดิม โดยภาพรวม กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่อยู่ระหว่างปลายข้างที่ไม่มี L-aspartic acid 0.3%-5นาทีกับจุดเริ่มต้น

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มี glycine ความเข้มข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง (glycine 0.1%-5นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-0.9 กรัม ความยาว 1.93-2.46 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้นและทั้งหมดเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.22-2.05 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 5 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่ไม่มี glycine 0.1%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเลือกเดินไปทางปลาย Y ของ choice chamber ที่มี glycine 0.1%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น ที่แยก Y กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่เลือกข้างทันทีโดยไม่ลังเล เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีและไม่มี

glycine 0.1%-5นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 10 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y choice chamber แต่กุ้งตัวตลกเดินไปปลายข้างที่ไม่มี glycine 0.1%-5นาที มากกว่า โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มี glycine ความเข้มข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลองในระยะเวลา 15 นาที กุ้งตัวตลกไม่ลังเลในการเดิน กุ้งตัวตลกไม่มีรูปแบบการเลือกข้างที่ชัดเจนคือกุ้งตัวตลกเดินสลับกันไประหว่างปลายทั้งสองข้างของ Y choice chamber และจุดเริ่มต้น

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มี glycine ความเข้มข้น 0.2% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง (glycine 0.2%-5นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-0.9 กรัม ความยาว 1.64-2.28 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้นและทั้งหมดเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของY shape choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.20-1.47 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 8 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่ไม่มี glycine 0.2%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น ไม่มีกุ้งตัวตลกเลือกเดินไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่มี glycine 0.2%-5นาทีในการเลือกข้างครั้งแรก ที่แยก Y กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่เลือกข้างทันทีโดยไม่ลังเล เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีและไม่มี glycine 0.2%-5นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 8 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มี glycine 0.2%-5นาที ไม่มีกุ้งตัวตลกเดินไปเฉพาะปลายที่มี glycine 0.2%-5นาที โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มี glycine ความเข้มข้น 0.2% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลองในระยะเวลา 15 นาที ส่วนใหญ่อยู่ระหว่างปลาย Y ของ choice chamber ที่ไม่มี glycine 0.2%-5นาทีกับจุดเริ่มต้น

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองใน Y shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มี glycine ความเข้มข้น 0.3% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง (glycine 0.3%-5นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.6-0.9 กรัม ความยาว 2.01-2.55 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้นและทั้งหมดเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของY choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.28-5.47 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของ choice chamber ที่มี glycine 0.3%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเลือกเดินไปทางปลาย Y ของ choice chamber ที่ไม่มี glycine 0.3%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น ที่แยก Y กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่เลือกข้างทันทีโดยไม่ลังเล กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมหยุดเดินเมื่อเดินเข้าไปทางปลายทั้งสองข้างหรือเมื่อเดินออกจากจุดเริ่มต้นมาที่แยกY เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีและไม่มี glycine 0.3%-5นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 8 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y choice chamber กุ้งตังตลกบางตัวที่เดินเข้าไปปลายข้างที่มี glycine 0.3%-5นาที เมื่อหยุดเดินและถอยกลับแยกY หรือเมื่อเดินถึงปลายข้างที่มี glycine 0.3%-5นาที กุ้งตัวตลกบางตัวกลับออกมาทันที แต่กุ้งตัวตลกบางตัวที่เดินเข้าไปปลายข้างที่ไม่มี glycine 0.3%-5นาทีเมื่อหยุดเดินแล้วมักเดินต่อถึงปลายข้างที่ไม่มี glycine 0.3%-5นาที หรือกุ้งตัวตลกบางตัวเมื่อกลับออกมาจากปลายข้างที่ไม่มี glycine 0.3%-5นาทีมักเดินกลับเข้าไปทางปลายข้างเดิม กุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มี glycine 0.3%-5นาทีหลายครั้งและกุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินไปเฉพาะปลายที่มี glycine 0.3%-5นาที 1 ครั้งและเดินกลับมาอยู่ระหว่างY-จุดเริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มี glycine ความเข้มข้น 0.3% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลองใน

ระยะเวลา 15 นาที กุ้งตัวตลกหยุดเดินในระหว่าทางที่เดินเข้าไปที่ปลายทั้งสองข้างหรือเมื่อเดินจกกจุดเริ่มต้นกลับมาที่แยกY นอกจากนี้กุ้งตัวตลกเมื่อเดินไปถึงปลายข้างที่มี glycine 0.3%-5นาทีมักเดินกลับออกมา (บางตัวกลับทันที) แต่กุ้งตัวตลกที่เดินไปทางปลายข้างที่ไม่มี glycine 0.3%-5นาที มีกุ้งตัวตลกบางตัวเดินกลับมาY แต่มีกุ้งตัวตลกบางตัวเข้าไปที่ปลายข้างเดิม นอกจากนี้ กุ้งตัวตลกบางตัวเมื่อเดินออกจากจุดเริ่มต้นมาที่แยกY กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมหยุดเดินและเดินกลับไปจุดเริ่มต้น

