ศักยภาพการผลิตสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* เชิงพาณิชย์จากโรงเรือนเลี้ยง สำหรับผลผลิตสาหร่ายเกล็ดและสาหร่ายผง

Potential on Commercial Production of Gut Weed *Ulva intestinalis* from Green House for Seaweed Flake and Seaweed Powder Products

แวมารือนี มะดีเยาะ

Waemarueni Madeeyoh

Prince of Songkla University Pattani Campus

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Fishery Technology
Prince of Songkla University
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ศักยภาพการผลิตสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* เชิงพาณิชย์จากโรงเรือนเลี้ยง สำหรับผลผลิตสาหร่ายเกล็ดและสาหร่ายผง

ผู้เขียน นางสาวแวมารีอนี มะดีเยาะ

สาขาวิชา เทคโนโลยีการประมง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพีพร เรืองช่วย)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย เหลืองธุวปราณีต)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์สรวง ยางทอง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพีพร เรืองช่วย)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย เหลืองธุวปราณีต)

.....กรรมการ

(ดร.วีรยา คุ้มเมือง)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขอรองรับว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพีพร เรืองช่วย)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....

(นางสาวแวมารีอนี มะดีเยาะ)

นักศึกษา

Prince of Songkla University Pattani Campus

ข้าพเจ้าขอรอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวแวมารือนี มะดีเยาะ)

นักศึกษา

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ชื่อวิทยานิพนธ์ ศักยภาพการผลิตสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* เชิงพาณิชย์จากโรงเรือนเลี้ยง สำหรับผลผลิตสาหร่ายเกล็ดและสาหร่ายผง

ผู้เขียน นางสาวแวมารีอนี มะดีเยาะ
สาขาวิชา เทคโนโลยีการประมง
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ในเชิงพาณิชย์จากโรงเรือน โดยเลี้ยงในถังพลาสติก ขนาด 200 ลิตร เพื่อศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ ซึ่งมีสูตรอาหาร 3 สูตร ได้แก่ 1) โซเดียมไนเตรทกับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 2) ปุ๋ยสูตรเสมอ 16-16-16 และ 3) ยูเรียร่วมกับแอมโมเนียมไนเตรทและไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโต สี สารสี คุณค่าสารอาหาร และสารให้กลิ่นรส ที่ได้จากการเลี้ยงในแต่ละสูตร การเลี้ยงใช้ต้นอ่อนสาหร่ายไส้ไก่ ขนาดความยาวเริ่มต้นที่ 1.9±0.4 เซนติเมตร ความหนาแน่น 5 กรัมต่อตารางเมตร หลังจากเลี้ยงสาหร่าย 2 สัปดาห์ พบว่า การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างๆมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยสูตร 16-16-16 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายไส้ไก่ที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 27,694.52±48.59 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 37.48±3.83 ต่อวัน รองลงมาเป็นสูตรโซเดียมไนเตรทผสมกับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต มีน้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายเฉลี่ยของสาหร่ายเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 22,467.76±19.28 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์เฉลี่ย ร้อยละ 35.32±4.79 ต่อวัน ส่วนปุ๋ยยูเรียร่วมกับแอมโมเนียมไนเตรทและไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด น้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายนี้เพิ่มขึ้น เฉลี่ยร้อยละ 2,091.01±5.93 และอัตราเจริญเติบโตสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 20.65±1.98 ต่อวัน สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยสูตร 16-16-16 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี แคโรทีนอยด์ และเซนโทฟิลล์สูงกว่าสูตรอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ 27.80±2.49, 32.19±7.99, 9.29±0.55 และ6.84±3.89 mg g-1 น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สีของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันจะมีค่า L* a* และ b* ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยทั้ง 3 สูตรอาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสาหร่ายที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยสูตรโซเดียมไนเตรทกับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตมีปริมาณโปรตีนสูงสุด ร้อยละ 14.94±0.06 สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยสูตร 16-16-16 มีปริมาณไขมันสูงสุด ร้อยละ 0.43±0.02 และสาหร่ายที่เลี้ยงด้วยสูตรยูเรียกับแอมโมเนียมไนเตรทและไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด ร้อยละ 61.60±1.61 การตรวจสอบหาสารให้กลิ่นรสในสาหร่ายไส้ไก่ในรูปแบบสารหอมระเหย พบว่า สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วย โซเดียมไนเตรทผสมกับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต

มีสารหอมระเหยและกรดอินทรีย์ทั้งหมด 71 ชนิด สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยสูตรเสมอ 16-16-16 มีสารหอมระเหยและกรดอินทรีย์ทั้งหมด 60 ชนิด สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยสูตรปุ๋ยยูเรียร่วมกับแอมโมเนียมไนเตรทและไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตมีสารหอมระเหยและกรดอินทรีย์ทั้งหมด 55 ชนิด ทั้งนี้ต้นทุนของสาหร่ายที่เลี้ยงด้วยด้วย สูตรเสมอ 16-16-16 มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

การเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* เชิงพาณิชย์ในภาชนะเลี้ยง 2 รูปแบบ ได้แก่ ถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร และ บ่อซีเมนต์ ขนาด 1,000 ลิตร โดยทำการทดลองในปริมาตรน้ำรวมรูปแบบละ 5 ตัน เท่ากัน ที่ระบบปิดกลางแจ้ง พบว่าการเลี้ยงใช้ข่อต้นอ่อนสาหร่ายไส้ไก่ที่มีความยาวเริ่มต้นที่ 2.2±0.6 เซนติเมตร ด้วยความหนาแน่นเริ่มต้น 0.02 กรัมต่อลิตร ให้อากาศด้วยสูตรอาหารที่เลือกแล้วคือ ปุ๋ยสูตรเสมอ 16-16-16 หลังจากเลี้ยง 3 สัปดาห์ พบว่า การเจริญเติบโตปริมาณสารรงควัตถุและปริมาณสารสีของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในถังพลาสติกและบ่อซีเมนต์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสาหร่ายที่เลี้ยงในถังพลาสติก มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 10,012.65±26.03 และ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยร้อยละ 32.3±1.5 ต่อวัน ส่วนสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 10,370.24±96.67 ต่อวัน มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยร้อยละ 33.5±0.7 ต่อวัน ดังนั้น รูปแบบและลักษณะของถังเลี้ยงสาหร่าย จึงที่ไม่มีผลต่อการผลิตในระบบกลางแจ้ง

การศึกษาการผสมสาหร่ายไส้ไก่เกล็ดและผง 3% ในผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกแล้ว คือข้าวเกรียบ พบว่าสาหร่ายไส้ไก่มีผลผลิตสาหร่ายแห้งต่อสาหร่ายสดในอัตราส่วนเท่ากับ 1.00:9.59±1.06 และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสาหร่ายไส้ไก่ จากการทดสอบด้วยการชิมโดยวิธี Scoring test โดยใช้ 9–Hedonic scale ต่อความชอบและรสสัมผัสของผลิตภัณฑ์ จากผู้ทดสอบชิม จำนวน 30 คน พบว่ามีความชอบผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสาหร่ายไส้ไก่โดยรวม เท่ากับ 6.70±0.92 ซึ่งอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อย โดยมีความชอบในรสชาติและกลิ่นเล็กน้อย แต่ไม่ชอบสีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสาหร่ายไส้ไก่ ในระดับ 3.77±1.28 ซึ่งไม่ชอบปานกลาง ทั้งนี้ผู้ทดสอบชิมจะมีความชอบปานกลางในสีและกลิ่นของข้าวเกรียบที่ไม่ผสมสาหร่ายไส้ไก่ และผู้ทดสอบชิมจะมีความชอบเล็กน้อยในกลิ่นสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสมอ 16-16-16 มากกว่าสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในอาหารอีก 2 สูตร ซึ่งอาจเป็นเพราะสาหร่ายดังกล่าวมีมีสารหอมระเหยและกรดอินทรีย์ในระดับปานกลางที่มีกลิ่นไม่อ่อนหรือแรงเกินไป

Thesis Title	Potential on Commercial Production of Gut Weed *Ulva intestinalis* from Green House for Seaweed Flake and Seaweed Powder Products
Author	Miss Waemarueni Madeeyoh
Major Program	Fishery Technology
Academic Year	2016

ABSTRACT

Culture of gut weed, *Ulva intestinalis* in 200 L plastic tanks under different medium recipes was aimed to get a suitable method for the cultivation. Three medium recipes: urea plus with ammonium nitrate and ammonium hydrogen phosphate, balancing fertilizer 16-16-16, and sodium nitrate plus with disodium hydrogen phosphate were put weekly to the cultivation tank. The initial size was 1.9±0.4 cm long with the density at 5 g/m^2. After 2 weeks of the cultivation, the alga in medium fertilizer 16-16-16 provided the maximum increased weight of 27,694.52±48.59 % and growth rate of 37.48±3.83 % day^{-1}, followed by ammonium nitrate and ammonium hydrogen phosphate with increased weight of 22,467±19 % and growth rate of 35.32±4.79 % day^{-1}. The maximum growth was in sodium nitrate plus with disodium hydrogen phosphate which showed with increased weight of 22,467.76±19.28 % and percentage growth rate of 35.32±4.79 % day^{-1}. Growth of the algae in sodium nitrate plus with disodium hydrogen phosphate showed the lowest with the increased weight of 2,091.01±5.93 % and showed specific growth of 20.65±1.98 % day^{-1}. The almost of pigment contents of chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid and xanthophyll were paralleled to the biomass with 27.80±2.49, 32.19±7.99, 9.29±0.55 and 6.84±3.89 mg g^{-1} dry weight, respectively and those showed the significant effect ($p>0.05$) with another. The algal color in L* a* and b* values showed significant effect among the recipes ($p>0.05$). Nutritional values of algae cultured with the three recipes showed significantly difference ($p<0.05$) among of them. The alga in sodium nitrate plus with di-sodium hydrogen phosphate showed the highest protein content of 14.94±0.06%. The alga cultured with fertilizer 16-16-16 provided the highest fat content of 0.43±0.02% and the alga cultured in urea plus ammonium nitrate and di-ammonium hydrogen phosphate provided the highest carbohydrate

content of 61.60±1.61%. The investigation of flavor in the form of aromatic compound found that the alga cultured with sodium nitrate mixed with di-sodium hydrogen phosphate provided 71 essential oils and organic acids. The alga cultured with fertilizer 16-16-16 provided 60 essential oils and organic acids. The alga cultured with urea mixed with ammonium nitrate and di-ammonium hydrogen phosphate provided 55 essential oils and organic acids. Thus, the cost of algae fed with the formula 16-16-16 showed the smallest.

Commercial outdoor cultivation of gut weed, *Ulva intestinalis* was done in two different types of container, 200 l plastic tanks and 1000 l cement tanks for 5 t of total volume. In culture, the initial size of seedling 2.2±0.59 cm was used in 0.02 g/l density. The experiment was cultured with adding aeration and fertilizer 16-16-16. The alga in plastic tank provide the increased weight of 6,509±216 % and showed specific growth rate of 4.65±17.26 % day^{-1} while the alga in cement tank provided increased weight of 10,2639±97 % and showed specific growth rate of 3.53±22.45 % day^{-1}. The alga in the both reservoirs showed non different significant on growth, relative growth rate and pigments but showed difference on thallus length. Therefore, type of container not affected on the commercial production of *U. intestinalis* outdoor cultivation which could use in both plastic or cement tanks.

Study on drying of the seaweed and the mixing of 3% the seaweed flake and seaweed powder in fish cracker found that the ratio of the dry: the wet yield of the seaweed was 1.00:9.59±1.06. The 9–Hedonic scale sensory evaluation from 30 testers on the overall taste of the seaweed cracker was 6.70±0.92, which was like slightly. The tasters showed like slightly in the taste and smell. However, they feel like on the color of the cracker product at 3.77±1.28, which is dislike moderately. The score showed like moderately in color and aroma of the crackers that did not mix seaweed. The algae cultured with 16-16-16 provided a higher score on color and smell than those scores in the other two recipes. It was maybe essential oils and organic acids had moderate and not so strong and weak of smell when compared with those from the other two recipes.

Prince of Songkla University Pattani Campus

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องการผลิตสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* เชิงพาณิชย์จากโรงเรือนเลี้ยงสำหรับผลผลิตสาหร่ายเกล็ดและสาหร่ายผง จัดทำขึ้นจากการวิจัยเพื่อใช้ประกอบหลักสูตร และเพื่อเผยแพร่ความรู้แก่ผู้สนใจ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพีพร เรืองช่วย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย เหลืองธุวปราณีต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้แนะแนวทางในการดำเนินการทั้งการปฏิบัติทดลอง และรูปแบบการเขียนวิทยานิพนธ์ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์สรวง ยางทอง และ ดร.วีรยา คุ้มเมือง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้แนะแนวทางในการดำเนินการทั้งการปฏิบัติทดลองเพิ่มเติม และรูปแบบการเขียนวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณแหล่งทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

1) ทุนยกเว้นค่าธรรมเนียนการศึกษา จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2) ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ขอขอบพระคุณคณาอาจารย์ และบุคลากรแผนกวิชาเทคโนโลยีการประมงทุกท่าน ในการให้ความช่วยเหลืองานวิจัย และอำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ ตลอดจนพื้นที่ในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา อีกทั้งขอขอบคุณกำลังใจที่สำคัญจากครอบครัว ท้ายนี้ขอขอบคุณทุกท่านที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(13)
รายการภาพประกอบ	(15)
รายงานภาคผนวก	(17)
รายการตารางผนวก	(18)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ชีววิทยาและลักษณะทั่วไปของสาหร่ายไส้ไก่	4
2.2 อนุกรมวิธาน	5
2.3 การแพร่กระจาย	5
2.3.1 นิเวศวิทยาและการสืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่	5
2.4 วงจรชีวิตของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva* spp.	6
2.5 ปัจจัยในการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* Linnaeus	7
2.6 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่	9
2.7 คุณค่าสารอาหารในสาหร่ายไส้ไก่	12
2.8 การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายสกุล *Ulva*	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
3.1 การเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือและหัวเชื้อสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*)	15
3.2 การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในโรงเรือน	16
3.3 ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่เชิงพาณิชย์ในโรงเรือนกลางแจ้ง	17
3.4 การผลิตสาหร่ายเกล็ดและสาหร่ายผง	18
3.5 การวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณธาตุอาหารบางชนิด	19

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.6 การนำสาหร่ายไปผสมกับผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยว	20
3.7 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	21
3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล	24
3.9 การศึกษาต้นทุน ผลผลิต ผลตอบแทน	24
3.10 วัสดุ และอุปกรณ์	25
3.11 สถานที่	29
บทที่ 4 ผลการวิจัย	30
4.1 การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันในโรงเรือน	30
4.1.1 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์	30
4.1.2 ความยาวของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis*	32
4.1.3 คุณภาพน้ำ	34
4.1.4 ปริมาณรงควัตถุในสาหร่ายไส้ไก่	36
4.1.5 สีของสาหร่ายไส้ไก่	38
4.1.6 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย	40
4.1.7 สารให้กลิ่นรสของสาหร่ายไส้ไก่	41
4.1.8 สารสกัด Ulvan	45
4.1.9 การตรวจสอบธาตุอาหารบางชนิดในน้ำและในสาหร่าย	47
4.1.10 ต้นทุนและผลผลิต	49
4.2 การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่แบบสเกลใหญ่ในภาชนะที่แตกต่างกัน	50
4.2.1 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์	50
4.2.2 ความยาวของสาหร่ายไส้ไก่	53
4.2.3 ปริมาณรงควัตถุในสาหร่ายไส้ไก่	56
4.2.4 คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่	57
4.2.5 สีของสาหร่ายไส้ไก่	58
4.3 ผลผลิตสาหร่ายสดต่อสาหร่ายแห้ง	59
4.4 การทดสอบประสาทสัมผัสของผลผลิตและผลิตภัณฑ์สาหร่ายไส้ไก่	59

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	63
5.1 การเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันในโรงเรือน	63
5.2 การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะแตกต่างกัน	64
5.3 การทดสอบประสาทสัมผัสของผลผลิตและผลิตภัณฑ์สาหร่ายไส้ไก่	65
5.4 ข้อเสนอแนะ	65
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก	72
ประวัติผู้เขียน	90

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis*	12
2	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของน้ำหนักสาหร่ายไส้ไก่เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ) ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 สูตร	31
3	การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์เฉลี่ย (ร้อยละ/วัน) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 สูตร	31
4	การเจริญเติบโตด้านความยาว (เซนติเมตร) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันในโรงเรือน เป็นเวลา 2 สัปดาห์	34
5	การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน	35
6	การเปรียบเทียบปริมาณสารรงควัตถุของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน เป็นเวลา 2 สัปดาห์	38
7	ค่าสี (L *, a * และ b *) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน	40
8	คุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน(ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	41
9	สารให้กลิ่นรสในสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	42
10	สารสกัด Ulvan ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน	45
11	ธาตุอาหารบางชนิดในน้ำและในสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน(มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง)	48
12	ต้นทุนในการผลิตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน	50
13	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของน้ำหนักสาหร่ายไส้ไก่ที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ) ที่เลี้ยงแบบสเกลใหญ่ในภาชนะแตกต่างกัน	51
14	การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (ร้อยละ/วัน) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงแบบสเกลใหญ่ในภาชนะแตกต่างกัน	52
15	การเจริญเติบโตด้านความยาว (เซนติเมตร) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เพิ่มขึ้นที่เลี้ยงแบบสเกลใหญ่ในภาชนะแตกต่างกัน	53
16	การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวของสาหร่ายไส้ไก่ทีเพิ่มขึ้น (ร้อยละ) ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน ในระเวลา 3 สัปดาห์	54
17	การเปรียบเทียบปริมาณรงควัตถุของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ที่เพาะเลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์	56
18	การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ที่เพาะเลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์	57

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
19	ค่าสี (L *, a * และ b *) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน ในระยะเวลา 3 สัปดาห์	58
20	การทดสอบประสาทสัมผัสของผลผลิตและผลิตภัณฑ์สาหร่ายไส้ไก่	61