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มี mono sodium glutamate ความเข้มข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง (MSG 0.1%-5นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.6-1.0 กรัม ความยาว 1.63-2.46 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้นและทั้งหมดเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของY choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.14-7.26 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ขอ งchoice chamber ที่มี MSG 0.1%-5นาที ก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเลือกเดินไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่ไม่มี MSG 0.1%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่นและกุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น ที่แยก Y กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่เลือกข้างทันทีโดยไม่ลังเล เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มี MSG 0.1%-5นาทีกุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมหยุดเดินเมื่อเดินเข้าไปทางปลายทั้งสองข้าง กุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มี MSG 0.1%-5นาที และกุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวเดินไปเฉพาะปลายที่มี MSG 0.1%-5นาที กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมหยุดเดินและกระโดดเมื่ออยู่ระหว่างแยก Y กับจุดเริ่มต้น โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มี MSG ความเข้มข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลองในระยะเวลา 15 นาที ไม่มีรูปแบบการเลือกข้างที่ชัดเจน กุ้งตัวตลกเดินสลับกันไประหว่างปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber และจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกหยุดเดินเมื่อเดินเข้าไปที่ปลายทั้งสองข้างหรือเมื่อเดินกลับจากจุดเริ่มต้นมาที่แยกYกุ้งตัวตลก

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มี mono sodium glutamate ความเข้มข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเล 30 นาทีก่อนทดลอง (MSG 0.1%-30นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.6-1.0 กรัม ความยาว 1.92-2.46 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกจำนวน 7 ตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกจำนวน 3 ตัวอยู่ที่จุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกจำนวน 7 ตัวเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.23-9.29 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลกทั้ง 7 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของ choice chamber ที่ไม่มี MSG 0.1%-30นาที ก่อนที่จะเดินไปทางอื่น ที่แยก Y กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่เลือกข้างทันทีโดยไม่ลังเล เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มี MSG 0.1%-30นาทีกุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมหยุดเดินเมื่อเดินเข้าไปทางปลายทั้งสองข้าง กุ้งตัวตลกจำนวน 5 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างที่ไม่มี MSG 0.1%-30นาที นอกจากนี้กุ้งตัวตลกบางตัวที่เดินเข้าไปเฉพาะปลายข้างที่ไม่มี MSG 0.1%-30นาทีมีพฤติกรรมเดินกลับซ้ำที่ปลายข้างเดิม ในการทดลองนี้ ไม่มีกุ้งตัวตลกเดินไปเฉพาะปลายที่มี MSG 0.1%-30นาที โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มี MSG ความเข้มข้น 0.1% ละลายในน้ำทะเล 30 นาทีก่อนทดลองในระยะเวลา 15 นาที ที่แยก Y กุ้งตัวตลกไม่ลังเลในการเลือก กุ้งตัวตลกอยู่ระหว่างแยก Y กับปลายข้างที่ไม่มี MSG 0.1%-30 นาที

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มี mono sodium glutamate ความเข้มข้น 0.2% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง (MSG 0.2%-5นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.6-0.8 กรัม ความยาว 1.83-2.15 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 7 ตัว กุ้งทั้งหมดเดินออกจากจุดเริ่มต้นc]tเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของY choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.18-6.25 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลก 4 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่ไม่มีMSG 0.2%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลก 2 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของ choice chamber ที่มีMSG 0.2%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลก 1 ตัวเลือกเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปทางอื่น ที่แยก Y กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่เลือกข้างทันทีโดยไม่ลังเล เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีMSG 0.2%-5นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 4 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมหยุดเดินและกระโดดเมื่อเดินเข้าไปทางปลายทั้งสองข้าง กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างไม่มี MSG 0.2%-5นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างที่มี MSG 0.2%-5นาที โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มี MSG ความเข้มข้น 0.2% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลองในระยะเวลา 15 นาที ที่แยก Y กุ้งตัวตลกไม่ลังเลในการเลือก กุ้งตัวตลกอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นกับปลายข้างที่ไม่มี MSG 0.2%-5นาที

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มี mono sodium glutamate ความเข้มข้น 0.2% ละลายในน้ำทะเล 30 นาทีก่อนทดลอง (MSG 0.2%-30นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.7-0.8 กรัม ความยาว 2.07-2.34 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 7 ตัวทั้งหมดเดินออกจากจุดเริ่มต้นและเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของY shape choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.19-8.06 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลก 2 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่ไม่มี MSG 0.2%-30นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลก 5 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของchoice chamber ที่มีMSG 0.2%-30นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น ไม่มีกุ้งตัวตลกเดินกลับจุดเริ่มต้น ที่แยก Y กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่เลือกข้างทันทีโดยไม่ลังเล เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีMSG 0.2%-30นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 5 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมหยุดเดิน กระโดดหรือกางก้ามเมื่อเดินเข้าไปทางปลายทั้งสองข้าง กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างที่มี MSG 0.2%-30นาที โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มี MSG ความเข้มข้น 0.2% ละลายในน้ำทะเล 30 นาทีก่อนทดลองในระยะเวลา 15 นาที ที่แยก Y กุ้งตัวตลกไม่ลังเลในการเลือก กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมหยุดเดิน กระโดดหรือกางก้าม กุ้งตัวตลกมีแนวโน้มอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นกับปลายข้างที่มี MSG 0.2%-30นาที

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มี mono sodium glutamate ความเข้มข้น 0.3% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง(MSG 0.3%-5นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-0.8 กรัม ความยาว 1.76-2.35 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัวทุกตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้นและเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของY shape choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.16-2.20 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลก 4 ตัวเดินไปทางปลาย Y ของ choice chamber ที่ไม่มี MSG 0.3%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลก 4 ตัวดินไปทางปลาย Y ของ choice chamber ที่มี MSG 0.3%-5นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลก 2 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้น ที่แยก Y กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่เลือกข้างทันทีโดยไม่ลังเล กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่เดินจากปลายY ข้างใดข้างหนึ่งแล้วเดินกลับจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินกลับไปอีกครั้ง แต่มีกุ้งตัวตลกบางตัวเมื่อเดินกลับจากปลายข้างที่มีหรือไม่มี

MSG 0.3%-5นาทีเมื่อเดินถึงแยกY กุ้งตัวตลกเลือกเดินเข้าไปปลายอีกข้างที่ไม่มีหรือมีMSG 0.3%-5นาที โดยไม่กลับมาที่จุดเริ่มต้นก่อน เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มี MSG 0.3%-5นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 9 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber ซึ่งกุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมหยุดเดินหรือเดินกลับเข้าไปปลายข้างที่เพิ่งเดินกลับออกมา กุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างที่มี MSG 0.3%-5นาที โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มี MSG ความเข้มข้น 0.3% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลองในระยะเวลา 15 นาที ที่แยก Y กุ้งตัวตลกไม่ลังเลในการเลือก กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมหยุดเดินหรือเดินกลับเข้าไปปลายข้างที่เพิ่งเดินกลับออกมารวมทั้งจุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกมีแนวโน้มอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นกับปลายทั้งสองข้างที่มีและไม่มีMSG 0.3%-5นาที

กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดลองในY shape choice chamber และทดสอบกับน้ำทะเลที่มี mono sodium glutamate ความเข้มข้น 0.3% ละลายในน้ำทะเล 30 นาทีก่อนทดลอง (MSG 0.3%-30นาที) มีน้ำหนักระหว่าง 0.5-0.9 กรัม ความยาว 1.82-2.44 เซ็นติเมตร ในระยะเวลาทดลอง 15 นาที กุ้งตัวตลกที่ทดลองจำนวน 10 ตัว กุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวอยู่ที่จุดเริ่มต้น กุ้งตัวตลกจำนวน 9 ตัวเดินออกจากจุดเริ่มต้นและเดินไปทางปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกเดินถึงแยก Y ในระยะเวลา 0.37-3.13 นาที เมื่อเดินถึงแยก Y กุ้งตัวตลก 3 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของ choice chamber ที่ไม่มี MSG 0.3%-30นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลก 2 ตัวเลือกไปทางปลาย Y ของ choice chamber ที่มี MSG 0.3%-30นาทีก่อนที่จะเดินไปทางอื่น กุ้งตัวตลก4 ตัวเดินกลับจุดเริ่มต้น ที่แยก Y กุ้งตัวตลกส่วนใหญ่เลือกข้างทันทีโดยไม่ลังเล เปรียบเทียบระหว่างการเดินของกุ้งตัวตลกไปทางปลายYที่มีและไม่มีMSG 0.3%-30นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 6 ตัวเดินไปถึงปลายทั้งสองข้างของ Y shape choice chamber กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมหยุดเดินหรือกางก้ามเมื่อเดินเข้าไปทางปลายทั้งสองข้าง กุ้งตัวตลกจำนวน 2 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างที่มี MSG 0.3%-30นาที กุ้งตัวตลกจำนวน 1 ตัวเดินไปเฉพาะปลายข้างที่ไม่มี MSG 0.3%-30นาที โดยสรุปกุ้งตัวตลกที่ทดสอบกับน้ำทะเลที่มี MSG ความเข้มข้น 0.3% ละลายในน้ำทะเล 30 นาทีก่อนทดลองในระยะเวลา 15 นาที ที่แยก Y กุ้งตัวตลกไม่ลังเลในการเลือก กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมหยุดเดินหรือกางก้าม กุ้งตัวตลกมีแนวโน้มอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดเริ่มต้นกับปลายทั้งสองข้างที่มีและไม่มี MSG 0.3%-30นาที

สรุป

พฤติกรรมของกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ที่ทดลองในอุปกรณ์ Y shape choice chamber ในระยะเวลาทดลอง 15 นาทีที่ตอบสนองต่อน้ำทะเล (ชุดควบคุม) ตอบสนองดาวทะเล 4 ชนิด ได้แก่ ดาวแดง (*Linckia multifora*) ดาวแสงอาทิตย์ (*Luidia maculata*) ดาวทราย (*Astropecten indicus*) และดาวทะเล 5 แฉก (*Pentaceraster gracilis*) และตอบสนองต่อสารเคมีบางชนิดที่เป็นองค์ประกอบของดาวทะเล เช่น ซาโปนิน L-aspartic glycine และ MSG สรุปได้ดังนี้

1. กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับน้ำทะเลไม่มีพฤติกรรมลังเลหรือหยุดเดินตลอดการทดลองและเดินสลับกันระหว่างเดินไปปลายข้างใดข้างหนึ่งแล้วกลับมาจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินไปปลายอีกข้างหนึ่ง

2. กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับดาวแดงจำนวน 1 ตัวและ10 /ลิตรน้ำทะเล กุ้งตัวตลกไม่หยุดเดินหรือลังเลในการเลือกข้างและส่วนใหญ่กุ้งตัวตลก (*H. picta*) เดินระหว่างแยกYกับปลายที่มีดาวแดง (*L. multiflora*) และเมื่อเพิ่มจำนวนดาวแดงเป็น 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเล กุ้งตัวตลก (*H. picta*) เดินไปกลับระหว่างปลายอุปกรณ์กับจุดเริ่มต้นมากกว่าและส่วนใหญ่อยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นกับปลายที่มีดาวแดง10 ตัว/ลิตรน้ำ

ทะเล แสดงว่าความเข้มข้นของสารเคมีในดาวแดงมีผลให้กุ้งตัวตลก (*H. picta*) รับสารเคมีได้เร็วขึ้นและในระยะทางที่ไกลกว่าเดิม

3. กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับดาวแดงแดง (*L. multiflora*) ทำแห้งด้วยการ freeze-dried มีพฤติกรรมการเดินไปกลับมากกว่าที่ทดสอบกับดาวแดงมีชีวิตแต่กุ้งตัวตลก (*H. picta*)ไม่มีรูปแบบการเลือกข้างที่ชัดเจนแสดงว่าการทำให้แห้งด้วยการ freeze-dried ยังคงมีกลิ่นสารเคมีที่กุ้งตัวตลก(*H. picta*) สามารถรับรู้ได้แต่อาจมีประสิทธิภาพลดลง ดังนั้น เมื่อผลิตอาหารสำเร็จรูปจึงควรเสริมด้วยสารเคมีชนิดที่ดึงดูดให้กุ้งตัวตลก (*H. picta*) เดินเข้าหาอาหาร

4. กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับดาวแสงอาทิตย์ (*L. maculata*) จำนวน1 ตัว/ลิตรน้ำทะเลมีพฤติกรรมไม่ลังเลในการเดินและไม่มีรูปแบบการเลือกข้างที่ชัดเจนเหมือนดาวแดงทำให้แห้งด้วยการ freeze-dried กุ้งตัวตลก (*H. picta*)

5. กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับดาวทราย (*A. indicus*) จำนวน 10 ตัว/ลิตรน้ำทะเล จำนวนครั้งที่กุ้งตัวตลก (*H. picta*) เดินไปตามอุปกรณ์ไปทางปลายทั้งสองข้างมากกว่าดาวแดงและดาวแสงอาทิตย์ นอกจากนี้ กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ลังเลในการเดินไปทางที่ไม่มีดาวทราย10 ตัว/ลิตรน้ำทะเลแต่ไม่ลังเลเมื่อเดินเข้าไปทางที่มีดาวทรายและกุ้งตัวตลก (*H. picta*) และบางตัวมีพฤติกรรมเดินกลับซ้ำเข้าไปที่ปลายข้างเดิมที่มีดาวทราย แสดงว่าสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในดาวทรายสามารถดึงดูดกุ้งตัวตลกให้เข้าหาอาหารได้ดี

6. กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับดาวดาวทะเล 5 แฉก (*P. gracilis*) จำนวน 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล กุ้งตัวตลก (*H. picta*) บางตัวมีพฤติกรรมลังเลหยุดเดินในการเดินไปทิศทางที่มีและไม่มีดาวทะเลห้าแฉก 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเลแต่มีแนวโน้มเดินไปทางที่ไม่มีดาวทะเลห้าแฉก 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเลมากกว่าดินไปทางที่มีดาวทะเลห้าแฉก 1 ตัว/ลิตรน้ำทะเล แสดงว่าดาวทะเลห้าแฉกอาจมีสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบเป็นชนิดสารเคมีที่กุ้งตัวตลก (*H. picta*) สนใจน้อยหรือเป็นชนิดที่กุ้งตัวตลกหลีกเลี่ยงที่จะเดินเข้าหา

7. กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับสารละลายซาโปนินในระดับความเข้มข้น 0.1%และ 0.2% ที่ละลายในน้ำ 5 นาทีและ 30 นาทีก่อนการทดลอง กุ้งตัวตลก (*H. picta*) มีพฤติกรรมลังเลในการเดิน การหยุดเดิน การกระโดด ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายซาโปนินความเข้มข้น 0.1% กุ้งตัวตลก(*H. picta*) มีพฤติกรรมการเดินกลับเข้าไปซ้ำที่ปลายข้างเดิม และ เดินไปกลับระหว่างจุดเริ่มต้นและปลายทั้งสองข้างที่มีและไม่มีสารละลายซาโปนินความเข้มข้น 0.1% แต่เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลายซาโปนินเป็น 0.2% กุ้งตัวตลก (*H. picta*) เดินอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นและปลายข้างที่ไม่มีสารละลายซาโปนิน0.2%ชัดเจนมากขึ้น สารซาโปนินสามารถดึงดูดให้กุ้งตัวตลกเข้าหาอาหารได้แต่ควรใช้ในระดับต่ำกว่า 0.1 %

8. กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับ L-aspartic MSG และ glycine ในระดับความเข้มข้น 0.1% 0.2%และ 0.3% ละลายในน้ำก่อนการทดลอง 5 นาที กุ้งตัวตลก (*H. picta*) กุ้งตัวตลกมีพฤติกรรมการหยุดเดิน กุ้งตัวตลกเลือกเดินไปปลายข้างที่ไม่มี L-aspartic acid มากกว่าไปทางที่มี L-aspartic acid ทุกระดับความเข้มข้นที่ทดลอง

9. กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับ glycine ความเข้มข้น 0.1%-0.2% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลอง พบว่ากุ้งตัวตลก (*H. picta*) ไม่ลังเลในการเดินแต่กุ้งตัวตลกไม่มีรูปแบบการเลือกข้างที่ชัดเจนเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของ glycine เป็น 0.3% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีก่อนทดลองพบว่ากุ้งตัวตลก

(*H. picta*) มีพฤติกรรมหยุดเดินระหว่างทางเดินทุกทางและมีกุ้งตัวตลก (*H. picta*) บางตัวมีพฤติกรรมเดินกลับเข้าไปซ้ำเมื่อเดินออกจากปลายข้างที่ไม่มี glycine 0.3% หรือเมื่อเดินออกจากจุดเริ่มต้นมาแยก Y ในขณะที่กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ไม่มีพฤติกรรมการเดินกลับซ้ำที่ปลายข้างที่มี glycine 0.3%

10. กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับl MSG ความเข้มข้น 0.1%-0.3% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีและ 30 นาทีก่อนทดลอง ข้าง ที่ระดับความเข้มข้น 0.1% ละลายน้ำทะเล 5 นาทีก่อนการทดลองกุ้งตัวตลก (*H. picta*) ไม่ลังเลเลือกข้าง แต่กุ้งตัวตลก (*H. picta*) มีพฤติกรรมการหยุดเดินเมื่อเดินเข้าไปที่ปลายทั้งสองข้างหรือเมื่อเดินออกจากจุดเริ่มต้นมาที่แยกY เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้น MSG เป็น 0.2% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีและ 30 นาทีก่อนทดลอง กุ้งตัวตลก (*H. picta*) ที่ทดสอบกับ MSG ละลายน้ำทะเล 5 นาทีส่วนมากเดินอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นกับปลายข้างที่ไม่มี MSG 0.2% 5 นาทีแต่กุ้งตัวตลกทดสอบกับ MSGละลายน้ำทะเล 30 นาทีมีพฤติกรรมกระโดดหรือกางก้ามและมีแนวโน้มอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นกับปลายข้างที่มี MSG 0.2% เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นเป็น 0.3% ละลายในน้ำทะเล 5 นาทีและ30 นาทีก่อนทดลอง กุ้งตัวตลก (*H. picta*) มีพฤติกรรมหยุดเดินหรือกางก้ามและพฤติกรรมการเดินกลับซ้ำไปที่ปลายข้างเดิมและมีแนวโน้มอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดเริ่มต้นกับปลายทั้งสองข้างที่มีและไม่มี MSG 0.3% แสดงว่าMSG อาจจะเป็นสารเคมีที่ดึงดูดกุ้งตัวตลกให้เข้าหาอาหาร

สรุปผลการบริหารแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยเทคโนโลยีการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ปีงบประมาณ 2559-2560 ประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้คือเป็นผลสำเร็จเบื้องต้น (P) รายละเอียดมีดังนี้

1. ได้ข้อมูลพื้นฐานด้านสารอาหารเป็นองค์ประกอบของสัตว์กลุ่มเอคไคโนเดิร์มและสัตว์ชนิดอื่นๆที่ไม่ใช่อาหารธรรมชาติของกุ้งตัวตลกแต่อาจนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลกได้ ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลพื้นฐานนำมาประกอบการเลือกมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลกในโครงการวิจัยที่ 3 ซึ่งได้รับการสนับสนุนวิจัยในปีงบประมาณ 2560-2561

2. ได้ข้อมูลพื้นฐานด้านสารสีที่เป็นองค์ประกอบของสัตว์กลุ่มเอคไคโนเดิร์มซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีความสำคัญเพื่อนำไปประกอบการพิจารณาเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลกในโครงการวิจัยที่ 3

3. ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกรดอมิโนที่อาจเป็นสารเคมีในการกระตุ้นให้กุ้งตัวตลกยอมรับชนิดวัตถุดิบอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นซึ่งจะศึกษาวิจัยต่อไปในโครงการวิจัยที่ 3 ซึ่งได้รับการสนับสนุนวิจัยในปีงบประมาณ 2560-2561

4. ได้ข้อมูลกรดอมิโนเป็นองค์ประกอบของดาวทะเลที่เป็นอาหารธรรมชาติของกุ้งตัวตลกและในเนื้อปลาและสาหร่ายที่ไม่ใช่อาหารของกุ้งตัวตลกจากโครงการวิจัยที่ 3 ปีที่ 1เพื่อใช้ในการประกอบอาหารสำเร็จรูปในการวิจัยปีต่อไป

5. ได้ข้อมูลพฤติกรรมการตอบสนองของกุ้งตัวตลกต่อดาวทะเลและสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในดาวทะเลและต่อกรดอมิโน

6. ได้ข้อมูลสารเคมีที่มีกลิ่นที่คาดว่าจะสามารถนำไปใช้เป็นสารดึงดูดให้กุ้งตัวตลกเข้าหาและกินอาหารสำเร็จรูปที่จะผลิตขึ้นในการวิจัยระยะต่อไป

ข้อเสนอแนะ (Suggestions)