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการภาพประกอบ

	ภาพที่	หน้า
1	สาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis*	5
2	วงจรชีวิตของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva* spp.	7
3	การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva* spp. ในญี่ปุ่น (Ohno and Crichley (1993)	10
4	วิธีการเพาะเลี้ยงหัวเชื้อสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis*ให้ได้ Germling Cluster ในห้องปฏิบัติการ	15
5	รูปแบบการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับสาหร่ายไส้ไก่ในโรงเรือน	17
6	การศึกษาการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่เชิงพาณิชย์ในโรงเรือน	18
7	สาหร่ายไส้ไก่ A สาหร่ายเกล็ด B สาหร่ายผง	19
8	ผลผลิตสาหร่ายไส้ไก่	19
9	วิธีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารบางชนิด	20
10	ผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยว	21
11	อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (ร้อยละ/วัน) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันในโรงเรือน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์	32
12	การเจริญเติบโตด้านความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์	33
13	การเปรียบเทียบปริมาณสารรงค์วัตถุของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน เป็นเวลา 2 สัปดาห์	37
14	สีของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน ในระเวลา 2 สัปดาห์	39
15	สารให้กลิ่นรสสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์	44
16	สารสกัด Ulvan สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์	46
17	สารสกัด Ulvan สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์	47
18	การเจริญเติบโต (ร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น)ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์	51

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (ร้อยละ/วัน) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์	52
20	การเจริญเติบโตด้านความยาว (ซม.) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน ในระเวลา 3 สัปดาห์	53
21	อัตราการเจริญเติบโต ด้านความยาว ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เพิ่มขึ้นร้อยละที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน ในระเวลา 3 สัปดาห์	54
22	การเจริญเติบโตด้านความยาว ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน ในระเวลา 3 สัปดาห์	55
23	ปริมาณรงค์วัตถุในสาหร่ายไส้ไก่ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน ในระเวลา 3 สัปดาห์	57
24	สี (L *, a * และ b *) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน ในระยะเวลา 3 สัปดาห์	58
25	การทดสอบประสาทสัมผัสการยอมรับความชอบ สี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์สาหร่ายไส้ไก่	62
26	การทดสอบประสาทสัมผัสการยอมรับสีและกลิ่นของผลผลิตสาหร่ายไส้ไก่ทีเลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างกัน	62

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายงานภาคผนวก

ภาคผนวกที่	หน้า
1. สูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่	72
2. วิธีการเตรียมทดสอบธาตุอาหารในสาหร่ายและน้ำ	72
3. วิธีการวิเคราะห์ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส	73
4. วิธีการวิเคราะห์ไนเตรท-ไนโตรเจน	75
5. วัดความเป็นกรด-ด่าง	75
6. วิธีวัดความเค็ม	75
7. วิธีวัดอุณหภูมิน้ำและอากาศ	75
8. วิธีการวิเคราะห์กลิ่น	75
9. วิธีการสกัดสาร Ulvan	76
10. การวัดสี	77

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายงานตารางผนวก

ตารางผนวกที่ หน้า

1. สูตรอาหาร MGM (Modified Guillard's Medium) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* โดยใช้อัตรา 1 mL ต่อน้ำ 1 ลิตร 72
2. สารละลายเพื่อทำ standard curve ตามความเข้มข้น 74
3. การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 77
4. ความยาวของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารทีแตกต่างกันในโรงเรือน 77
5. ปริมาณรงค์วัตถุของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 78
6. สารสกัด Ulvan ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 79
7. ธาตุอาหารบางชนิดของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 80
8. ธาตุอาหารบางชนิดในน้ำที่เลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่โดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 81
9. อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะแตกต่างกัน 82
10. ความยาว (เซนติเมตร) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะแตกต่างกัน 82
11. คุณภาพน้ำของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะแตกต่างกัน 83
12. ปริมาณรงค์วัตถุของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะแตกต่างกัน 86
13. สีของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะแตกต่างกัน 87
14. การทดสอบประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สาหร่ายไส้ไก่ 88
15. ทดสอบประสาทสัมผัสของผลผลิตสาหร่ายที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 89

Prince of Songkla University Pattani Campus

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*) เป็นสาหร่ายสีเขียว (Division Chlorophyta) ที่แพร่กระจายทั่วไปบริเวณแหล่งน้ำกร่อยชายฝั่งทะเล มีอัตราการเจริญเติบโตสูงภายใต้สภาวะที่มีแสงมาก ลักษณะต้นหรือแทลลัสเป็นหลอดกลวง เป็นลอนหรือหงิกงอ สามารถหดหรือพองตัวได้ สาหร่ายไส้ไก่ นี้จัดเป็นสาหร่ายทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในหลายภูมิภาคทั่วโลก โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชีย ที่มีการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายมาช้านาน เนื่องจากสาหร่ายไส้ไก่มีสารอาหารสำคัญที่มีประโยชน์ได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุ กรดอะมิโน และกรดไขมันที่สำคัญอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าสาหร่ายชนิดอื่นๆ (Aguilera-Morales *et al*., 2005) โดยเฉพาะ ประเทศญี่ปุ่นเรียกสาหร่ายในกลุ่มนี้ว่า อะโอโนริ (Aonori) และมีการเพาะเลี้ยงอย่างต่อเนื่องโดยนำผลผลิตมาทำเป็นอาหาร หรือส่วนประกอบในอาหาร ได้แก่ ผงโรยข้าว หรือผงโรยหน้าอาหารชนิดต่าง ๆ เพื่อให้เกิด กลิ่น รสชาติ และรูปลักษณ์ที่น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น (Critchley and Ohno, 1998)

นอกจากนี้ยังมีการบริโภคสาหร่ายไส้ไก่ในประเทศอื่น ๆ ได้แก่ ในประเทศฟิลิปปินส์ ใช้เป็นผักสลัด รับประทาน และใช้เป็นอาหารปลานวลจันทร์ทะเล ในมาเลเซียใช้เป็นอาหารของคนในหลากหลายรูปแบบ เช่น ทำเป็นแผ่นแห้ง (Reine and Trono, 2001) ในประเทศจีนใช้ทำเป็นยารักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคคอพอก และใช้เป็นอาหารเสริมของสัตว์เลี้ยงต่าง ๆ รวมทั้งการนำมาผลิตเป็นปุ๋ยในทางเกษตร ในประเทศไทยมีการนำสาหร่ายชนิดนี้มาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์และใช้ในการบำบัดน้ำ แต่ไม่เป็นที่นิยมมาก เหมือนประเทศอื่น ๆ ในเอเชีย (Chirapart, 2006)

สาหร่ายไส้ไก่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 35.5 และโปรตีนอยู่ในระดับ ปานกลาง คือ ร้อยละ 12-14 แต่มีไขมันต่ำ ร้อยละ 0.2-1.3 (Rohani-Ghadikolaei *et al*., 2011) อุดมด้วยแร่ธาตุที่มีประโยชน์ ในระดับที่สูงมาก ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี แมงกานีส และเหล็ก ซึ่งจัดเป็นแหล่งอาหารที่เสริมแร่ธาตุอาหารได้ดี ส่วนปริมาณวิตามินต่าง ๆ ที่พบอยู่ในปริมาณปานกลาง คือ วิตามินเอ และวิตามินซี วิตามินบีรวม ทั้งบี1 บี3 บี9 และบี12 (ปัทมา และคณะ, 2552) นอกจากนี้มีกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด เช่น ทริโอนีน ไลซีน ทริปโตเฟน ซิสเตอีน เมทไทโอนีน และฮิทิดีน เป็นต้น (Galland-lrmouli *et al.,* 1999) บางชนิดมีสูงกว่าในถั่วเหลือง (Aguilera-Morales, 2005) จากการที่สาหร่ายไส้ไก่มีกลิ่นเฉพาะ และมีกรดอะมิโนที่สามารถกระตุ้นความอยากอาหาร คือ กรดแอสปาร์ติก และกรดกลูตามิก (Dzanic *et al.,* 1985) จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ เพื่อปรุงแต่งรสชาติของอาหาร เช่น ใช้เสริม

ผลิตภัณฑ์ของขบเคี้ยว เพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์รสชาติใหม่ที่มีความแตกต่าง หรือมีคุณค่าและมูลค่าสูงขึ้น เช่น ข้าวเกรียบรสสาหร่าย จะช่วยเพิ่มศักยภาพของกลุ่มสินค้า OTOP ให้มีมูลค่าสูงขึ้น

ปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีรูปแบบการเพาะเลี้ยงที่ชัดเจน มีเพียงการเก็บเกี่ยวจากธรรมชาติบริเวณชายฝั่งหรือ เก็บจากบริเวณแอ่งน้ำเค็มหรือนาเกลือ เพื่อนำไปให้อาหารปลากินพืชที่เลี้ยงในกระชัง ได้แก่ ปลานิลแดง ทำให้บางครั้งมีการซื้อขายผลผลิตสาหร่ายชนิดนี้ กิโลกรัมละ 3-5 บาทต่อน้ำหนักสด ทั้งนี้ในประเทศไทยได้พบสภาวะในการเจริญเติบโต และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (Ruangchuay *et al*., 2012)

นอกจากนี้ยังมีผู้สนใจต้องการนำสาหร่ายไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่น ๆ ปัจจุบันสาหร่ายชนิดนี้สามารถเพาะเลี้ยงและเพิ่มจำนวนได้ในห้องปฏิบัติการ และยังมีผู้สนใจจะใช้สาหร่ายชนิดนี้ถามถึงผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ (Ruangchuay *et al*., 2012) ดังนั้นจึงมีความน่าสนใจอย่างยิ่ง ในการศึกษาพัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงเพื่อขยายสู่โรงเรือนและเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายที่ได้จากการเลี้ยง และการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิต เพื่อมุ่งถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสูตรอาหาร และปริมาณผลผลิตที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ในโรงเรือนกลางแจ้ง

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณค่าสารอาหารในสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงได้จากโรงเรือนด้วยสูตรอาหารต่าง ๆ

1.2.3 เพื่อศึกษาคุณภาพของผลผลิตสาหร่ายไส้ไก่ที่ได้จากฟาร์มเลี้ยง

1.2.4 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อการใช้ผลผลิตสาหร่ายเกล็ดและสาหร่ายผงในผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยว

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในเชิงพาณิชย์ในโรงเรืองกลางแจ้ง โดยใช้สูตรอาหาร 3 สูตร คือ

1.3.1.1 ดัดแปลงจากชนัดดาและคณะ (2551) สูตร Modified Guillard's Medium ประกอบด้วยสารเคมี 3 ชนิด คือ ยูเรีย แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต $(NH_4)_2 HPO_4$

1.3.1.2 ดัดแปลงจากชนัดดาและคณะ (2551) ปุ๋ยเคมี สูตร 16-16-16

Prince of Songkla University Pattani Campus

1.3.1.3 ดัดแปลงจาก สูตร Modified Guillard's Medium (MGM) ซึ่งใช้เพียงสารเคมี 2 ชนิด ได้แก่ โซเดียมไนเตรต ($NaNO_3$) และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$)

1.3.2 ศึกษาการวิเคราะห์คุณค่าสารอาหารและกลิ่นของสาหร่ายไส้ไก่ในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

1.3.3 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในการใช้สาหร่ายไส้ไก่ผสมในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยว

1.3.4 ศึกษาหาต้นทุน ผลผลิต และผลตอบแทนของการผลิตสาหร่ายไส้ไก่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบสูตรอาหารที่เหมาะสม วิธีการผลิตและการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่เชิงพาณิชย์

1.4.2 ทราบคุณค่าทางโภชการของสาหร่ายไส้ไก่ที่ได้จากฟาร์มเลี้ยง

1.4.3 ทราบผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อการใช้สาหร่ายไส้ไก่ในรูปเกล็ดและผง ผสมกับผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม

1.4.4 ทราบแนวทางการผลิตสินค้าสูตรใหม่ ในกลุ่มสินค้า OTOP และสินค้าชุมชนประเภทของขบเคี้ยว

Prince of Songkla University Pattani Campus

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีววิทยาและลักษณะทั่วไปของสาหร่ายไส้ไก่

สาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* เป็นสาหร่ายสีเขียว (Green algae) จัดอยู่ในดีวีชัน คลอโรไฟตา (Division Chlorophyta) ภายในเซลล์ประกอบไปด้วย คลอโรฟิลล์เอ บี แคโรทีนอยด์ (carotenoid) และแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) (พิพัฒน์ และณัฐรินทร์, 2557) สาหร่ายในกลุ่มนี้มีรูปร่างแตกต่างกันหลายรูปแบบบางชนิดมีรูปร่างเป็นท่อกลวงยืดหยุ่นได้ เช่น สาหร่ายไส้ไก่ หรือบางชนิดเป็นแผ่นบางไม่ยืดหยุ่น เช่น สาหร่ายผักกาด แต่ในระยะแรกๆจะมีลักษณะแทลลัสเป็นหลอดกลวงคล้ายลำไส้ สามารถหดหรือพองตัวได้ แตกแขนงเป็นกลุ่มหรือเป็นสาย ประกอบด้วยแทลลัสหนา 2 ชั้นเซลล์ (ยุวดี, 2546) ประกอบด้วยเซลล์ที่มีช่องว่างลักษณะหลายเหลี่ยมหรือกลม มีส่วนประกอบของน้ำและอากาศอยู่ด้วย เรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบไม่ว่าจะเป็นแนวยาวหรือแนวขวาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเซลล์ 3±1x4±1 ไมโครเมตร หุ้มด้วยคลอโรพลาสต์ ภายในเซลล์มี ไพรรีนอยด์ (pyrenoid) 2.0±0.6 อัน ทำหน้าที่สะสมแป้ง มีรากเล็กๆยึดเกาะ ส่วนโคนแคบและขยายใหญ่ตอนบน เมื่อดูจากที่ผิวของต้น ความยาวแทลลัส 14±4 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 2±0 มิลลิเมตร แทลลัสมีสีเขียวใสหรือสีเหลือง (Reine and Trono, 2001)

สาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* มีชื่อเดิมว่า *Enteromorpha intestinalis*, Linnaeus เนื่องจากข้อมูลทางโมเลกุลและการเลี้ยงแสดงให้เห็นว่า สาหร่ายในสกุล *Enteromorpha* และ *Ulva* ไม่มีความแตกต่างด้านโครงสร้างเซลล์ จึงเปลี่ยนชื่อกลับมาใช้ *Ulva intestinalis*, Linnaeus ในปัจจุบัน (จริยาวดี และคณะ, 2550)

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.2 อนุกรมวิธาน

สาหร่ายไส้ไก่ หรือ *Ulva intestinalis* (Linnaeus) มีลำดับทางอนุกรมวิธานดังนี้

Division Chlorophyta

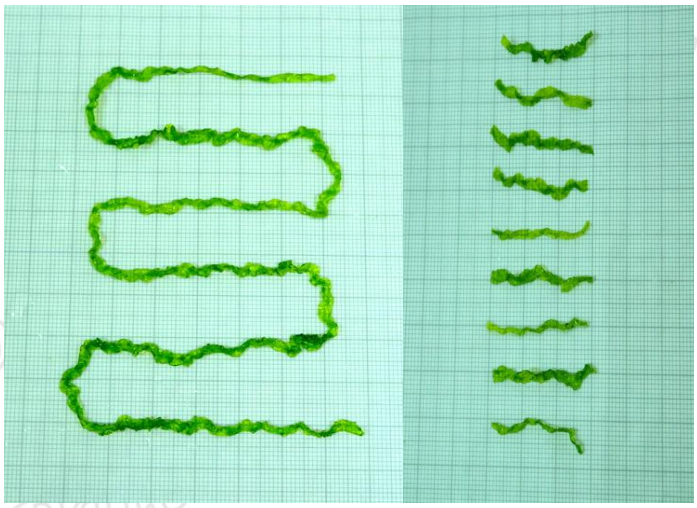
Class Chlorophyceae

Order Ulvales

Family Ulvaceae

Genus *Ulva* (*Enteromorpha*)

Species *Ulva intestinalis* Linnaeus (Algaebase, 2015)



ภาพที่ 1 สาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis*

2.3 การแพร่กระจาย

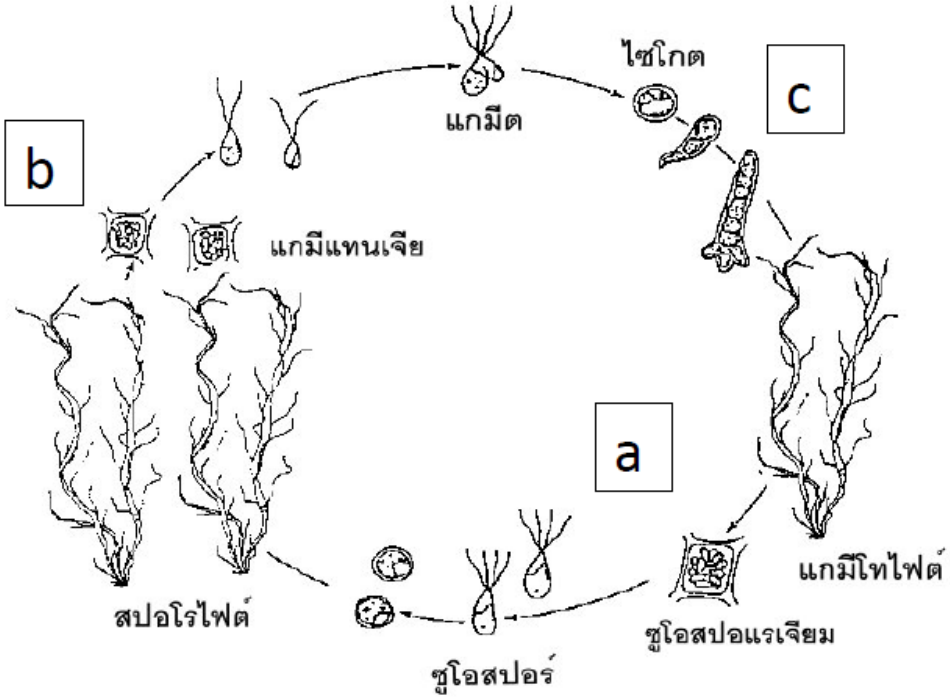
2.3.1 นิเวศวิทยาและการสืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่

สาหร่ายไส้ไก่ เป็นสาหร่ายสีเขียว พบได้ตามบริเวณปากแม่น้ำ ตามพื้นที่น้ำขึ้นน้ำลง (Lobban and Harrison, 1994) สามารถนำมาเพาะเลี้ยงได้และพบว่าสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม (Kamer and Fong, 2000) เจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่ไหล และในสภาวะที่มีแสง สาหร่ายไส้ไก่เจริญเติบโตได้ตามธรรมชาติหรือจากการเลี้ยง พบสาหร่ายเกาะตามก้อนหิน เชือกหรือวัสดุอื่น และตามพื้นที่มีสารอินทรีย์ บริเวณแหล่งน้ำกร่อย ปากแม่น้ำ แอ่งน้ำหรือบนก้อนหิน เปลือกหอย หรือบ่อเลี้ยงปลา ไปจนถึงเขตต่ำกว่าระดับน้ำลงต่ำสุด ตามความยาวชายฝั่งทะเล สามารถอยู่ได้ในที่มืดหรือน้ำความเค็มต่ำ ทนต่อ

การเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงกว้างและสภาวะแวดล้อมที่มีน้ำจืด สาหร่ายไส้ไก่สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำจืด ในเวลาที่จำกัดประมาณ 5 วัน (Kamer and Fong, 2000) สาหร่ายไส้ไก่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ดีมากบางชนิดขึ้นอยู่ใต้ท้องเรือโดยสารที่แล่นไปมาระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็ม ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มตลอดเวลา (จริยาวดีและคณะ, 2550) โดยเฉพาะตามชายฝั่งที่มีปริมาณธาตุอาหารสูงจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและมีปริมาณมาก พบได้ตลอดทั้งปี มีวงจรชีวิตเพียงช่วงสั้น ๆ (Reine and Trono, 2001) นอกจากนี้สาหร่ายสีเขียว*Ulva (Enteromorpha) prolifera* (Muell.) J. Agardh ยังมีการกระจายอย่างกว้างขวางในเขตระหว่างน้ำขึ้น-น้ำลงของมหาสมุทร (Lin *et al*., 2008)

2.4 วงจรชีวิตของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva* spp.

วงจรชีวิตของสาหร่ายไส้ไก่จะเป็นระยะเวลาช่วงสั้น ๆ แต่วงจรชีวิตของสาหร่ายไส้ไก่ส่วนใหญ่จะเป็นแบบไอโซมอร์ฟิคดิพโพลแฮพลอนติก (isomorphic diplohaplontic) โดยต้นสปอโรไพต์ (sporophyte) จะสร้างซูโอสปอร์ (zoospore) ที่มีหนวด 4 เส้น และ gamete มีหนวด 2 เส้น การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสจะเกิดขึ้นในช่วงของการสร้างสปอร์ สาหร่ายไส้ไก่สามารถเจริญอยู่ได้ในน้ำที่มีความเค็มต่ำ และมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงกว้าง สามารถยึดติดกับพื้นโดยใช้ไรซอยด์ โดยที่พื้นที่ยึดเกาะอาจเป็นก้อนหิน เปลือกหอย เศษไม้ หรือไม้น้ำอื่น ๆ (กาญจนภาชน์, 2527) ระยะแกมีโตไฟล์จะสร้างแกมีต ซึ่งมีความยาว 6-7 ไมโครเมตร มีรูปร่างยาวหรือรูปไข่ มีหนวดสองเส้น มีจุดรับแสง 1 อัน ทั้งแกมีตเพศผู้และแกมีตเพศเมียมีรูปร่างที่เหมือนกัน แต่เมื่อแกมีตคอนจูเกตกันจะมีพฤติกรรมแบบหนีแสง เมื่อไซโกตจะเจริญเป็นระยะสปอโรไฟล์ ซึ่งเมื่อถึงระยะการสืบพันธุ์จะสร้างซูโอสปอร์แรเจียม และมีการปล่อยซูโอสปอร์รูปร่างคล้ายแกมีต มีหนวด 4 เส้นและมีขนาดใหญ่กว่าแกมีต 9-10 ไมโครเมตร ซูโอสปอร์เจริญขึ้นเป็นระยะแกมีโตไฟต์ แต่ถ้าแกมีตเพศผู้และเพศเมียไม่คอนจูเกตกัน จะเข้ากระบวนการที่เรียกว่า พาทีโนเจนีซีส (parthenogenesis) เมื่อเจริญพันธุ์เต็มที่จะปล่อยสปอร์มีหนวด 4 เส้น ซึ่งสปอร์เหล่านั้นจะเกาะกับที่ยึดเกาะต่างๆและมีการเจริญเติบโตต่อไป (Ohno and Critchley, 1993) สาหร่ายสามารถงอกเป็นแทลลัสใหม่ได้ทั้งที่ไม่อาศัยเพศ (ยุวดี, 2546)



ภาพที่ 2 วงจรชีวิตของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva* spp.

a : ซูโอสปอร์ที่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

b : แกมีตเป็นเซลล์สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยแกมีตที่คล้ายกันจะผสมพันธุ์กัน

c : ไซโกดเป็นแกมีตหรือซูโอสปอร์ที่เจริญเติบโตเป็นต้นพันธุ์ต่อไป

ที่มา : Ohno and Critchley (1993)

2.5 ปัจจัยในการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* Linnaeus

อาริณี และคณะ (2558) รายงานการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* พบว่า ท่อนพันธุ์สาหร่ายที่มีความยาว 0.5 - 3.0 เซนติเมตร มีการสร้างเซลล์แบบสืบพันธุ์ แบบอับซูโอสปอร์ได้จำนวนร้อยละ 98±4 - 100±0 และในวันที่ 2 ของการเลี้ยง พบว่า ที่ความยาวของท่อนพันธุ์ 3 เซนติเมตร พบจำนวนท่อนพันธุ์ที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์มากที่สุด คือ ร้อยละ 90±3 จึงใช้ขนาดของท่อนพันธุ์ที่ 3 เซนติเมตร และเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 60 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ระยะเวลาที่ได้รับแสง : มืด เท่ากับ 12:12 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 25 ppt

Mantri *et al.* (2011) รายงานว่า ปัจจัยร่วมระหว่าง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความเค็ม 15 ppt เป็นสภาวะเหนี่ยวนำที่เหมาะสมสำหรับสาหร่าย *Ulva fasciata* ให้สร้างซูโอสปอร์ (zoospore)

ชนัดดา และคณะ (2551) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis*, Linnaeus ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า มวลชีวภาพของสาหร่าย *U. intestinalis* มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และปริมาณ NH^{+}_{3}-N, NO^{-}_{4}-N และ PO^{3-}_{4}-P ในน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของสาหร่าย *U. intestinalis* เมื่อปริมาณ NH^{+}_{3}-N เพิ่มขึ้น มวลชีวภาพของสาหร่ายเพิ่มมากขึ้น ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน และไนโตรเจน ไม่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย *U. intestinalis* แต่ฟอสฟอรัสรวมในดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่

ทิพวรรณ และคณะ (2553) รายงานผลของการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มของน้ำต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* พบว่า การเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มของน้ำที่สูงขึ้น ทำให้สาหร่ายไส้ไก่ปล่อยสปอร์ได้มากขึ้น โดยปริมาณสปอร์รวมสูงสุดที่ระดับความเค็ม 40 ppt เท่ากับ 1,880 เซลล์ต่อกรัมต่อวัน

ชนัดดา และคณะ (2552) รายงานผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ในห้องปฏิบัติการ พบว่า สาหร่ายไส้ไก่เจริญเติบโตได้ดีที่สุดในระดับความเค็มที่ 5 ppt สาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ (0-15 ppt) มีการเจริญเติบโตสูงกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง (25–35 ppt) สาหร่ายไส้ไก่สามารถทนต่อความเค็มได้ในช่วงกว้าง (0-35 ppt) นอกจากนี้สาหร่ายไส้ไก่สามารถเจริญได้ดีที่ระดับความเค็ม 5, 10 และ 20 ppt (Mantins and Marques, 2002)

Boyer and Fong (2005) พบว่า สาหร่ายสามารถดึงไนไตรท์มาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของไนเตรท หรือดึงมาใช้ในรูปของแอมโมเนียมต่อไปได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Fong *et al.* (2004) ที่สาหร่ายสามารถดึงไนโตรเจนในรูปต่างๆที่อยู่ในน้ำ นำมาใช้ในการเจริญเติบโต ส่วนปริมาณ NH^{+}_{4}-N มีปริมาณเริ่มต้นต่ำทุกระดับความเค็ม จากนั้นค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอาจเกิดจากของเสียและการตายของสาหร่าย

ผลของความเค็มต่อการลดปริมาณธาตุอาหาร พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในความเค็ม 5, 10, 20 และ 30 ppt มีอัตราการลดสารประกอบไนโตรเจนได้สูงกว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในความเค็ม 40 และ 50 ppt และพบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในความเค็ม 5 และ 10 ppt มีอัตราการลดฟอสเฟตในน้ำได้สูงสุด (นภดล และคณะ, 2552)

Prince of Songkla University Pattani Campus

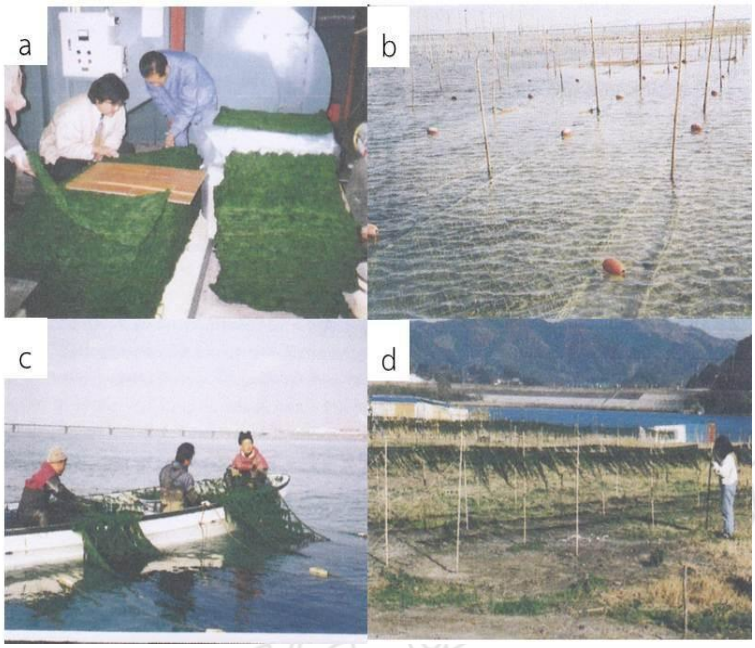
2.6 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่

สุวรรณา และคณะ (2550) ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* เปรียบเทียบกับ สาหร่ายหนาม *Acanthophora spicifera* และ สาหร่ายพวงองุ่น *Caulerpa lentillifera* ที่ระดับความเค็มต่าง ๆ กัน พบว่า สาหร่ายไส้ไก่มีการเจริญเติบโตได้ที่ระดับความเค็ม 15 ppt เช่นเดียวกับสาหร่ายหนามแต่แตกต่างจากสาหร่ายพวงองุ่นที่เจริญเติบโตได้ดีที่ความเค็ม 25 ppt

อาริณี และคณะ (2558) ศึกษาการเหนี่ยวนำการสร้างอับซูโอสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis,* Linnaeus ในห้องปฏิบัติการ พบว่า การเหนี่ยวนำการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* เพื่อเป็นข้อมูลในการขยายพันธุ์ได้อย่างต่อเนื่อง พบว่า การตัดสาหร่ายเป็นชิ้นส่วนขนาด 0.5-3.0 เซนติเมตร การเลี้ยงชิ้นส่วนสาหร่ายที่ 25 องศาเซลเซียส และการเพิ่มสาร $CaCl_2$ 6-18 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงในน้ำเลี้ยงจะช่วยเหนี่ยวนำให้สาหร่ายไส้ไก่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ภายใน 2 วัน

ทิพวรรณ และคณะ (2552) รายงานผลของการผึ่งแห้งต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* พบว่า เมื่อครบ 24 ชั่วโมง สาหร่ายที่ผึ่งแห้งเป็นเวลา 30 นาที ให้จำนวนสปอร์รวมมากที่สุดคือ 4,880±139 เซลล์ต่อกรัม และจากการศึกษาการพัฒนาของสปอร์สาหร่าย พบว่า สาหร่ายที่มีอายุ 1 วัน ต้นอ่อนมีขนาดประมาณ 8-10 ไมโครเมตร เมื่อมีอายุ 3 วัน จะมีการแบ่งเซลล์และมีขนาดใหญ่ขึ้น จากนั้นในสัปดาห์ที่ 2 ต้นอ่อนของสาหร่ายจะเริ่มยืดเซลล์ออกโดยเฉพาะบริเวณโคนของต้นอ่อน จนมีลักษณะเป็นแทลลัสขนาดเล็ก (young thallus) มีความยาวประมาณ 30-50 ไมโครเมตร

ในประเทศญี่ปุ่น มีการเลี้ยง *Ulva* spp. ที่เมือง Yoshino และเมือง Tokushima ในรูปแบบลอยน้ำ (floating-system) ตามบริเวณปากแม่น้ำ ต้นอ่อนได้จากการรวบรวมจากธรรมชาติ ใช้ตาข่ายขึงไว้ใต้น้ำให้สปอร์มาเกาะเมื่อต้นอ่อนยาว 2-3 เซนติเมตร ทำการเคลื่อนย้ายไปเลี้ยงในบริเวณคลื่นลมสงบ ซึ่งส่วนใหญ่เลี้ยงช่วงต้นเดือนพฤศจิกายน ซึ่งในช่วงฤดูหนาวคือช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงต้นเดือนกุมภาพันธ์โดยพบปริมาณต้นอ่อนลดลงจากการเลี้ยงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์และพบในช่วงฤดูใบไม้ผลิช่วงต้นเดือนเมษายนซึ่งพบต้นอ่อนยาว 2-3 เซนติเมตร มีการเลี้ยงบนตาข่ายและทำการรวบรวมช่วงฤดูใบไม้ผลิโดยสาหร่ายเจริญเติบโตจนถึงต้นเดือนพฤษภาคมแล้วจะลดปริมาณลง มีการเก็บเกี่ยวเมื่อสาหร่ายโตเต็มวัย ได้สาหร่ายที่มีคุณภาพมีสีเขียวเข้มถึงดำ โดยในแต่ละปีได้ผลผลิตประมาณ 1,000-2,000 ตันน้ำหนักแห้งต่อปี ซึ่งผลผลิตที่ได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ (Ohno and Crichley, 1993)



ภาพที่ 3 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva* spp. ในญี่ปุ่น (Ohno and Crichley (1993)
a.ผลผลิตของสาหร่าย b.การเลี้ยงสาหรายในทะเลเปิด
c.วิธีการเก็บเกี่ยวสาหร่าย d.วิธีการตากแห้งสาหร่าย

Rusig and Cosson (2001) ศึกษาการเพาะพันธุ์จากเซลล์สืบพันธุ์ขนาดเล็กอย่างต่อเนื่อง จากโพรโทพลาสต์ของสาหร่ายสีเขียว *Ulva (Enteromorpha) intestinalis* โดยลักษณะของโพรโทพลาสต์ที่ปล่อยมีลักษณะทรงกลม จำนวนโพรโทพลาสต์ของสาหร่ายไส้ไก่สามารถปล่อยได้มากที่สุด 10.0×10^6 โพรโทพลาสต์ต่อกรัมน้ำหนักสด และจะเกาะบนที่ยึดเกาะ การงอกของโพรโทพลาสต์เป็นไปตามปกติของสาหร่ายชนิดนี้ การเลี้ยงสาหร่ายชนิดนี้ให้มีประสิทธิภาพ การเลี้ยงบนตาข่ายแบบลอยได้ผลผลิตของต้นอ่อนให้มีคุณภาพที่เหมาะสมต้องขึ้นอยู่กับการพัฒนาวิธีการโพรโทพลาสต์ในวุ้น โดยการงอกของต้นจากโพรโทพลาสต์ควรเก็บรักษาต้นพันธุ์เพื่อการเพาะเลี้ยงสาหร่ายชนิดนี้ ขณะที่ Kalita and Tytlianov (2003) รายงานว่าสาหร่าย *Ulva fenestrata* จากบริเวณอ่าว Amursky ทางญี่ปุ่น โตดีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสและระดับแสง 40 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงถึง 5 องศาเซลเซียสสามารถกระตุ้นให้สาหร่ายเจริญเติบโตถึงร้อยละ 30 และมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในสาหร่าย *U. fenestrata* ทุก ๆ 10 วัน

นอกจากนี้ Ganesan *et al.* (2010) พบว่า การใช้รังสี UV-B เลี้ยงสาหร่าย *Ulva fasciata* ต่อเนื่องถึง 4 วัน สามารถยับยั้งการปล่อยสปอร์มากถึงร้อยละ 76 ในทำนองเดียวกันรังสี UV-A แผ่รังสีในสาหร่าย *U. fasciata* สามารถยับยั้งการปล่อยสปอร์ได้มากถึงร้อยละ 75 และมีนัยสำคัญระหว่างการยับยั้งการปล่อยสปอร์และระยะเวลาการปล่อย

Sousa *et al.* (2007) รายงานถึงปัจจัยที่ควบคุมการสร้างและการเจริญเติบโตของเซลล์สืบพันธุ์ในสาหร่ายสีเขียว เนื่องจากผลกระทบของสารอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) ความเค็ม และแสงในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ แต่ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสร้างและการเจริญเติบโตของเซลล์สืบพันธุ์ คือ ความเค็มต่ำ โดยความเค็มต่ำทำให้การเจริญเติบโตของเซลล์สืบพันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ที่ 5 ppt นอกจากนี้เซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่มีความไวต่อ NH_4^+ สูงและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของอาหารมากกว่าสาหร่ายขนาดใหญ่ ผลการทดลองปัจจัยที่ควบคุมการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายขนาดใหญ่ โดยเฉพาะระยะการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์จากสาหร่ายสีเขียวขึ้นอยู่กับความเค็มซึ่งในบริเวณปากแม่น้ำความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงในรอบปีมีผลต่อการควบคุมการเจริญเติบโตของเซลล์สืบพันธุ์

Ruangchuay *et al.* (2012) ศึกษาสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของสาหร่าย *Ulva intestinalis* Linnaeus โดยใช้ germling cluster (อายุ 2 สัปดาห์และมีความยาว 7.50±2.98 มิลลิเมตร) ใส่ลงในขวดขนาด 500 มิลลิลิตร และมีการควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น ความหนาแน่นของต้นกล้า ความเค็ม ความเข้มของแสงและอุณหภูมิ หลังจากทดลองเลี้ยงพบว่า การเจริญเติบโตที่สูงสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 3 และ 4 โดยมีความหนาแน่นเริ่มต้นที่ 0.05 กรัมต่อลิตร ความเค็ม 20 ppt ความเข้มแสงอยู่ที่ 80 μmol $m^{-2} s^{-1}$ และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และอัตราการเจริญเติบโตที่สัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 9.47-22.18 ต่อวัน