จากผลการประเมินความสำเร็จของแผนงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแผนงานวิจัยเทคโนโลยีการผลิตอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ปีงบประมาณ 2559-2560 ประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้คือเป็นผลสำเร็จเบื้องต้น (P) และได้เผยแพร่ผลงานในวารสารวิชาการ และฝึกเด็กนิสิตให้รู้กระบวนารทำวิจัย (สหกิจศึกษา) 1 คน แต่อย่างไรก็ตาม การวิจัยในปี 2559 เป็นการวิจัยในปีแรกซึ่งข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากโครงการที่ 1-2 สามารถนำมาทำการวิจัยต่อในโครงการวิจัยที่ 3 ปีงบประมาณ 2560-2561 เกี่ยวกับพฤติกรรมการตอบสนองต่อกลิ่นสารเคมีที่ดึงดูดให้กุ้งตัวตลกเข้าหาอาหารและเกี่ยวกับการผลิตอาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งตัวตลก ซึ่งผลการทดลองโครงการที่ 3 ปีที่ 1 พบว่ากุ้งตัวตลกตอบสนองต่อดาวทรายได้ดีกว่าดาวทะเลชนิดอื่น ชนิดสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในดาวทะเลและกุ้งตัวตลกมีแนวโน้มตอบสนองต่อกลิ่นดีคือ ซาโปนิน และMSG ซึ่งผลการตอบสนองของกุ้งตัวตลกต่อกลิ่นสารเคมีจะนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารสำเร็จรูปในปีที่ 2 ของโครงการวิจัยต่อไป

ผลผลิต (Output)

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติ

ณิษา สิรนนท์ธนา จารุนันท์ ประทุมยศ ชนะ เทศคง สุเมตต์ ปุจฉาการ และวีณา เคยพุดซา 2560 องค์ประกอบกรดไขมันในปลิงทะเลและดาวแดง แก่นเกษตร 45 ฉบับพิเศษ 1. 816-824

ณิษา สิรนนท์ธนา, จารุนันท์ ประทุมยศ และ พัฒน ศิลปชัย 2561 โปรตีน ไขมันและกรดไขมันในปลิงทะเล:ทางเลือกวัตถุดิบอาหารสำเร็จรูปกุ้งตัวตลก แก่นเกษตร 46 ฉบับพิเศษ 1 : 918-924

อมรรัตน์ กนกรุ่ง, คคนางค์ รัตนานิคม และ รวิวรรณ วัฒนดิลก 2561 ศึกษารงควัตถุแคโรทีนอยด์ในดาวทะเลบริเวณภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศไทย แก่นเกษตร 46 ฉบับพิเศษ 1 : 955-960

ผลงานวิจัยนิสิตสหกิจศึกษา

นางสาวณัฐวดี ชูทอง 2560 คุณค่าทางอาหารของโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียเพื่อเป็นอาหารในการอนุบาลลูกกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta* Dana, 1852) สหกิจศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 59 หน้า

ชื่อเรื่อง คุณค่าทางอาหารของโรติเฟอร์และอาทีเมียเพื่อเป็นอาหารในการอนุบาลลูกกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta* Dana, 1852)
โดย นางสาวณัฐวดี ชูทอง
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ
สำนัก/คณะ เทคโนโลยีการเกษตร
อาจารยที่ปรึกษา นายจักรพงษ์ ศรีพนมยม

บทคัดย่อ

การอนุบาลลูกกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*) ยังประสพปัญหาการรอดตายต่ำ ในการทดลองนี้ศึกษาผลของคุณค่าทางอาหารในโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียแรกฟักที่กินแพลงก์ตอนพืช 3 ชนิดต่อการรอดตายและระยะพัฒนาการการเจริญเติบโตของลูกกุ้งตัวตลก วานแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด 3×3 completely randomised design ทำการทดลองในถังบรรจุน้ำ 20 ลิตร อัตราความหนาแน่นลูกกุ้งเท่ากับ 20 ตัว/ล ชุดการทดลองประกอบด้วย 1) ลูกกุ้งตัวตลกกินโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียฟักแรกที่เลี้ยงด้วย *Isochrysis galbana* 2) ลูกกุ้งตัวตลกกินโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียฟักแรกที่เลี้ยงด้วย *Tetraselmis gracilis* 3) ลูกกุ้งตัวตลกกินโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียฟักแรกที่เลี้ยงด้วย *Chaetoceros calcitrans* ในทุกชุดการทดลองให้กินโรติเฟอร์ผสมอาร์ทีเมียแรกฟักในอัตรา 20 ตัว/มล และ 7 ตัว/มล ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าคุณค่าทางอาหารในโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียแรกฟักที่กินแพลงก์ตอนพืชทุกชนิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โรติเฟอร์และอาร์ทีเมียแรกฟักที่กินแพลงก์ตอนพืช 3 ชนิดมีโปรตีนระหว่าง 52.17 ± 0.62% -58.03±0.16% ตามลำดับ ซึ่งอาร์ทีเมียแรกฟักที่กิน *C. calcitrans* มีโปรตีนมากสุด โรติเฟอร์ที่กิน *C. calcitrans* มีไขมันสูงสุด (8.38±0.15%) โรติเฟอร์ที่กิน *I. galbana* มีเถ้าสูงสุด โรติเฟอร์ที่กิน *T. gracilis* และอาร์ทีเมียแรกฟักที่กิน *I. galbana* หรือ *T. gracilis* มีคาร์โบไฮเดรตสูงสุด (NFE+ไฟเบอร์) โรติเฟอร์และอาร์ทีเมียแรกฟักที่กินแพลงก์ตอนพืชทุกชนิดมีกรดไขมันจำเป็นลิโนลิอิค (C18:2n6) ลิโนลินิค (C18:3n3) เออาร์เอ (ARA; C 20:4n6) และอีพีเอ (EPA; C 20:5n3) ยกเว้นโรติเฟอร์ที่กิน *I. galbana* ไม่มีกรดไขมันชนิด ARA โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วย *I. galbana* หรือ *T. gracilis* พบกรดไขมันจำเป็นสำหรับสัตว์น้ำชนิด C18:2n6 สูงสุดเท่ากับ 7.76±0.14 % ของกรดไขมันทั้งหมด (total fatty acid, TFA) และ 7.41±0.59 % TFA ตามลำดับ โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วย *T. gracilis* พบกรดไขมันชนิด C18:3n3 มากสุดเท่ากับ 20.66±1.74 % TFA โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วย *C. calcitrans* มีกรดไขมันชนิด C20:5n3 สูงสุดเท่ากับ 1.28±0.02%TFA มีกรดไขมันชนิด C20:4n6 ประมาณ 0.5 % TFA และกรดไขมันชนิด DHA (C22:2n-6) ในปริมาณเล็กน้อย ผลการอนุบาลลูกกุ้งตัวตลกในระยะ 1 สัปดาห์แรกพบว่าลูกกุ้งตัวตลกที่กินโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียแรกฟักที่gเลี้ยงด้วย *C. calcitrans*, *T. gracilis* หรือ *I. galbana* มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 52±1.52 %, 38±21.36% และ 27±4.92% ตามลำดับ แต่ลูกกุ้งตัวตลกที่กินอาหารทุกชุดการทดลองมีพัฒนาการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ : กุ้งตัวตลก แพลงก์ตอนพืช ไอโซครัยซิส เตตร้าเซลมิส คีโตเซอรอส โปรตีน ไขมัน กรดไขมัน *Isochrysis galbana Tetraselmis gracilis Chaetoceros calcitrans*