การเลี้ยงสาหร่าย *Ulva* spp. โดยวิธีใหม่ที่เลี้ยงในโรงเรือนอีกหนึ่งวิธีคือ วิธี “Germling Cluster method” ซึ่งเป็นวิธีที่มีการเลี้ยงในเมือง Muroto เขต Kochi ในญี่ปุ่น ตั้งแต่ปี 2004 โดยเลี้ยงในถังด้วยน้ำทะเล ให้อากาศ ควบคุมอุณหภูมิและความเค็ม ให้อาหาร ออกแบบการเลี้ยงในระบบถังเพื่อให้ระบบออกมาดีที่สุด มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตในรอบปี ผลผลิตที่ได้นำมาเป็นอาหาร ซึ่งในรอบปีพบผลผลิตของ *Ulva* spp. มากในช่วงฤดูหนาวถึงฤดูใบไม้ผลิ ส่วนการเพาะพันธุ์สาหร่ายมีปริมาณสปอร์ลดลงช่วงฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วง อุณหภูมิที่เหมาะสมในการปล่อยสปอร์มากกว่า 20 องศาเซลเซียส โดยขั้นตอนการเลี้ยง *Ulva prolifera* มีการตัดแทลลัสเป็นชิ้นเล็ก ๆ กระตุ้นให้มีการสร้างและปล่อยสปอร์ เมื่อมีการปล่อยสปอร์แล้วจะรวบรวมสปอร์ไว้ต่างหาก เมื่อสปอร์หนาแน่นนำมาใส่ในจานเลี้ยง จากนั้นปรับความหนาแน่นของสปอร์ 10,000 สปอร์ต่ออาหาร 1 มิลลิลิตร นำจานเลี้ยงไปเลี้ยงในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 20 องศา

Prince of Songkla University Pattani Campus

เซลเซียส ให้แสง มืด : สว่าง 12:12 ชั่วโมง ให้แสงด้วยหลอด fluorescent โดยเลี้ยงที่ความหนาแน่น 10-100 ต้นอ่อน *U. prolifera* จะใช้ท่ออัดอากาศให้ต้นอ่อนลอยหมุนอย่างอิสระ ต้นอ่อนมีความยาว 10 มิลลิเมตร จากนั้นย้ายไปเลี้ยงในถังข้างนอกขนาด (1.5 เมตรx5.5เมตรx0.9 เมตร, 7 ตัน) เลี้ยงระยะเวลาหนึ่งอาทิตย์ระหว่างปีโดยใช้ต้นอ่อนสาหร่ายน้ำหนักเริ่มต้น 100 กรัม หลังจากเลี้ยงครั้งแรกได้ผลผลิต 1 ตันต่อถัง (Hiraoka and Oka, 2008)

2.7 คุณค่าสารอาหารในสาหร่ายไส้ไก่

ปัจจุบันมีการผลิตสาหร่ายไส้ไก่ในหลายประเทศ เพื่อจำหน่ายเป็นอาหารของคน มีการศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบในสาหร่ายไส้ไก่ ซึ่งพบว่าสาหร่ายไส้ไก่เป็นสาหร่ายสีเขียวที่มีคุณค่าทางโภชนาการได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย ไขมัน เถ้า วิตามินต่าง ๆ แร่ธาตุและกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น ไอโซลูซีน ลูซีน ไลซีน เมไธโอนีน เฟนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน วาลีน (Galland-lrmouli *et al.,* 1999) ตามรายละเอียดคุณค่าทางโภชนาการดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis*

โภชนาการ	กรัมต่อน้ำหนักแห้ง
โปรตีน	19.5 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	58.1 กรัม
เยื่อใย	6.8 กรัม
ไขมัน	0.3 กรัม
เถ้า	15.2 กรัม
วิตามินเอ	13,000 IU
วิตามินบี 1	0.6 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	2.05 มิลลิกรัม
วิตามินซี	43.2 มิลลิกรัม

ที่มา : Aguilera-Morales *et al.,* (2005)

นภัสสร และคณะ(2553) ศึกษาการเปรียบเทียบพอลิแซคคาโรด์ของ *Ulva (Enteromorpha) intestinalis* โดยสกัดด้วยด่างและน้ำร้อน พบว่า ปริมาณพอลิแซคคาไรด์ที่ได้จากการสกัดด้วยด่าง ที่ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่ามากที่สุดเท่ากับร้อยละ 35.8 และมากกว่าปริมาณพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดด้วยด่างที่ความ

เข้มข้นและอุณหภูมิสูง ส่วนปริมาณน้ำตาล (Total sugar) มีค่าสูงที่สุดเมื่อสกัดด้วยด่างความเข้มข้น 0.3 นอร์มัล อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2.8 การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายสกุล *Ulva*

สาหร่ายไส้ไก่จัดเป็นอาหารที่ดีต่อสุขภาพ เนื่องจากสาหร่ายมีคุณค่าสารอาหารสูงที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลายชนิด ได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุ เกลือแร่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย เป็นต้น สาหร่ายไส้ไก่จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างหยาบหรือมีความเป็นกากค่อนข้างสูง และมีกลิ่นเฉพาะตัว คือกลิ่นเขียว แต่ไม่มีรสขื่นหรือรสขม จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องปรุงรสเพื่อลดกลิ่นเฉพาะของสาหร่ายไส้ไก่ (ปัทมา และคณะ, 2552)

สาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* มีสารให้กลิ่นรสที่สำคัญ ได้แก่ 2-pentyl-furan, furfural, benzaldehyde, 5-methyl-2-furancarboxaldehyde และ 2-acetyl-5-methylfuran สามารถนำมาเป็นสารตั้งต้นสำหรับสารให้กลิ่นรสทะเล (seafood) ได้ (รัชวรรณ และคณะ, 2555)

นอกจากนี้ในสาหร่าย *Ulva* มีสารเยื่อใยที่ละลายน้ำได้ คือ Ulvan ซึ่งเป็นอนุพันธ์ oligosaccharide อยู่ตามผนังเซลล์ คิดเป็นร้อยละ 5-18 ของน้ำหนักแห้ง มีประโยชน์ต่อระบบการย่อยและการดูดซึมอาหารของพืชและสัตว์ (Briand *et al*., 2005)

Lixia (2014) ได้ศึกษาวิธีการทำแพนเค้กที่มีส่วนผสมของสาหร่าย *Ulva (Enteromorpha)* โดยมีส่วนผสมของไข่ แป้ง หัวหอมสับ และน้ำแร่ และใช้น้ำมันมะกอกในการทอด ซึ่งขนมแพนเค้กที่มีสาหร่ายผสมสามารถช่วยรักษาสภาวะความดันโลหิตสูง เบาหวาน ไขมันและน้ำตาลในเลือดสูง ซึ่งใน *Ulva (Enteromorpha) celluloses* อุดมไปด้วยโปรตีน ไอโอดีน กรดอะมิโน และวิตามินต่าง ๆ

กุลยา และคณะ (2557) รายงานผลของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผงและปริมาณความชื้นของส่วนผสม ต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด พบว่าอิทธิพลทั้งสองปัจจัยมีผลต่อคุณภาพหลังการต้ม และลักษณะทางกายภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เมื่อปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผงและปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียในระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น โดยปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผงและปริมาณความชื้นของส่วนผสมที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 4 และร้อยละ 37 ตามลำดับ และบะหมี่ที่เตรียมได้มีค่าแรงต้านทานการดึงขาดสูงที่สุดและได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

Chuner *et al.* (2015) ศึกษาวิธีการสกัดสีจากสาหร่าย *Ulva (Enteromorpha)* โดยการนำสาหร่ายมาล้างทำความสะอาด และทำการสกัดโดยการแช่ในแอลกอฮอล์ แล้วนำมา

Prince of Songkla University Pattani Campus

เปรียบเทียบคุณสมบัติที่มีเสถียรภาพ และวิธีการนี้มีแนวโน้มจะได้รับการพัฒนาเป็นอาหารเสริม หรือสารที่ใช้ในการย้อมสี

จีรภา และคณะ (2554) ได้ศึกษาการผลิตสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) มาแปรรูปเป็นสาหร่ายทะเลแผ่นทอดกรอบ ศึกษาปริมาณสาหร่าย โดยสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์สาหร่ายแผ่นทอดกรอบที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดลอง คือ สาหร่าย 30 กรัม น้ำ 100 กรัม แป้งมัน 1.8 กรัม แป้งข้าวเหนียว 0.8 กรัม และซอสถั่วเหลือง 1 กรัม

สรวิศ (2543) ได้กล่าวไว้ว่า ปัจจุบันคนไทยนิยมมาบริโภคสาหร่ายมากขึ้น โดยเฉพาะสาหร่ายแผ่นอบหรือทอดกรอบ ซึ่งจัดเป็นอาหารขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางอาหารมากกว่าอาหารขบเคี้ยวที่ทำมาจากแป้ง สาหร่ายแผ่นส่วนใหญ่จะผลิตมาจากสาหร่ายจีฉ่ายหรือโนริ ซึ่งนิยมนำมาประกอบเป็นอาหารทั้งในรูปแบบสาหร่ายสดและสาหร่ายแผ่นตากแห้ง สาหร่ายชนิดนี้ส่วนมากจะพบตามเขตหนาว และพบในน่านน้ำไทย ซึ่งมีอยู่เพียงบางแห่งตามธรรมชาติเท่านั้น และมีปริมาณไม่มาก เนื่องจากยังไม่มีการเพาะเลี้ยงอย่างจริงจัง จึงต้องมีการนำเข้าวัตถุดิบจากประเทศจีน ชิลี เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น และประเทศอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก และเพิ่มปริมาณสูงขึ้นในทุก ๆ ปี

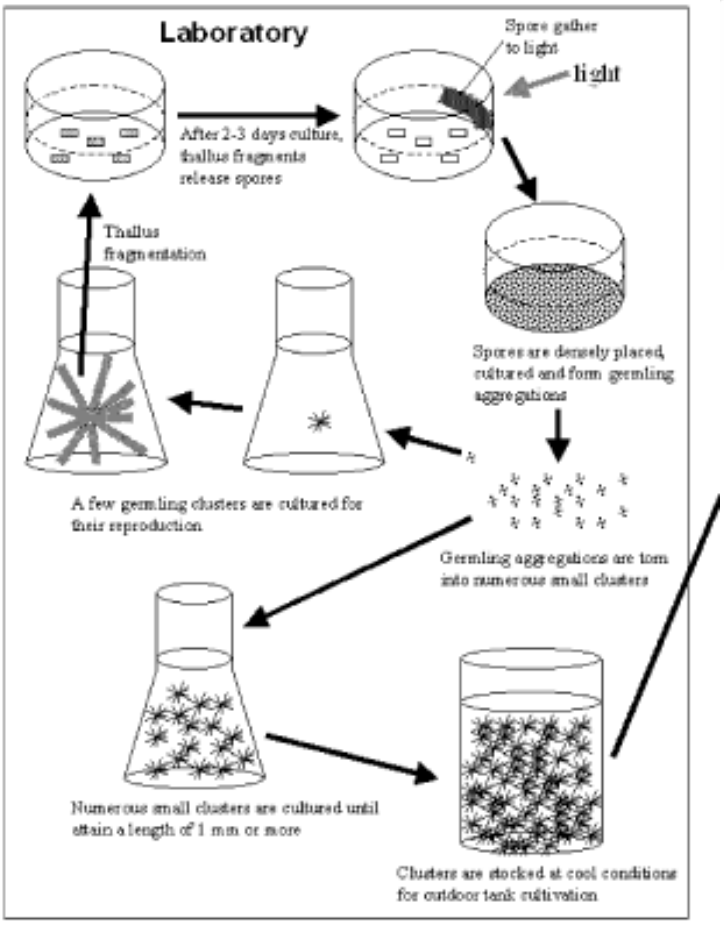
ปัจจุบันมีการใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่เกี่ยวข้องกับสาร Ulvan ซึ่งได้จากการสกัดจากสาหร่าย สีเขียวกลุ่ม *Ulva* โดยที่มีส่วนช่วยในการกระตุ้นกลไกการดูดซึมไนโตรเจน และการสังเคราะห์โปรตีน มาทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการให้ปุ๋ย สาร Ulvan เป็นตัวช่วยเสริมสร้างการดูดซึมปุ๋ย ซึ่งจะเน้นการดูดซึมสารอาหารในกลุ่มไนโตรเจนเป็นหลัก เมื่อพืชสามารถดูดซึมไนโตรเจนได้มาก จะมีผลทำให้ได้ผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้น โดย Ulvan ช่วยกระตุ้นการทำหน้าที่ของยีนในการเมทาบอลิซึมของไนโตรเจน คาร์บอน และเอนไซน์ nitrite reductase และสังเคราะห์กลูตาเมต-กลูตามีนซึ่งทั้งหมดมีความจำเป็นต่อการสังเคราะห์กรดอะมิโน อัตราเมทาบอลิซึมดังกล่าวช่วยในกระตุ้นการแบ่งเซลล์มากขึ้น (Briand *et al.*, 2005) นอกจากนี้ ยังใช้ทำเป็นปุ๋ยดิน ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้จะทำให้สภาพดินดีขึ้น ช่วยฟื้นฟูสภาพดินที่เสียจากการใช้ปุ๋ยเคมีได้ (Reine and Trono, 2001)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือและหัวเชื้อสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva Intestinalis*)

โดยการเตรียมบ่อและน้ำให้สะอาด ทำการเพาะต้นพันธุ์สาหร่าย และทำ germling cluster ในห้องปฏิบัติการจนได้ขนาด 3-5 เซนติเมตร (Hiraoka and Oka, 2008) ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน และ ทำการเก็บหัวเชื้อไว้เพื่อใช้ในรอบอื่นๆ หรือทำการผลิตใหม่ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 4 วิธีการเพาะเลี้ยงหัวเชื้อสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis*ให้ได้ Germling Cluster ในห้องปฏิบัติการ
ที่มา : Hiraoka and Oka (2008)

3.2 การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในโรงเรือน

นำหัวเชื้อต้นอ่อนสาหร่ายไส้ไก่ ที่เป็น germling cluster ที่เพาะเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการมาเพาะเลี้ยงในถังพลาสติกสี่เหลี่ยมปริมาตรน้ำ 200 ลิตร ที่มีการให้อากาศตลอดเวลา โดยให้สาหร่ายแขวนลอย ใช้หัวเชื้อสาหร่ายตั้งต้น 5 กรัมต่อตารางเมตร (น้ำหนักเปียก) ระยะเวลาการเลี้ยง 2 สัปดาห์

การทดลองทั้งหมด 3 ทรีทเมนต์ (ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำ) โดยใช้สูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่

1) ยูเรีย แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$) โดยใช้ยูเรีย 15 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชนัดดา และคณะ, 2551) แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3)อัตราการใช้ 0.03 กรัมต่อลิตร และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$) อัตราการใช้ 0.02 กรัมต่อลิตร

2) ปุ๋ยเคมี สูตร 16-16-16 อัตราการใช้ ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชนัดดา และคณะ, 2551)

3) อาหาร สูตร Modified Guillard's Medium (MGM) (Guillard, 1975) ซึ่งมีสารเคมี 2 ชนิด ได้แก่ โซเดียมไนเตรต ($NaNO_3$) ใช้ 42.5 กรัมต่อลิตร ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$)ใช้ 10.74 กรัมต่อลิตร

ระหว่างการเพาะเลี้ยงจะมีการตรวจสอบการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักเปียกและวัดความยาวของแทลลัส ถังละ 30 แทลลัส และตรวจสอบลักษณะสีของสาหร่ายที่เลี้ยงในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน และในทุกๆสัปดาห์ มีการตรวจสอบคุณภาพน้ำและสภาพแวดล้อมทั่วไปบางประการ ได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิอากาศ ความเค็ม พีเอช ความเป็นด่าง ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส อัลคาไลน์ ความกระด้าง ตามคู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่มั่นสิน (2540) เรียบเรียงไว้

หลังการเพาะเลี้ยง 2 สัปดาห์ จะเก็บมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่บางส่วนไปนำมาวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ตามวิธีของ Lichtenthaler and Wellburn (1983) และคาโรทีนอยด์ตามวิธีของ Foss *et al*, (1984) และวัดสี โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab และวิเคราะห์กลิ่นของสาหร่ายไส้ไก่ของแต่ละสูตรอาหาร โดยใช้เครื่อง GC-O (Gas chromatography–olfactometry) ตามวิธีของ รัชวรรณ (2546) และวิเคราะห์หาปริมาณสารสกัด Ulvan ของสาหร่ายไส้ไก่แต่ละสูตรอาหาร ตามวิธีของ Hela *et al.* (2013) ดังภาพที่ 5

การศึกษาหาอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (Relative growth rate) เป็นร้อยละต่อวัน ตามสูตร สมการ RGR=100x(LN(Wt/Wo))/t

เมื่อ RGR = Relative growth rate

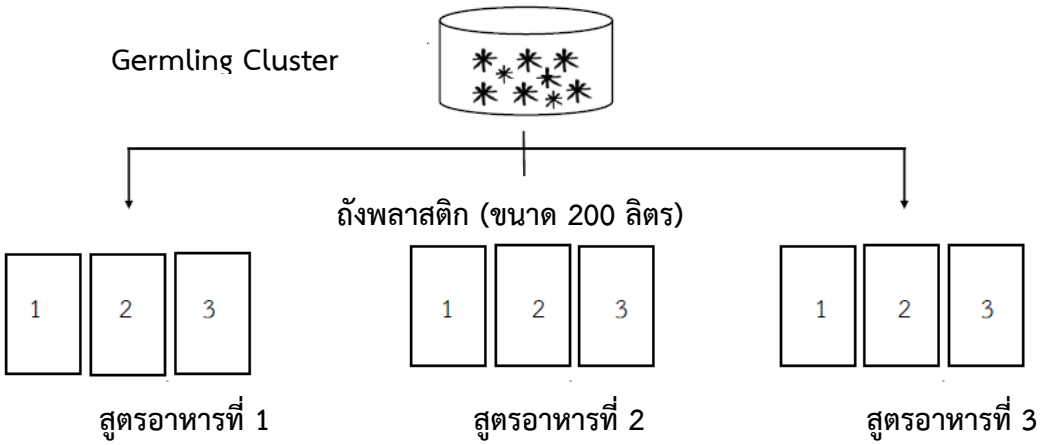
Wo = น้ำหนักสดเริ่มต้น (กรัม)

Wt = น้ำหนักสดภายหลังเลี้ยงเป็นเวลา t วัน (กรัม)

T = เวลา (วัน)

การศึกษาการเจริญเติบโตของน้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ)(PWG)

ตามสูตร PWG = $\frac{\text{น้ำหนักสาหร่ายสุดท้าย – น้ำหนักสาหร่ายเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักสาหร่ายเริ่มต้น}} \times 100$



- ตรวจสอบการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ทุกๆสัปดาห์
- ตรวจคุณภาพน้ำและสภาพแวดล้อมทั่วไป ได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิ พีเอช ความเป็นด่าง ไนเตรต ฟอสเฟต อัลคาไลน์ และความกระด้าง
- เก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ คาโรทีนอยด์ สี และกลิ่นและสาร Ulvan

ภาพที่ 5 รูปแบบการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับสาหร่ายไส้ไก่ในโรงเรือน

3.3 ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่เชิงพาณิชย์ในโรงเรือนกลางแจ้ง

เลือกสูตรอาหารที่เหมาะสมหรือดีที่สุดสำหรับการเลี้ยงในโรงเรือน ทำการเลี้ยงรอบใหม่ในถังพลาสติก สี่เหลี่ยมปริมาตรน้ำ 200 ลิตร และในบ่อซีเมนต์กลมปริมาตรน้ำ 1,000 ลิตร โดยผลิตในปริมาตรน้ำรวมครั้งละ 5 ตัน

โดยนำหัวเชื้อต้นอ่อนสาหร่ายไส้ไก่ที่เป็นช่อต้นอ่อน ที่เพาะเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการที่มีความยาวเริ่มต้นที่ 2.2±0.6 เซนติเมตร ใช้ความหนาแน่นเริ่มต้น 0.02 กรัมต่อลิตร นำมาเลี้ยงในถังพลาสติกสี่เหลี่ยมปริมาตรน้ำ 200 ลิตร และในบ่อซีเมนต์กลมปริมาตรน้ำ 1,000 ลิตร โดยทำการทดลองในปริมาตรน้ำรวมครั้งละ 5 ตัน ที่มีการให้อากาศตลอดเวลา โดยให้สาหร่ายแขวนลอยและใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 16-16-16 อัตราการใช้ ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เติมทุกๆสัปดาห์ตลอดการทดลอง (ชนัดดา และ คณะ, 2551)

ระหว่างการเพาะเลี้ยงจะมีการตรวจสอบการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักเปียกและวัดความยาวของแทลลัส ถังละ 30 แทลลัส และตรวจสอบลักษณะสีของสาหร่ายที่เลี้ยงในถังที่

แตกต่างกัน และในทุกๆสัปดาห์ มีการตรวจสอบคุณภาพน้ำและสภาพแวดล้อมทั่วไปบางประการ ได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิอากาศ ความเค็ม พีเอช ความเป็นด่าง ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส อัลคาไลน์ ความกระด้าง ตามคู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่มั่นสิน (2540) เรียบเรียงไว้

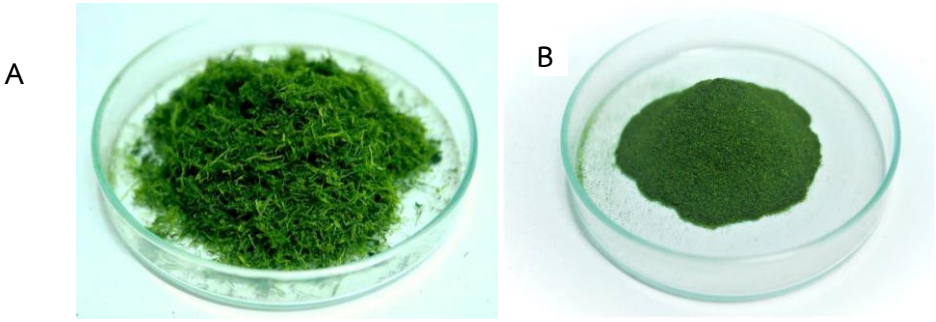
หลังการเพาะเลี้ยง 3 สัปดาห์ เก็บมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่บางส่วนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ตามวิธีของ Lichtenthaler and Wellburn (1985) และ คาโรทีนอยด์ วิธีของ Foss *et al.* (1984) ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 6 การศึกษาการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่เชิงพาณิชย์ในโรงเรือน
A ลักษณะบ่อซีเมนต์ที่ทำการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่
B ลักษณะถังพลาสติก
C ต้นพันธ์สาหร่ายไส้ไก่

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.4 การผลิตสาหร่ายเกล็ดและสาหร่ายผง

นำสาหร่ายสดมาล้างทำความสะอาด และทำการแบ่งสาหร่ายไส้ไก่เป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งมาตัดเป็นชิ้นเล็กให้มีขนาด 2-5 เซนติเมตร นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อทำเป็นสาหร่ายเกล็ด อีกส่วนนำมาอบทั้งแทลลัส ที่ 60 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง แล้วบดด้วยเครื่องบดให้ละเอียด นำสาหร่ายเกล็ดและสาหร่ายผงที่ได้ไปเก็บปิดผนึก

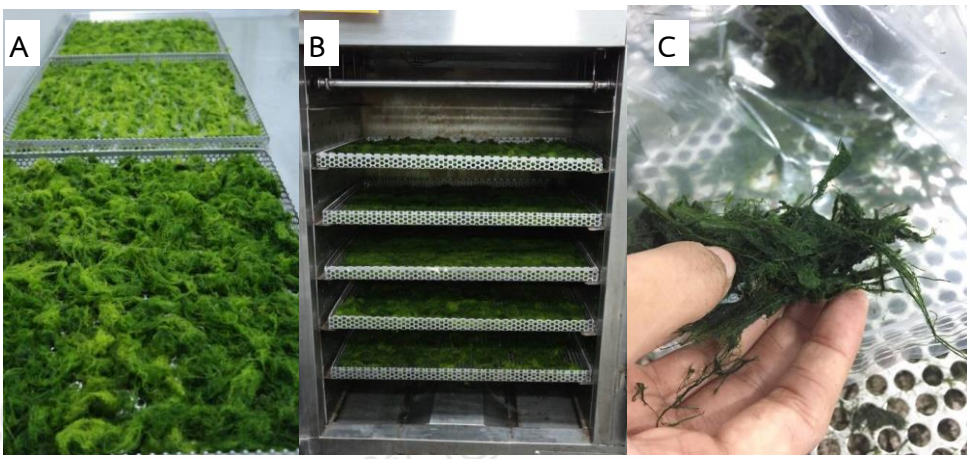


ภาพที่ 7 สาหร่ายไส้ไก่ A สาหร่ายเกล็ด B สาหร่ายผง

3.5 การวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณธาตุอาหารบางชนิด

3.5.1 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

นำตัวอย่างสาหร่ายที่เลี้ยงได้มาวิเคราะห์หาปริมาณคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรท เยื่อใย และเถ้า โดยนำสาหร่ายไส้ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น และนำไปอบด้วยเครื่องอบแบบเป่าลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จนสาหร่ายแห้ง จากนั้นนำตัวอย่างมาทำตามขั้นตอนของแต่ละการวิเคราะห์สำหรับการตรวจสอบปริมาณคุณค่าทางโภชนาการในสาหร่าย โดยวิธีของ AOAC (2000) และ Aguilera-Morales *et al*. (2005)



ภาพที่ 8 ผลผลิตสาหร่ายไส้ไก่
A สาหร่ายไส้ไก่ B นำเข้าตู้อบลมร้อน C สาหร่ายแห้ง

3.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารบางชนิด

นำตัวอย่างสาหร่าย และน้ำที่ได้จากการเลี้ยงมาตรวจสอบ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารบางชนิด ได้แก่ แคลเซียม (Ca), แมงกานิส (Mn), โคเมียม (Cr), คอปเปอร์ (Cu), เหล็ก (Fe), และสังกะสี (Zn) โดยนำสาหร่ายไส้ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น และนำไปอบด้วยเครื่องอบแบบเป่าลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จนสาหร่ายแห้ง จากนั้นนำไปย่อยตามขั้นตอนเพื่อเตรียมตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารในสาหร่าย แล้วนำไปวิเคราะห์โลหะด้วยเครื่อง AAS (100) โดยวิธี AOAC (2000)

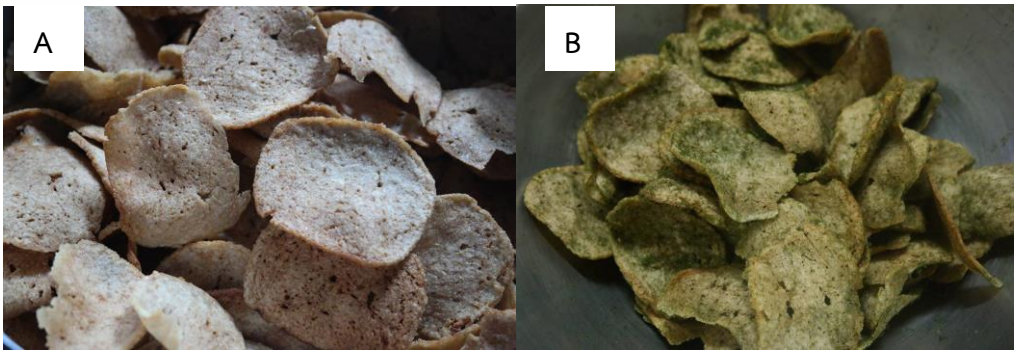
เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในสาหร่าย และในน้ำซึ่งสามารถหาค่า Concentration factor ได้จากการคำนวณ (Lobban and Harrison, 1994) ดังนี้

$$\text{Concentration factor} = \frac{\text{ปริมาณโลหะในสาหร่าย (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้งของสาหร่าย)}}{\text{ปริมาณโลหะในน้ำ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)}}$$

ภาพที่ 9 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารบางชนิด

3.6 การนำสาหร่ายไปผสมกับผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยว

นำสาหร่ายมาผสมกับผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยวที่ได้คัดเลือก ได้แก่ ข้าวเกรียบปลาสด หรือ กือโป๊ะ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนที่สามารถหาซื้อได้ง่าย โดยใส่สาหร่ายเกล็ดและสาหร่ายผง ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งใส่ในปริมาณสาหร่ายที่ใช้ 0.3 กรัมต่อผลิตภัณฑ์ 100 กรัมของผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยว เมื่อนำสาหร่ายมาคลุกเคล้ากันดีจึงนำผลิตภัณฑ์ใส่ถุงฟรอยด์เพื่อเตรียมไว้ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค



ภาพที่ 10 ผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยว

A.ข้าวเกรียบสด(กือโป๊ะ) ที่ทอดเรียบร้อย

B.ข้าวเกรียบคลุกสาหร่ายไส้ไก่

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.7 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

3.7.1 การทดสอบกลิ่นสาหร่ายไส้ไก่

นำสาหร่ายที่ได้จากการอบแห้ง นำมาทำการทดสอบประสาทสัมผัส โดยทำการดมกลิ่นสาหร่ายแห้งที่ได้จากการเลี้ยงแต่ละสูตรอาหารที่แตกต่างกัน โดยทำการทดสอบทั้งหมด 30 คน โดยใช้สเกลคะแนน 1-9 ระดับ(9=ชอบมากที่สุด, 1=ไม่ชอบมากที่สุด) สร้างแบบสอบถาม ตาม Scoring test และวิเคราะห์ข้อมูลประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณ Quantitative descriptive analysis (QDA) เกี่ยวกับ สี และกลิ่นของสาหร่าย โดยมีระดับการให้คะแนน 9 ระดับ คือ ชอบมากที่สุด ชอบมาก ชอบปานกลาง ชอบเล็กน้อย เฉยๆ ไม่ชอบเล็กน้อย ไม่ชอบปานกลาง ไม่ชอบมาก และไม่ชอบมากที่สุด (ไพโรจน, 2545)

3.7.2 การทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์สาหร่ายไส้ไก่

การทดสอบผลิตภัณฑ์ โดยการนำผลิตภัณฑ์ของขบเคี้ยว นำมาทดสอบกับผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว 10 คนและยังไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน โดยใช้สเกลคะแนน 1-9 ระดับ(9=ชอบมากที่สุด, 1=ไม่ชอบมากที่สุด) สร้างแบบสอบถาม ตาม Scoring test และวิเคราะห์ข้อมูลประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณ Quantitative descriptive analysis (QDA) เกี่ยวกับ สี กลิ่น และรสชาติ ของผลิตภัณฑ์ โดยมีระดับการให้คะแนน 5 ระดับ คือ มาก ค่อนข้างมาก ปานกลาง ค่อนข้างน้อย และน้อย (ไพโรจน, 2545)

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบทดสอบ กลิ่นสาหร่ายไส้ไก่

ชื่อผู้ทดสอบ (นาย/นาง/นางสาว)..... วันที่.....อาชีพ.....
อายุ ◯ต่ำกว่า 20 ปี ◯ 20-40 ปี ◯ 40-60 ปี ◯ มากกว่า 60 ปี
คำชี้แจง : ท่านจะได้รับตัวอย่างสาหร่ายไส้ไก่ กรุณาสังเกตลักษณะภายนอกของสาหร่าย จากนั้นจึงเริ่มดมกลิ่น โปรดทำเครื่องหมาย √ ในช่องที่ท่านเห็นสมควรและให้ข้อเสนอแนะตามความคิดเห็น

1. **กรุณาบอกความพึงพอใจต่อสาหร่ายไส้ไก่**
   ความชอบโดยรวมต่อสาหร่ายไส้ไก่

   ◯ชอบมากที่สุด = 9 ◯ ชอบมาก = 8 ◯ ชอบปานกลาง = 7
   ◯ชอบเล็กน้อย = 6 ◯ เฉยๆ = 5 ◯ ไม่ชอบเล็กน้อย = 4
   ◯ไม่ชอบปานกลาง = 3 ◯ไม่ชอบมาก = 2 ◯ ไม่ชอบมากที่สุด = 1

1. **กรุณาบอกระดับความรู้สึกด้านต่างๆ ของสาหร่ายไส้ไก่**
   ให้ 9=ชอบมากที่สุด 8=ชอบมาก 7=ชอบปานกลาง 6=ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย 4 =ไม่ชอบเล็กน้อย
   3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด
   โปรดใส่หมายเลขระดับคะแนนคุณภาพในด้านต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวข้างต้น

สาหร่ายไส้ไก่	ระดับคะแนนคุณภาพ								
สีรหัส.....	◯ 1	◯ 2	◯ 3	◯ 4	◯ 5	◯ 6	◯ 7	◯ 8	◯ 9
สีรหัส.....	◯ 1	◯ 2	◯ 3	◯ 4	◯ 5	◯ 6	◯ 7	◯ 8	◯ 9
สีรหัส.....	◯ 1	◯ 2	◯ 3	◯ 4	◯ 5	◯ 6	◯ 7	◯ 8	◯ 9
กลิ่นรหัส...	◯ 1	◯ 2	◯ 3	◯ 4	◯ 5	◯ 6	◯ 7	◯ 8	◯ 9
กลิ่นรหัส...	◯ 1	◯ 2	◯ 3	◯ 4	◯ 5	◯ 6	7	◯ 8	◯ 9
กลิ่นรหัส...	◯ 1	◯ 2	◯ 3	◯ 4	◯ 5	◯ 6	◯ 7	◯ 8	◯ 9

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ขอขอบคุณ

Prince of Songkla University Pattani Campus

แบบทดสอบ ข้าวเกรียบรสสาหร่ายไส้ไก่

ชื่อผู้ทดสอบ (นาย/นาง/นางสาว)..... วันที่.....อาชีพ.....
อายุ..... ◯ ต่ำกว่า 20 ปี ◯ 20-40 ปี ◯ 40-60 ปี ◯ มากกว่า 60 ปี
คำชี้แจง : ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบรสสาหร่ายไส้ไก่ กรุณาสังเกตลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ ดมกลิ่น จากนั้นจึงเริ่มรับประทาน และระหว่างการทดสอบตัวอย่างกรุณาบ้วนปากและรับประทานเพื่อทำความสะอาดช่องปากและลบล้างกลิ่น รสที่ติดมากับตัวอย่างที่ทดสอบก่อนหน้านี้
โปรดทำเครื่องหมาย √ ในช่องที่ท่านเห็นสมควรและให้ข้อเสนอแนะตามความคิดเห็น

1. **กรุณาบอกความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบรสสาหร่ายไส้ไก่**

ความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบรสสาหร่ายไส้ไก่

◯ ชอบมากที่สุด = 9 ◯ ชอบมาก = 8 ◯ ชอบปานกลาง = 7
◯ ชอบเล็กน้อย = 6 ◯ เฉยๆ = 5 ◯ ไม่ชอบเล็กน้อย = 4
◯ ไม่ชอบปานกลาง = 3 ◯ ไม่ชอบมาก = 2 ◯ ไม่ชอบมากที่สุด = 1

กรุณาบอกระดับความรู้สึกด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบรสสาหร่ายไส้ไก่
ให้ 9=ชอบมากที่สุด 8=ชอบมาก 7=ชอบปานกลาง 6=ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย
4 =ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด
โปรดใส่หมายเลขระดับคะแนนคุณภาพในด้านต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวข้างต้น

ข้าวเกรียบ	ระดับคะแนนคุณภาพ								
สีรหัส.....	◯ 1	◯ 2	◯ 3	◯ 4	◯ 5	◯ 6	◯ 7	◯ 8	◯ 9
สีรหัส.....	◯ 1	◯ 2	◯ 3	◯ 4	◯ 5	◯ 6	◯ 7	◯ 8	◯ 9
กลิ่นรหัส...	◯ 1	◯ 2	◯ 3	◯ 4	◯ 5	◯ 6	◯ 7	◯ 8	◯ 9
กลิ่นรหัส...	◯ 1	◯ 2	◯ 3	◯ 4	◯ 5	◯ 6	◯ 7	◯ 8	◯ 9
รสชาติ รหัส.....	◯ 1	◯ 2	◯ 3	◯ 4	◯ 5	◯ 6	◯ 7	◯ 8	◯ 9
รสชาติ รหัส.....	◯ 1	◯ 2	◯ 3	◯ 4	◯ 5	◯ 6	◯ 7	◯ 8	◯ 9

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ขอขอบคุณ

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณรงค์วัตถุ สี กลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆและการยอมรับของผู้บริโภค ใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) (Steel and Torriee, 1980)