Title Nutritional content of rotifers and *Artemia* as larval diets in the culture of harlequin shrimp (*Hymenocera picta* Dana, 1852)

By Miss Natwadee Chutong
Major Fisheries Science
Faculty Agricultural Technology/Chumphon Campus
Advisor Mr. Jakkrapong Sripanomyom

Abstract

Successful of rearing of harlequin shrimp (*Hymenocera picta*) larvae remains problematic. The present study set out to examine the effects of the nutrient content of rotifers and newly hatched (NH) *Artemia* reared on three different three phytoplankton on the survival, growth development and metamorphosis of the *H. picta* larvae. A 3×3 completely randomised design (CRD) was used. The experimental tanks contained 20 L of sea water with a density of 20 individual shrimp /L per tank. The experimental treatments were: 1) *H. picta* fed on a mixture of rotifers and NH *Artemia* that were fed *Isochrysis galbana;* 2) followed treatment 1 but *Tetraselmis gracilis* instead of *I. galbana* was used; and, 3) as treatment 1 but *Chaetoceros calcitrans* was used to replace the *I. galbana.* The shrimp were fed twice a day - 20 ind./ml and 7 ind./ml respectively. The nutrient content of the rotifers and NH *Artemia* fed on the different species of phytoplankton showed significantly differences ($p \leq 0.05$). The protein content of the rotifer and NH *Artemia* fed on *I. galbana*, *T. gracilis* or *C. calcitrans* ranged from 52.17 ± 0.62% -58.03±0.16% respectively; the NH Artemia fed the *C. calcitrans* had the highest value. Rotifers fed *C. calcitrans* possessed the highest lipid content (8.38±0.15%), while the rotifers fed *I. galbana* had the highest ash content. Rotifer reared on *T. gracilis* and NH Artemia fed either *I. galbana* or *T. gracilis* contained the highest amount of NFE+fibre. The rotifers and NH *Artemia* fed the three different phytoplankton had the following essential fatty acids: linoleic acid (LA; C18:2n6), linolenic acid (LNA; C18:3n3) arachicdonic acid (ARA; C20:4n6) and eicosapentaenoic acid (EPA: C20:5n3), except for the rotifers fed the *I.* galbana had no ARA content. Rotifers fed either *I. galbana* or *T. gracilis* had the greatest amounts of C18:2n6 with about 7.76±0.14 % and 7.41±0.59 % of their total fatty acid (TFA) respectively. Rotifers fed on *T. gracilis* had the highest levels of C18:3n3 with approximately 20.66±1.74 % TFA, while rotifers fed *C. calcitrans* had the highest quantity of C20:5n3 with 1.28±0.02% TFA, which contained C20:4n6 (0.5 % TFA) and minor amounts of DHA (CC22:2n-6). The survival rate of the *H. picta* fed on a mixture of rotifers and NH *Artemia* reared on either *C. calcitrans*, *T. gracilis* or *I. galbana* for a period of 1 week was 52±1.52 %, 38±21.36% and 27±4.92% respectively. The metamorphosis of the shrimp, however, was similar in duration and developmental stages.