3.9 การศึกษาต้นทุน ผลผลิต ผลตอบแทน

คำนวณหาต้นทุน ผลผลิต ผลตอบแทน จากฟาร์มสาหร่ายไส้ไก่ ต่อผลผลิตที่ได้ และต้นทุนการทำสาหร่ายผงและสาหร่ายเกล็ดเพื่อจำหน่าย ตามวิธีการของ ยงยุทธ (2540)

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.10.วัสดุ และอุปกรณ์

วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการเพาะเลี้ยงหัวเชื้อสาหร่ายไส้ไก่ในห้องปฏิบัติการ

- **ต้นพันธุ์สาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*)**
- **ปากคีบ**
- **พู่กัน**
- **มีดผ่าตัด**
- **ถาด**
- **ขวดก้นแบน**
- **บีกเกอร์**
- **สายออกซิเจน**
- **พาราฟิล์ม**
- **ไม้บรรทัด**
- **ลูกยาง**
- **ไปเปต**

วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในถังพลาสติก

- **หัวเชื้อสาหร่ายไส้ไก่ (*U intestinalis*)**
- **ถังพลาสติก (ปริมาตร 200 ลิตร)**
- **สายออกซิเจน**
- **หัวทราย**
- **เครื่องปั้มน้ำ**
- **สายยาง**
- **ถุงกรอง**
- **สายไฟ**
- **เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง**
- **ถาด**
- **สวิง**

วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

- **ตัวอย่างน้ำ**
- **ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ**
- **เทอร์โมมิเตอร์**
- **เครื่องวัดความเค็มน้ำ**

Prince of Songkla University Pattani Campus

- เครื่องวัดพีเอชน้ำ
- เครื่องวัดความดูดกลืนแสง (Spectophotometer) รุ่น SHIMADZU UV-160A
- ขวดรูปชมพู่
- หลอดทดลองชนิดมีฝาปิด
- กระบอกตวง
- ลูกยาง
- ไปเปต
- ขวดน้ำกลั่น
- บีกเกอร์
- ขวดวัดปริมาตร
- ที่วางหลอดทดลอง
- คิวเวต

วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์ คาโรทีนอยด์ และสี

- ตัวอย่างสาหร่ายอบแห้ง
- บีกเกอร์ขนาด 50 และ 1,000 mL
- จานทดลอง
- หลอดทดลอง
- กระบอกตวงขนาด 10 และ 50 mL
- ปิเปตขนาด 5 mL
- แท่งแก้วคนสาร
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- เครื่องวัดความดูดกลืนแสง (Spectophotometer) รุ่น SHIMADZU UV-160A
- เครื่องปั่นเหวี่ยง
- โกร่งบดแก้ว
- กระดาษฟรอยด์
- คิวเวต

วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการวิเคราะห์กลิ่น

- ตัวอย่างสาหร่ายไส้ไก่
- เครื่องอบ
- เครื่องบด
- ตะแกรงขนาด 80 เมช

Prince of Songkla University Pattani Campus

- กระดาษกรอง No. 1
- ขวดรูปชมพู่
- บีกเกอร์
- ลูกยาง
- ไปเปต
- เครื่องมือวิเคราะห์กลิ่น (GC-O (Gas chromatography–olfactometry)

วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการวิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยและคาร์โบไฮเดรต

- เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง
- ตู้อบลมร้อน
- เครื่องหมุนเหวี่ยง
- เครื่องผสม
- โถดูดความชื้น
- กระป๋องหาความชื้น
- อ่างน้ำร้อน

วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการวิเคราะห์ธาตุอาหาร

- เครื่อง Atomic Absorption Spectrometric
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- เตาเผา
- เตาให้ความร้อน
- ตู้อบ
- ปีเปต
- ชุดกรอง
- บีกเกอร์
- ถุงมือ
- ขวดวัดปริมาตร
- กระดาษกรอง No. 1
- อลูมิเนียมฟรอยด์
- พาราฟิล์ม
- หลอดหยด
- ขวดพลาสติกขนาด 500 mL , 1000 mL (PE)

Prince of Songkla University Pattani Campus

- แท่งแก้วคน
- ช้อนตักสาร
- ขวดรูปชมพู่ ขนาด 100 mL , 250 mL
- เครื่องวัดความดูดกลืนแสง (Spectophotometer) รุ่น SHIMADZU UV-160A
- หลอดเนสเลอร์ ขนาด 100 mL

สารเคมีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

- แอนไฮดรัสโปแตสเซียม (KNO_3)
- น้ำกลั่น
- โซเดียมอาร์เซไนต์ (NaAsO2)
- บรูซีนซัลเฟต (Brucine Sulfate)
- กรดซัลฟานิลิค ($C_6\ H_7\ NO_3\ S$)
- กรดไฮโดรคลอริก(HCl)
- กรดซัลฟุริค (H_2SO_4)
- โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
- สารละลายแอนติโมนิลโปแตสเซียมตาเตรต $K(SbO)C_4H_4O_6.0.5H_20$
- แอมโมเนียมโบลิบเดท $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$
- กรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid)

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์กลิ่น

- กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์ คาโรทีนอยด์ และสี

- 90% อะซิโตน (Acetone)
- น้ำกลั่น
- เอทิล อะซิเตท (Ethyl acetate)

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยและคาร์โบไฮเดรต

- 90% อะซิโตน (Acetone)
- น้ำกลั่น
- กรดซัลฟูริค (H_2SO_4)
- กรดบอริก (H_3BO_3)
- อินดิเคเตอร์ (fashiro indicator)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

Prince of Songkla University Pattani Campus

- เฮกเซน (C_6H_{14})
- ปิโตรเลียมอีเทอร์
- กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)
- กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
- เอทานอล 95%

สารเคมีในการวิเคราะห์ธาตุอาหาร

- น้ำกลั่น
- กรดไนตริก (HNO_3)
- กรดไฮโปคลอริก ($HClO_4$)
- กรดไฮโดรคลอริก (HCl)

3.11. สถานที่

อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีการประมง อาคาร 26 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

Prince of Songkla University Pattani Campus

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันที่ในโรงเรือน

4.1.1 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์

จากการศึกษาสูตรอาหารที่แตกต่างกันในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในโรงเรือน โดยทำการเลี้ยงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างๆมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สาหร่ายไส้ไก่มีการเจริญโตเติบสูงที่สุด โดยใช้สูตรอาหาร 16-16-16 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด คิดเป็นร้อยละ 27,694±49 รองลงมาเป็นอาหารสูตร โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$) คิดเป็นร้อยละ 22,467±19 ส่วนการเพาะเลี้ยงด้วยสูตรอาหาร ยูเรีย แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$) มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด คิดเป็นร้อยละ 2,091±5.93

อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันในโรงเรือน ซึ่งมีน้ำหนักที่แตกต่างกัน ตลอดระยะการทดลอง 2 สัปดาห์ พบว่า สัปดาห์แรกสาหร่ายไส้ไก่มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์สูงที่สุดและลดลงในสัปดาห์ที่สอง ตามลำดับ โดยพบว่า อาหารสูตร 16-16-16 มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ เฉลี่ยสูงที่สุดร้อยละ 37.48 ต่อวัน รองลงมาเป็นอาหารสูตร โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$) มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ เฉลี่ยร้อยละ 35.32 ต่อวัน และสำหรับสาหร่ายที่เลี้ยงโดยอาหารสูตร ยูเรีย แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) กับไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$ มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุดร้อยละ 20.65 ต่อวัน ดังรูปภาพที่ 2

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของน้ำหนักสาหร่ายไส้ไก่เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ) ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 สูตร

สูตรอาหาร	สัปดาห์		
	0	1	2
สูตรที่ 1	100	1,804.06±5.44[b]	22,467.76±19.28[b]
สูตรที่ 2	100	1,915.57±7.52[b]	27,694.52±48.59[c]
สูตรที่ 3	100	416.34±3.27[a]	2,091.01±5.93[a]

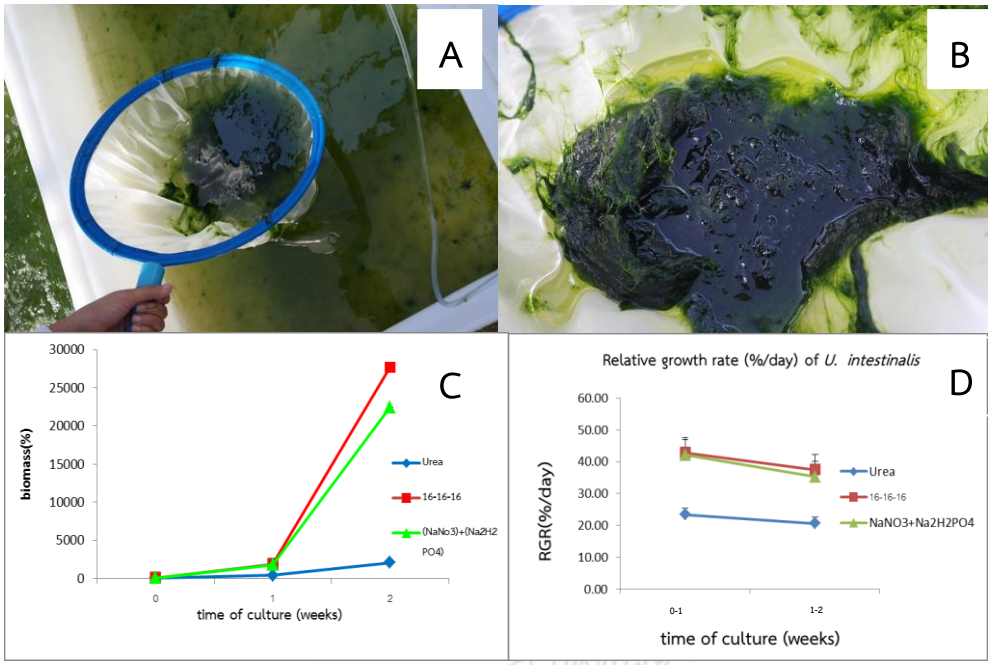
หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$
สูตรที่ 2 Balanced fertilizer 16-16-16
สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$
อักษรที่แตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์เฉลี่ย (ร้อยละ/วัน) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 สูตร

สูตรอาหาร/สัปดาห์	สัปดาห์	
	0-1	1-2
สูตรที่ 1	42.09±29.76[b]	35.32±4.79[b]
สูตรที่ 2	42.91±30.34[b]	37.48±3.83[b]
สูตรที่ 3	23.45±16.58[a]	20.65±1.98[a]

หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$
สูตรที่ 2 Balanced fertilizer 16-16-16
สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$
อักษรที่แตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 11 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (ร้อยละ/วัน) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันในโรงเรือน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์

A.การเก็บเกี่ยวสาหร่าย

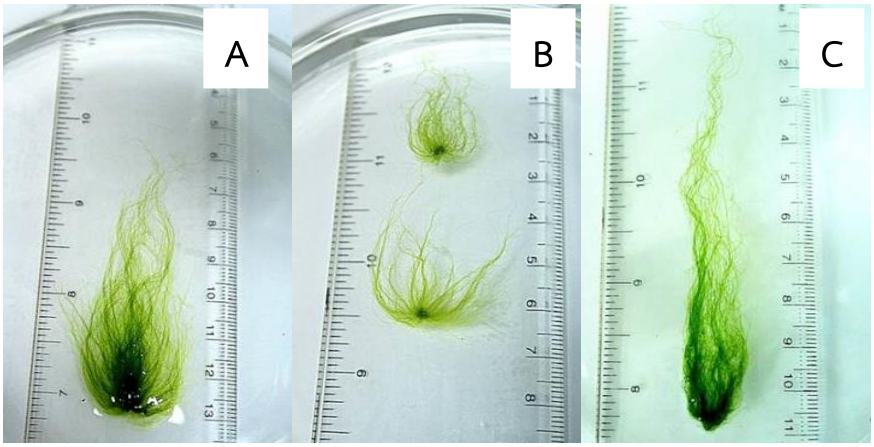
B.สาหร่ายไส้ไก่ที่ได้จากการเลี้ยง

C.การเจริญเติบโต (ร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น)

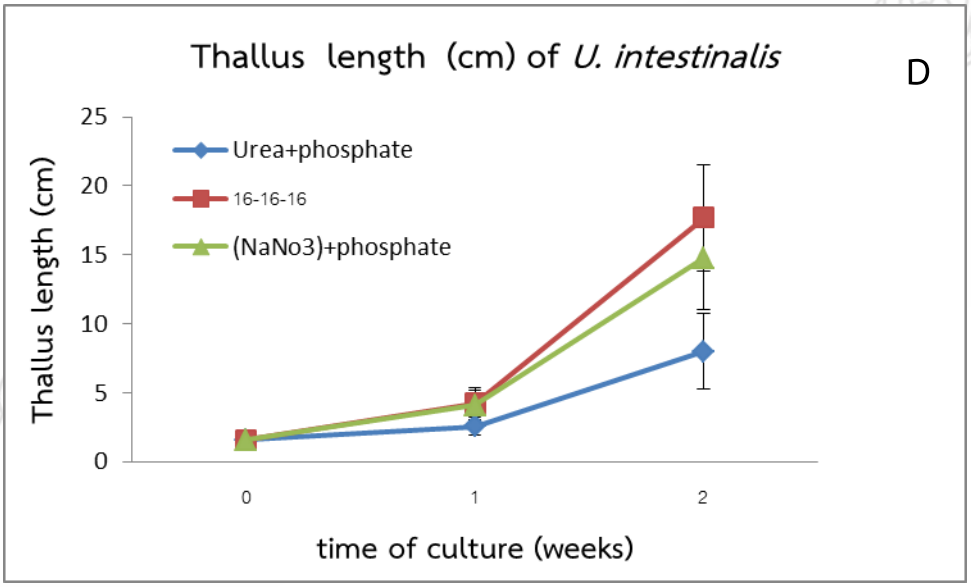
D.อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (ร้อยละ/วัน)

4.1.2 ความยาวของสาหร่ายไส้ไก่

ความยาวของสาหร่ายไส้ไก่ germling cluster มีความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 1.9±0.4 เซนติเมตร. หลังทำการทดลองเลี้ยง 2 สัปดาห์ พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงด้วย สูตรอาหาร 16-16-16 มีความยาวเฉลี่ยสูงที่สุด 17.70±3.88 เซนติเมตร. รองลงมาเป็นสูตร โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$) และ สูตรอาหาร ยูเรีย แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต $(NH_4)_2HPO_4$) มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 14.78±3.71 เซนติเมตร. และ8.01±2.74 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังรูปภาพที่ 12



\



ภาพที่ 12 การเจริญเติบโตด้านความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์

A.ความยาวของสาหร่ายที่เลี้ยงสูตรอาหาร โซเดียมไนเตรทผสม ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$)

B.ความยาวของสาหร่ายที่เลี้ยงสูตรอาหาร ยูเรีย +(NH_4NO_3)+$(NH_4)_2HPO_4$)

C. ความยาวของสาหร่ายที่เลี้ยงสูตรอาหาร 16-16-16

D.การเปรียบเทียบความความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของสาหร่ายไส้ไก่ทีเลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันในโรงเรือนเป็นเวลา 2 สัปดาห์

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตด้านความยาว (เซนติเมตร) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันในโรงเรือน เป็นเวลา 2 สัปดาห์

สูตรอาหาร	สัปดาห์		
	0	1	2
สูตรที่ 1	1.6±0.32[a]	4.10±1.05[b]	14.78±3.71[b]
สูตรที่ 2	1.6±0.32[a]	4.24±1.17[b]	17.70±3.88[c]
สูตรที่ 3	1.6±0.32[a]	2.56±0.63[a]	8.01±2.74[a]

หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$
สูตรที่ 2 Balanced fertilizer 16-16-16
สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$
อักษรที่แตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.1.3 คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำในการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในโรงเรือนด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันตลอดการทดลอง พบว่า มีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 27.44±1.82 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 31.25±1.16 องศาเซลเซียส ความเค็มเฉลี่ย 20.9±0.4 ppt ค่าความเข้มแสงตลอดการทดลองเฉลี่ย 286.04±14.57 µmol $m^{-2}s^{-1}$

สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร โซเดียมไนเตรทผสม($NaNO_3$)กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต($Na_2H_2PO_4$) มีปริมาณฟอสเฟต อยู่ในช่วง 0.17±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรท 0.151±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 131.7±1.97 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความกระด้าง 2,423.0±9.8 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ของน้ำอยู่ระหว่าง 8.43±0.28

สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร 16-16-16 มีปริมาณฟอสเฟต ฟอสฟอรัส อยู่ในช่วง 0.10±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน 0.118±0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 126.6±1.34 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความกระด้าง 2,391.5±10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ของน้ำอยู่ระหว่าง 8.52±0.36

Prince of Songkla University Pattani Campus

สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร ยูเรีย แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) และได แอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต $(NH_4)_2HPO_4$) มีปริมาณฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.13±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน 0.361±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 125.6±1.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความกระด้าง 2,369.2±8.9 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ของน้ำอยู่ระหว่าง 9.40±0.20

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

Sources	Items	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
Water	Temperature (°C)	28.37±0.71[a]	27.23±2.61[a]	27.17±0.52[a]
	Light (μmol $m^{-2}s^{-1}$)		286.04±14.57	
	Phosphate-P (mg/l)	0.17±0.02[b]	0.10±0.02[a]	0.13±0.03[a]
	Nitrate-N (mg/l)	0.151±0.02[b]	0.118±0.06 [b]	0.361±0.03[b]
	Alkalinity(mg/l)	131.7±1.971[a]	126.6±1.34[a]	125.6±1.53[a]
	Hardness (mg/l)	2,423.0±9.8[a]	2391.2±10.0[a]	2369.2±8.9[a]
	Salinity (ppt)	20.7±0.24[a]	20.8±0.24[a]	21.2±0.87[a]
	pH	8.43±0.28 [b]	8.52±0.36 [a]	9.40±0.20[b]

หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

สูตรที่ 2 Balanced fertilizer 16-16-16

สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

อักษรที่แตกต่างกันในแนวแถว หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.4 ปริมาณรงค์วัตถุในสาหร่ายไส้ไก่

จากการเปรียบเทียบปริมาณรงควัตถุในสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารชนิดต่างๆ พบว่า สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรปุ๋ย 16-16-16 จะมีปริมาณ แคโรทีนอยด์ เซนโทฟิลล์ คลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์ บี สูงกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

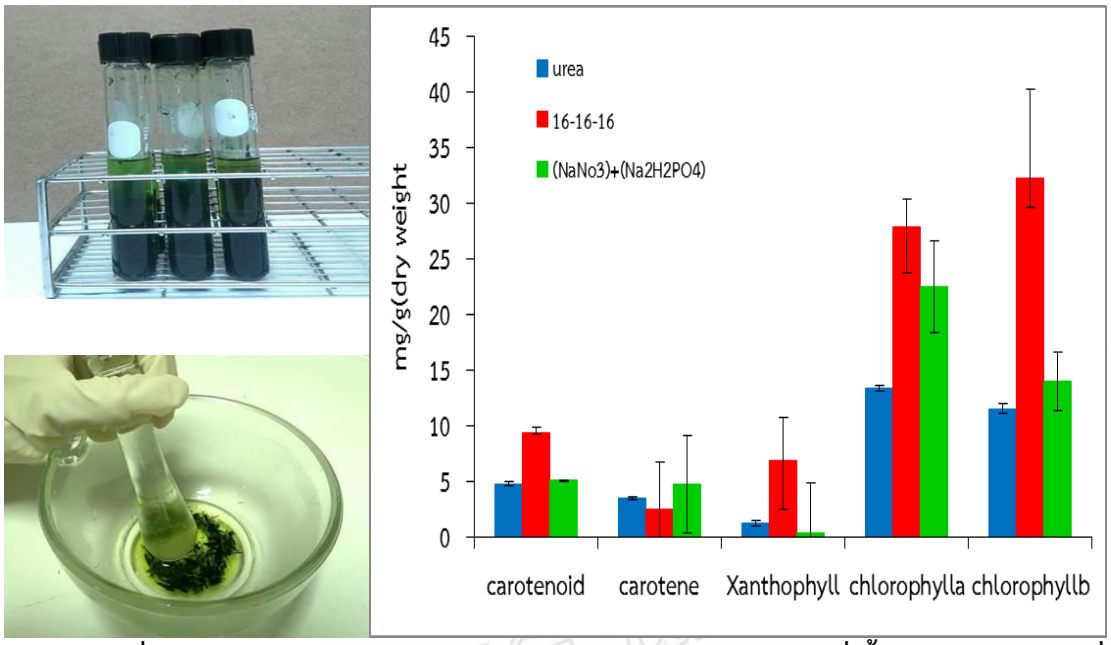
4.1.4.1 Carotenoid ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร 16-16-16 สูตรอาหาร โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$) และสูตรอาหาร Urea แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$) มีค่าเฉลี่ย 9.291±0.55, 5.072±0.056 และ 4.740±0.18 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ โดยคาโรทีนอยด์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างชนิดกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.1.4.2 Carotene ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร16-16-16 สูตรอาหาร โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$) และสูตรอาหารยูเรีย แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$) มีค่าเฉลี่ย 2.45±4.25, 4.71±4.36 และ 3.51±0.13 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ โดยคาโรทีนของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างชนิดกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.1.4.3 Xanthophyll ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร 16-16-16 สูตรอาหาร โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$) และสูตรอาหาร Urea แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) กับ ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$) มีค่าเฉลี่ย 6.842±3.89, 0.363±4.416 และ 1.226±0.239 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดย Xanthophyll ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างชนิดกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.1.4.4 chlorophyll-a ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร 16-16-16 สูตรอาหาร MGM และสูตรอาหาร Urea แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) กับ ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$) มีค่าเฉลี่ย 27.80±2.49, 22.50±4.104 และ 13.36±0.25 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดย chlorophyll a ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างชนิดกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.1.4.5 chlorophyll-b ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร 16-16-16 สูตรอาหาร โซเดียมไนเตรทผสม ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$) และสูตรอาหาร Urea แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) กับ ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$) มีค่าเฉลี่ย 32.19±7.985, 13.95±2.605 และ11.49±0.464 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดย chlorophyll-b ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างชนิดกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 13 การเปรียบเทียบปริมาณสารรงค์วัตถุของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบปริมาณสารรงควัตถุของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน เป็นเวลา 2 สัปดาห์

สูตรอาหาร	Carotenoid	Carotene	Xanthophyll	Chlorophyll-a	Chlorophyll-b
สูตรที่ 1	5.07±0.06^{a}	4.71±4.36^{a}	0.36±4.42^{a}	22.50±4.10^{b}	13.95±2.60^{a}
สูตรที่ 2	9.29±0.55^{b}	2.45±4.25^{a}	6.84±3.89^{b}	27.80±2.49^{b}	32.19±7.98^{b}
สูตรที่ 3	4.74±0.18^{a}	3.51±0.13^{a}	1.23±0.24^{ab}	13.36±0.25^{a}	11.49±0.46^{a}

หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

สูตรที่ 2 Balanced fertilizer 16-16-16

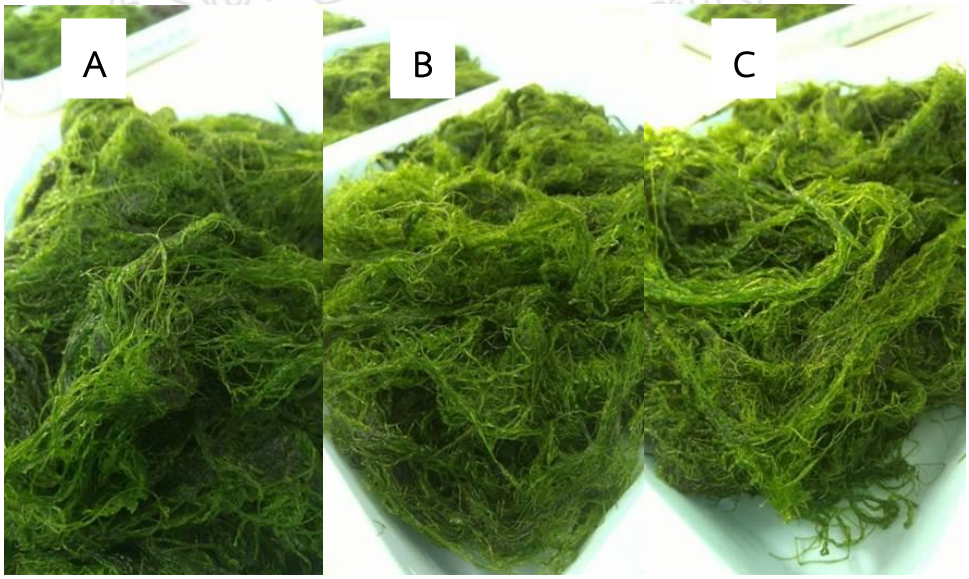
สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

อักษรที่แตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.5 สีของสาหร่ายไส้ไก่

การวิเคราะห์ค่าสีของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน โดยใช้เครื่อง Hunter LAB Colorimeter โดยส่วนของค่าสี (L* a* และ b*) ที่เป็นค่าที่นิยม ในการประเมินลักษณะปรากฏของตัวอย่างที่ทำการ ศึกษา โดยค่า L* ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมี ความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง แต่ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจน เป็นสีคล้ำ ส่วนค่า a* ที่เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่าง เป็นสีแดง แต่ค่า a* ที่เป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างเป็น สีเขียว และในค่า b* ที่เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็น สีเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็น สีน้ำเงิน (สุนทรี, 2550) พบว่าสีของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันจะมีค่า L* a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่7) โดยในลักษณะค่า L^* พบว่า สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร Urea,(NH_4NO_3)+$(NH_4)_2HPO_4$ มีค่า L^* มากที่สุด (L^* = 23.27±0.32) ส่วน สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$) มีค่า L^* น้อยที่สุด (L^* = 20.46±0.82) ตามลำดับ



ภาพที่ 14 สีของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน ในระเวลา 2 สัปดาห์

A.สาหร่ายที่เลี้ยงสูตรอาหาร ($NaNO_3$) กับ ($Na_2H_2PO_4$)
B.สาหร่ายที่เลี้ยงสูตรอาหาร 16-16-16
C. สาหร่ายที่เลี้ยงสูตรอาหาร ยูเรีย+(NH_4NO_3)+$(NH_4)_2HPO_4$)

ค่า a* ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร 16-16-16 มี ค่า a*=-7.79±0.25 ซึ่งมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมา สูตรอาหาร โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$) โดยมีค่า a* = -6.85±0.25 โดยเมื่อเทียบสาหร่ายที่เลี้ยงโดยสูตรอาหาร Urea, (NH_4NO_3)+$(NH_4)_2HPO_4$ มีค่า a* น้อยที่สุดกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารอื่นๆ และค่า a* ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในสูตรอาหารที่แตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ค่า b* ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร 16-16-16 มีค่า b* = 19.80±0.84 ที่มีค่ามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือสูตรอาหาร Urea, (NH_4NO_3)+$(NH_4)_2HPO_4$ มีค่า b* = 16.96±0.29 และเมื่อเทียบกับสูตรอาหารอื่นๆ พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$) มีค่า b* น้อยที่สุด ที่มีค่า b* เท่ากับ 13.73±0.52

ตารางที่ 7 ค่าสี (L *, a * และ b *) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

สูตรอาหาร	L^*	a^*	b*
สูตรที่ 1	20.46 ± 0.82^a	-6.85 ± 0.25^b	13.73 ± 0.52^a
สูตรที่ 2	22.41 ± 0.56^b	-7.79 ± 0.25^a	19.80 ± 0.84^c
สูตรที่ 3	23.27 ± 0.32^c	-5.59 ± 0.13^c	16.96 ± 0.29^b

หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

สูตรที่ 2 Balanced fertilizer 16-16-16

สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

อักษรที่แตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.6 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไส้ไก่

ปริมาณสารอาหารในสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน พบว่า สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหาร โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$) มีปริมาณโปรตีนและเถ้ามากที่สุดร้อยละ 14.94±0.06 และ 17.15±0.27 ตามลำดับ สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหาร 16-16-16 มีปริมาณไขมัน และเยื่อใยมากที่สุดร้อยละ 0.43±0.02 และ 9.04±0.81 ตามลำดับ ส่วนสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหาร Urea,(NH_4NO_3)+$(NH_4)_2HPO_4$ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและความชื้นมากที่สุดร้อยละ 67.32 และ 13.24±0.05 ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 คุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน(ร้อยละน้ำหนักแห้ง)

โภชนาการ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
โปรตีน	14.94±0.06^{c}	14.60±0.10^{b}	12.42±0.12^{a}
ไขมัน	0.17±0.02^{b}	0.43±±0.02^{c}	0.01±0.00^{a}
เถ้า	17.15±0.27^{a}	15.94±0.23^{b}	13.77±0.29^{a}
เยื่อไย	8.94±0.37^{b}	9.04±0.81^{b}	6.48±0.59^{a}
คาร์โบไฮเดรต	58.81±0.85^{a}	60.00±0.68^{b}	61.60±1.61^{c}
ความชื้น	12.62±0.04^{b}	11.30±0.03^{a}	13.24±0.05^{c}

หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

สูตรที่ 2 Balanced fertilizer 16-16-16

สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

อักษรที่แตกต่างกันในแนวแถว หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.7 สารให้กลิ่นรสของสาหร่ายไส้ไก่

สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในแต่ละสูตรอาหาร ที่ได้ทำการไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 6 นอร์มัล ย่อยเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 16-16-16 มีสารหอมระเหยมากที่สุด ได้แก่ 2-furan-carboxaldehyde, Ethanone,1-(2-furanyl), 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol, diisobutyrate และ Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl) สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรโซเดียมไนเตรทกับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตมีสารหอมระเหยมากที่สุดได้แก่ 5-METHOXY-2-PYRIMIDINAMINE, Benzeneacetaldehyde, (3E)-4-(2-FURYL)-3-BUTEN-2-ONE, 2,6-bis (1,1-dimethylethyl)-4-methyl-phenol และ Caryophyllenyl alcohol ในขณะที่สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารยูเรียกับแอมโมเนียมไนเตรทและไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตมีสารระเหยไม่แตกต่างกันจากสูตรอื่นๆ

ตารางที่ 9 สารให้กลิ่นรสในสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)

Volatile compounds	Relative Peak Area (%)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่3
3-Formyl-N-methyl-9-[phenylethynyl]dibenzo[2,3-a 5,6-a'] (1,4)-thiazine	1.5	1.9	1.4
3,6,6-TRIMETHYL-CYCLOHEX-2-ENONE	1.4	2.9	2.5
2-furan-carboxaldehyde	6.9	17.0	9.2
Ethanone, 1-(2-furanyl)	9.7	14.4	7.1
Benzaldehyde	7.8	8.5	3.8
2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl-	2.6	2.8	1.7
Heptasiloxane, hexadecamethyl-	1.5	1.5	1.8
5-METHOXY-2-PYRIMIDINAMINE	34.1	11.7	8.7
2-Acetyl-5-methylfuran	6.4	7.4	7.5
Benzeneacetaldehyde	17.8	9.6	11.8
Hexanoic acid	3.6	3.4	6.5
1-Hexanol, 6-chloro-	3.7	6.1	4.0

Prince of Songkla University Pattani Campus

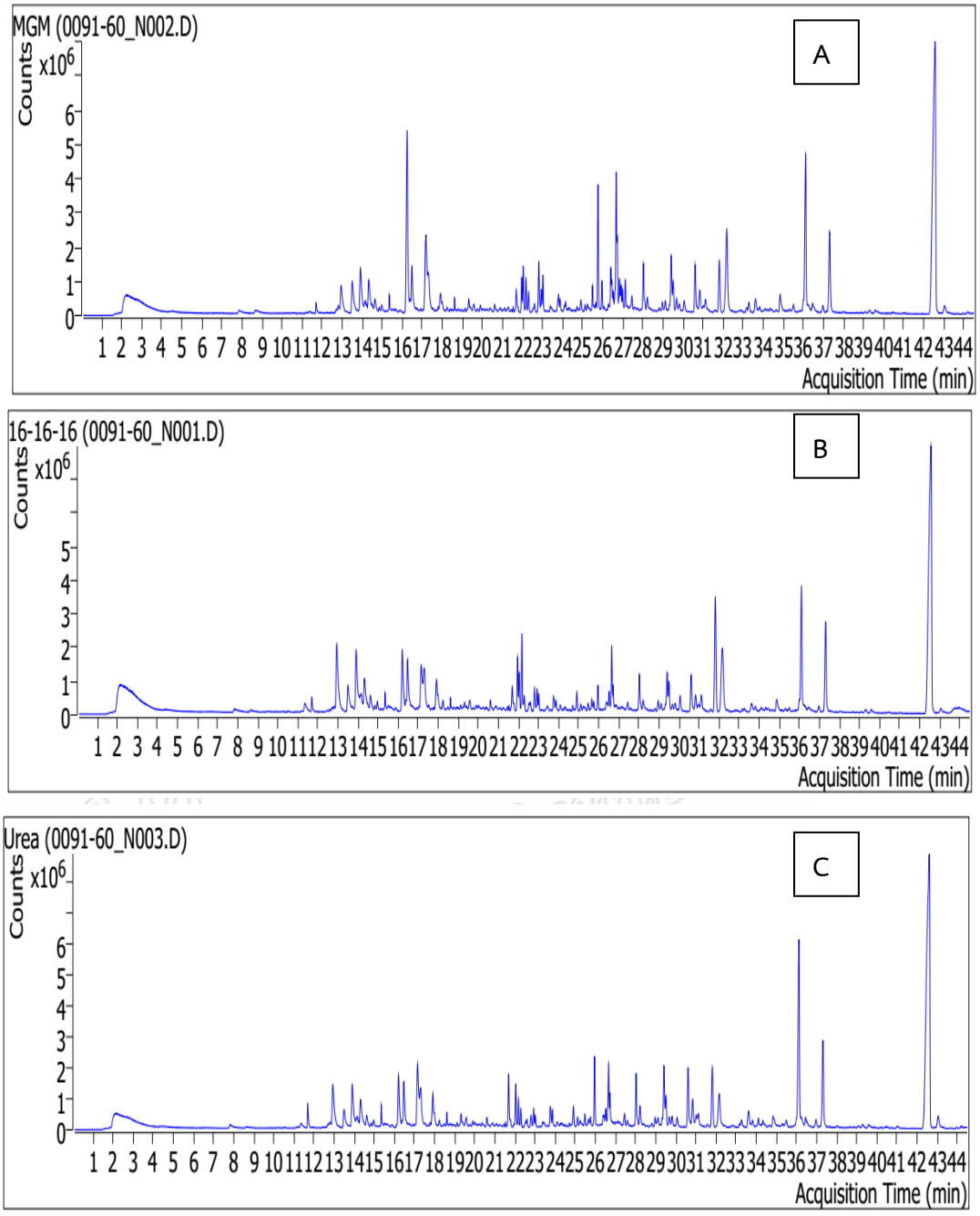
Volatile compounds	Relative Peak Area (%)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่3
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate	3.7	8.7	2.1
Benzaldehyde, 2,4,5-trimethyl-	1.1	1.2	1.6
Phenol	1.6	2.4	2.4
Octanoic acid	3.1	2.6	6.6
Caryophyllenyl alcohol	14.4	1.4	-
Nonanoic acid	6.5	5.4	6.3
Dodecanoic acid	27.1	20.9	30.1
Hexadecanoic acid, ethyl ester	1.7	2.2	1.3
Decanoic acid	7.3	5.7	8.8
Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	8.9	20.4	9.0
1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	14.2	16.4	13.4
1,2-Benzenedicarboxylic acid, dibutyl ester	100	100	100

หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

สูตรที่ 2 Balanced fertilizer 16-16-16

สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 15 สารให้กลิ่นรสสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์

A.สาหร่ายที่เลี้ยงสูตรอาหาร $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

B.สาหร่ายที่เลี้ยงสูตรอาหาร Balanced fertilizer 16-16-16

C. สาหร่ายที่เลี้ยงสูตรอาหาร Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

4.1.8 สารสกัด Ulvan

การศึกษาการสกัดสาร Ulvan ในสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน โดยทำการเลี้ยงในถังพลาสติกเป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร16-16-16 มีปริมาณสารสกัด Ulvan สูงที่สุด รองลงมาเป็นสูตรอาหาร Urea, NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$ และโซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต($Na_2H_2PO_4$) ตามลำดับ โดยคิดเป็นร้อยละ 36.167±4.28, 23.000±8.84 และ 15.700±4.28 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 สารสกัด Ulvan ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