Key words: Harlequin shrimp *Hymenocera picta* phytoplankton *Isochrysis galbana Tetraselmis gracilis Chaetoceros calcitrans* protein lipid fatty acid

เอกสารอ้างอิง

จารุนันท์ ประทุมยศ วรเทพ มุธุวรรณณัฐวุฒิ เหลืองอ่อน วิรชา เจริญดี วิไลวรรณ พวงสันเทียะและศิริวรรณ ชูศรี 2556 ผลของอาหารต่อการเจริญเติบโต การรอดตายและการเจริญพันธุ์ของกุ้งการ์ตูน (*Hymenocerapicta*) ที่เกิดจากการเพาะเลี้ยง รายงานวิจัยวิฉบับสมบูรณ์ เสนอสภาวิจัยแห่งชาติ128 หน้า

ธรรมศักดิ์ ถาพรพันธุ์ วรเทพ มุธุวรรณ ณัฐวุฒิ เหลืองอ่อน และ อภิศักดิ์ เฮ่งพก 2555. การเจริญเติบโต การเจริญพันธุ์และพฤติกรรมการสืบพันธุ์ของกุ้งการ์ตูน (*Hymenocera picta*) รายงานการวิจัย เสนอสภาวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยบูรพา 26 หน้า

Anraku, K., Archdale, M. V., Mendez, B. C. and Espinosa, R. A. 2001. Crab trap fisheries: capture process and an attempt on bait improvement. Journal of Natural Science, 6:121-129.

Archdale, M. V. and Anraku, K. 2005. Feeding behavior in scyphozoa, crustacean and cephalopoda. *Chemical Senses*, 30 (suppl1):1303-1304.

Calado, R., Lin, J.,Rhyne,A.L.,Araujo,R.,Narciso,L., 2003. Marine Ornamental Decapods-Popular, Pricey, and Poorly Studied. Journal of Crustacean Biology, 23(4): 963-973.

Caulier, G., Flammang, P., Gerbaux, P. and Eeckhaut, I. 2013. When a repellent becomes an attractant: harmful saponins are kairomones attracting the symbiotic Harlequin crab. Scientific reports.3: 2639. Doi: 10.1038/srep0239.www.nature.com/scientificreports

Das, T. K., D Banerjee, D., Chakraborty, D., Pakhira, M. C., Shrivastava, B. and Kuhad, .R. C. 2012. Saponin: Role in Animal system, a review. Veterinary World. 5(4): 248-254

Dong, G., Xu, T., Yang, B., Lin, X., Zhou, X., Yang, X., and Liu, Y. 2011. ChemInform Abstract: Chemical Constituents and Bioactivities of Starfish, review. Chemistry & Biodiversity (8):740-791.DOI: 10.1002/cbdv.20090034

Hindley, J. P. R. 1975. The detection, location and recognition of food by juvenile banana prawns, *Penaeus merguiensis* de man. Marine Behaviour and Physiology, 3(3):193-210.

Mackie, A. M. and Turner, A. B. 1970. Partial characterization of biologically active steroid glycoside isolated from the starfish *Marthasterias glacialis*. The journal of Biochemisty. 543–550.

Mackie, A. M., Singh, H. T. & Fletcher, T. C. 1975. Studies of the cytolytic effects of seastar (*Marthasterias glacialis*) saponins and synthetic surfactants in the plaice *Pleuronectes platessa*. Marine Biolology. 29(4), 307–314.

Moller, T.M. 1978. Feeding behaviour of larvae and postlarvae of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) (Crustacea: palaemonidae). *Journal of experimental marine biology and ecology*, 35(3): 251- 258.

Papatryphon, E. & Sorares, J.H., Jr (2000) The effect of dietary feeding stimulants on the growth performance of striped bass Morone saxatilis, fed a plant feedstuff based diet. Aquaculture, 185,329–338.

Prakash, S. and Kumar, T. T. A., 2013. Feeding behavior of Harlequin Shrimp Hymenocera picta Dana, 1852 (Hymenoceridae) on Sea Star Linckia laevigata (Ophidiasteridae). Journal of Threatened Taxa 5(13): 4819–4821. www.threatenedtaxa.org

Pratoomyot, J., Choosri, S., Muthuwan, V., Luangoon, N., Charoendee, W., huangsanthia, W. and Shinn, A. P. 2018. Sand star, Astropecten indicus Döderlein, 1888, as an alternative live diet for captive harlequin shrimp, Hymenocera picta Dana, 1852. Aquaculture. 484 351–360

Rainbow, P.S. 1974. The demonstration of chemosensory food detection in *Hymenocera picta* Dana (Decapoda, Caridea), a proposed predator of the Crown-of-Thorns Starfish *Acanthaster planci* (L). African Journal of Tropical Hydrobiology and Fisheries 3: 183–191.

Stonik, V. A., Kalinin, V. I. and Avilov, S. A. 1999.Toxins from sea cucumbers (Holothuroids): chemical structures, properties, taxonomic distribution, biosynthesis and evolution. Journal of Natural Toxins. 8, 235–248.

Takeda, M. and Takii, K. 1992. Gustation and nutrition in fishes: application to aquaculture. In: Fish Chemoreception (Hara, T.J. ed.), pp. 271–287. Fish and Fisheries Series 6. Chapman and Hall, London.

Van Dyck, S. 2011. The triterpene glycosides of *Holothuria forskali*: usefulness and efficiency as a chemical defense mechanism against predatory fish. Journal of experimental Biology. 214, 1347–56.

Weissburg, M. J. and Zimmer-faust, R. K. 1993. Life death in moving fluids: hydrodynamic effects on chemosensory-mediated predation. *Ecology*, 74(5): 1428-1443.

Wabnitz, C., Taylor, M.,Green E., Razak, T., 2003. From Ocean to Aquarium. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.