สูตรอาหาร	ร้อยละ
สูตรที่ 1	15.70±4.28[a]
สูตรที่ 2	36.167±4.23[b]
สูตรที่ 3	23.00±8.84[a]

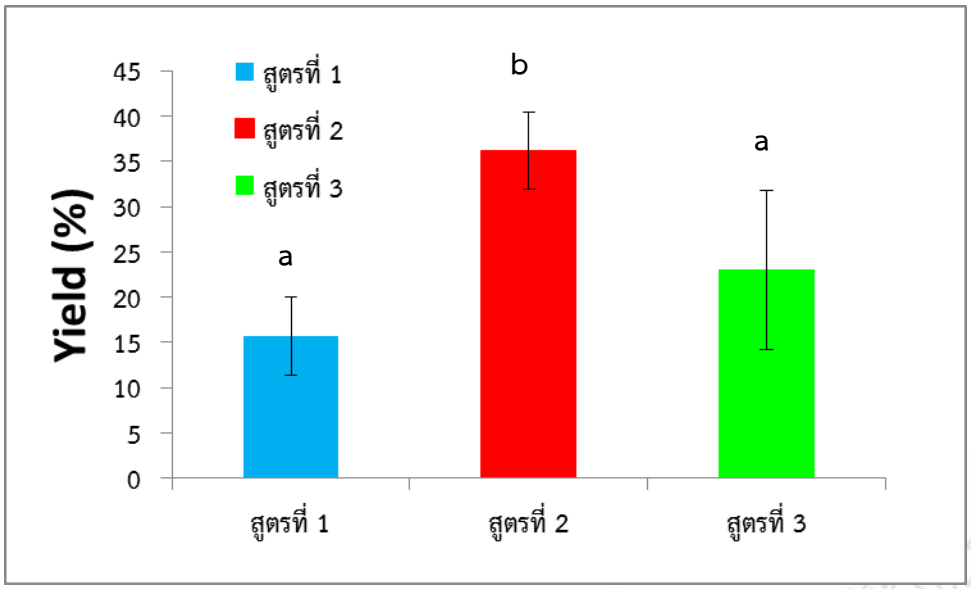
หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

สูตรที่ 2 Balanced fertilizer 16-16-16

สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

อักษรที่แตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus



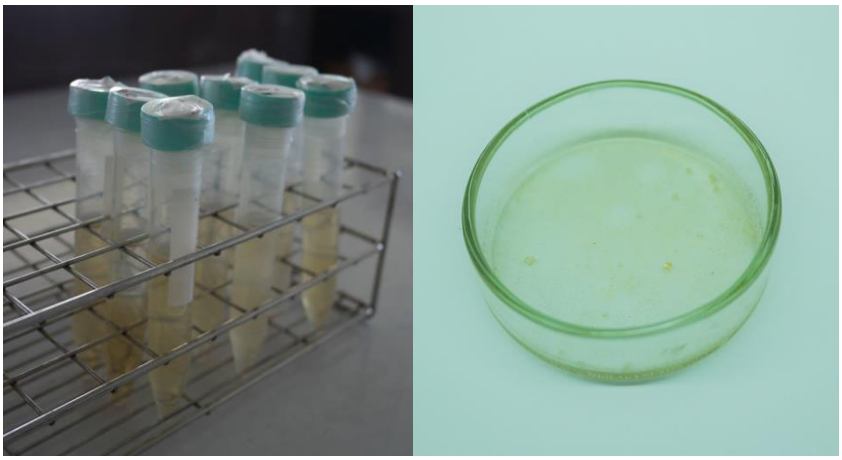
ภาพที่ 16 สารสกัด Ulvan สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์

หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

สูตรที่ 2 Balanced fertilizer 16-16-16

สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 17 สารสกัด Ulvan สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างในโรงเรือน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์

4.1.9 การตรวจสอบธาตุอาหารบางชนิดในน้ำและในสาหร่าย

ปริมาณธาตุอาหารในสาหร่ายไส้ไก่และในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันในถังพลาสติก เมื่อพิจารณาจากค่า Concentration factor พบว่า ทุกสูตรอาหารมีปริมาณ Mn, Cr, Cu, Fe, Zn และ Ca ที่อยู่ในสาหร่ายจะสูงกว่าในน้ำตามลำดับโดยมีค่า Concentration factor สูงกว่าในน้ำ และในขณะที่พบปริมาณ Cr และ Ca ในสาหร่ายน้อยกว่าในน้ำ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 11 ธาตุอาหารบางชนิดในน้ำและในสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน(มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง)

ธาตุอาหาร		สูตรอาหารที่เลี้ยงสาหร่าย		
		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สาหร่าย	Mn	28.433±0.435	20.039±1.626	11.217±0.201
	Cr	2.683±0.188	8.311±0.017	0.706±0.268
	Cu	5.744±0.101	4.500±0.103	8.1440±0.178
	Fe	471.92±33.693	363.53±13.514	150.51±1.716
	Zn	97.939±4.578	78.417±1.128	20.078±0.259
	Ca	843.83±18.026	640.50±14.546	605.28±7.700
น้ำ	Mn	0.241±0.006	0.228±0.016	0.279±0.025
	Cr	0.120±0.005	0.123±0.006	0.132±0.004
	Cu	0.017±0.003	0.019±0.004	0.024±0.021
	Fe	1.527±0.089	2.071±0.124	1.772±0.014
	Zn	0.117±0.001	0.153±0.014	0.155±0.015
	Ca	61.041±1.637	62.327±1.817	61.927±1.925
Concentration factor	Mn	119.774±18.518	89.836±15.759	40.389±3.393
	Cr	22.078±6.640	68.246±18.816	5.289±1.162
	Cu	357.84±114.69	237.09±37.324	339.10±512.94
	Fe	327.572±102.18	175.95±15.310	85.270±7.105
	Zn	838.654±84.719	521.77±113.18	135.044±49.601
	Ca	13.830±0.542	10.281±0.486	9.773±0.129

หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

สูตรที่ 2 Balanced fertilizer 16-16-16

สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.10 ต้นทุนและผลผลิต

ต้นทุนและผลผลิตที่ได้รับจากการผลิตสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันขนาดปริมาตร 200 ลิตร ระยะเวลาการเลี้ยง 2 สัปดาห์ พบว่า ผลผลิตของสาหร่ายไส้ไก่แต่ละสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยสาหร่ายที่เลี้ยงโดยสูตรอาหาร 16-16-16 มีผลผลิตมากที่สุดและมีต้นทุนในการผลิตน้อยที่สุด ทำให้มีกำไรมากกว่าสูตรอาหารทั้งสองสูตร รองลงมาเป็นสูตรอาหาร โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2H_2PO_4$) ส่วนการเลี้ยงโดยสูตรอาหาร Urea, (NH_4NO_3) + $(NH_4)_2HPO_4$ มีผลผลิตที่น้อยที่สุดและมีต้นทุนในการผลิตสูงที่สุด ตามลำดับ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 12 ต้นทุนในการผลิตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

รายการ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ราคาปุ๋ย (บาท)	5.44	0.192	5.88
ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)	14 วัน	14 วัน	14 วัน
ผลผลิต	686.06	844.95	66.61
ราคาขาย (บาท/กิโลกรัม)	80	80	80
รายได้ทั้งหมด	54.88	67.59	5.28
กำไรสุทธิ	49.44	67.39	-0.6

หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

สูตรที่ 2 Balanced fertilizer 16-16-16

สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

4.2 การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่แบบสเกลใหญ่ในภาชนะแตกต่างกัน

4.2.1 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์

จากการศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่เชิงพาณิชย์ในโรงเรืองกลางแจ้ง โดยทำการเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า สาหร่ายไส้ไก่มีการเจริญโตเติบสูงที่สุด โดยการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์มีเจริญเติบโตดีที่สุด มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 10,370.24±96.67 รองลงมา เป็นการเลี้ยงในถังพลาสติก มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 10,012.65±26.03 ซึ่งไม่มีความแตกตางกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ตารางที่ 13

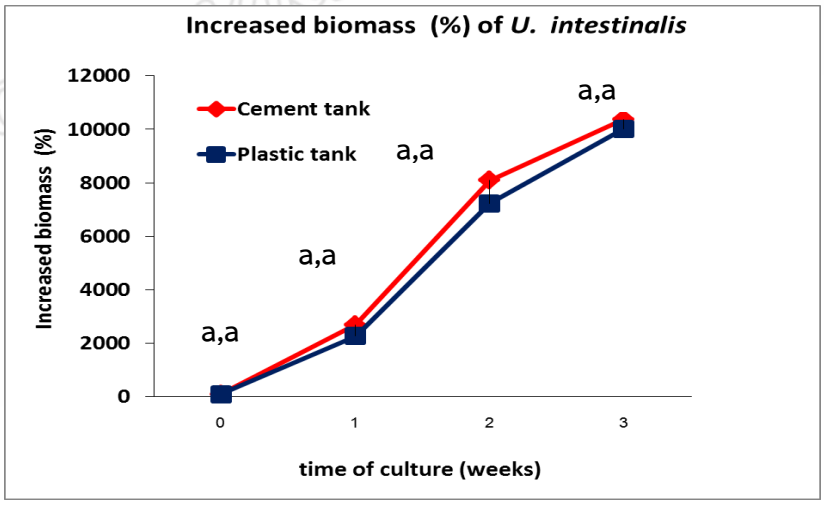
อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในถังพลาสติกและในบ่อซีเมนต์ตลอดระยะการทดลอง 3 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสัปดาห์แรก สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในถังพลาสติกและบ่อซีเมนต์มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์สูงที่สุดน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 47.05 และ 44.42 ตามลำดับและลดลงในสัปดาห์ที่สองและสาม ตามลำดับ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของน้ำหนักสาหร่ายไส้ไก่ที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ)ที่เลี้ยงแบบสเกลใหญ่ในภาชนะแตกต่างกัน

ภาชนะ	สัปดาห์			
	0	1	2	3
บ่อซีเมนต์	100±0[a]	2696.18±54.09[a]	8097.98±69.26[a]	10370.24±96.67[a]
ถังพลาสติก	100±0[a]	2270.74±38.51[a]	7231.79±219.54[a]	10012.65±26.03[a]

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

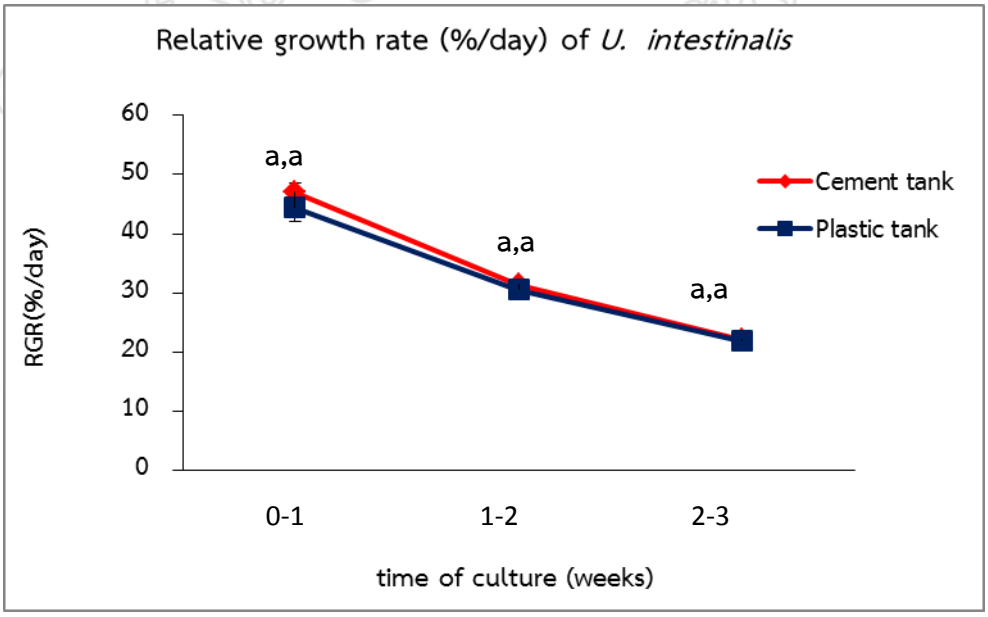


ภาพที่ 18 การเจริญเติบโต (ร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น)ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (ร้อยละ/วัน) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงแบบสเกลใหญ่ในภาชนะแตกต่างกัน

ภาชนะ	สัปดาห์			
	0-1	1-2	2-3	เฉลี่ย(0-3)
บ่อซีเมนต์	47.001±1.513[a]	31.381±0.311[a]	22.098±0.220[a]	33.5±0.7[a]
ถังพลาสติก	44.424±1.258[a]	30.475±1.08[a]	21.873±0.53[a]	32.3±1.5[a]

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 19 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (ร้อยละ/วัน) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์

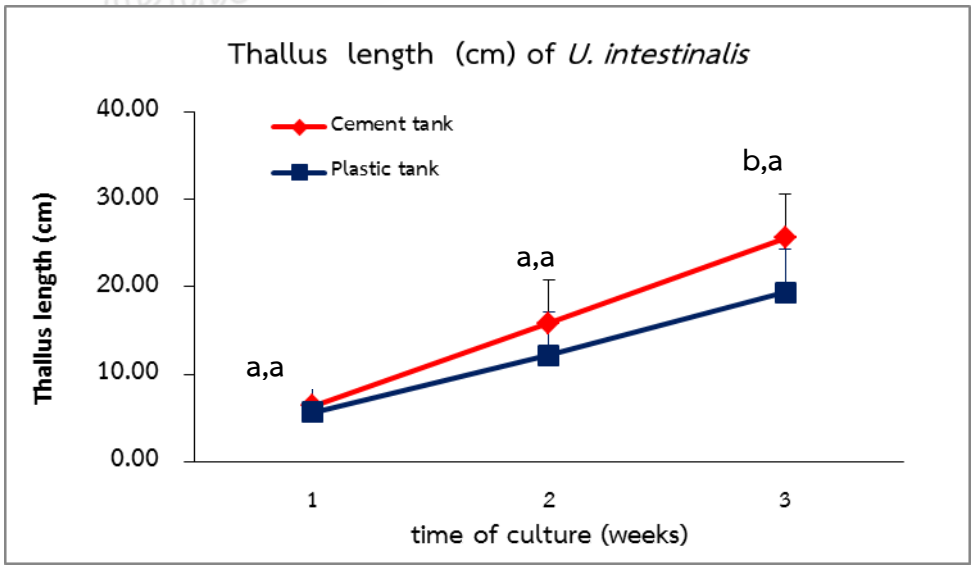
4.2.2 ความยาวของสาหร่ายไส้ไก่

ความยาวของช่อต้นอ่อนสาหร่ายไส้ไก่ มีความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 2.2±0.59 เซนติเมตร หลังทำการทดลองเลี้ยง 3 สัปดาห์ พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ มีความยาวเฉลี่ยสูงที่สุด 25.60±5.68 เซนติเมตร ส่วนถังพลาสติก มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 19.36±5.64 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การเจริญเติบโตด้านความยาว (ซม) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เพิ่มขึ้นที่เลี้ยงแบบสเกลใหญ่ในภาชนะแตกต่างกัน

ภาชนะ	สัปดาห์			
	0	1	2	3
บ่อซีเมนต์	2.2±0.59[a]	6.41±2.04[a]	15.86±3.40[a]	25.60±5.68[b]
ถังพลาสติก	2.2±0.59[a]	5.63±1.39a	12.18±3.43[a]	19.36±5.64[a]

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



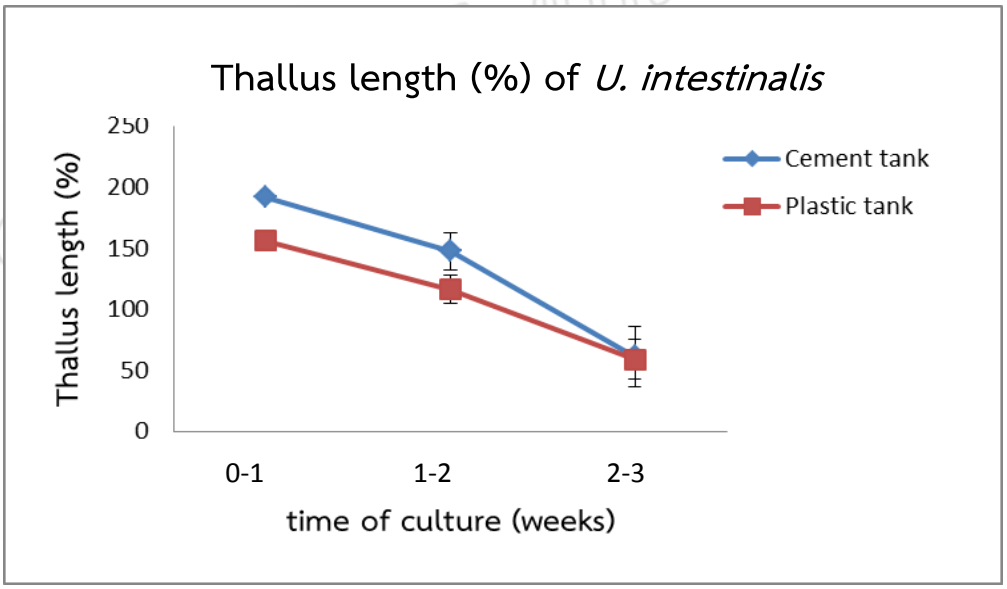
ภาพที่ 20 การเจริญเติบโตด้านความยาว (ซม.) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน ในระเวลา 3 สัปดาห์

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวของสาหร่ายไส้ไก่ทีเพิ่มขึ้น (ร้อยละ) ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน ในระเวลา 3 สัปดาห์

ภาชนะ	สัปดาห์		
	0-1	1-2	2-3
บ่อซีเมนต์	191.42±0.59[a]	147.36±2.04[a]	61.42±5.68[b]
ถังพลาสติก	156.09±0.59[a]	116.13±1.39[a]	58.97±5.64[a]

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 21 อัตราการเจริญเติบโต ด้านความยาว ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เพิ่มขึ้นร้อยละที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน ในระยะเวลา 3 สัปดาห์

ภาพที่ 22 การเจริญเติบโตด้านความยาว ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน ในระเวลา 3 สัปดาห์

a.ความยาวของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในถังพลาสติก

b.ความยาวของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์

4.2.3 ปริมาณรงค์วัตถุในสาหร่ายไส้ไก่

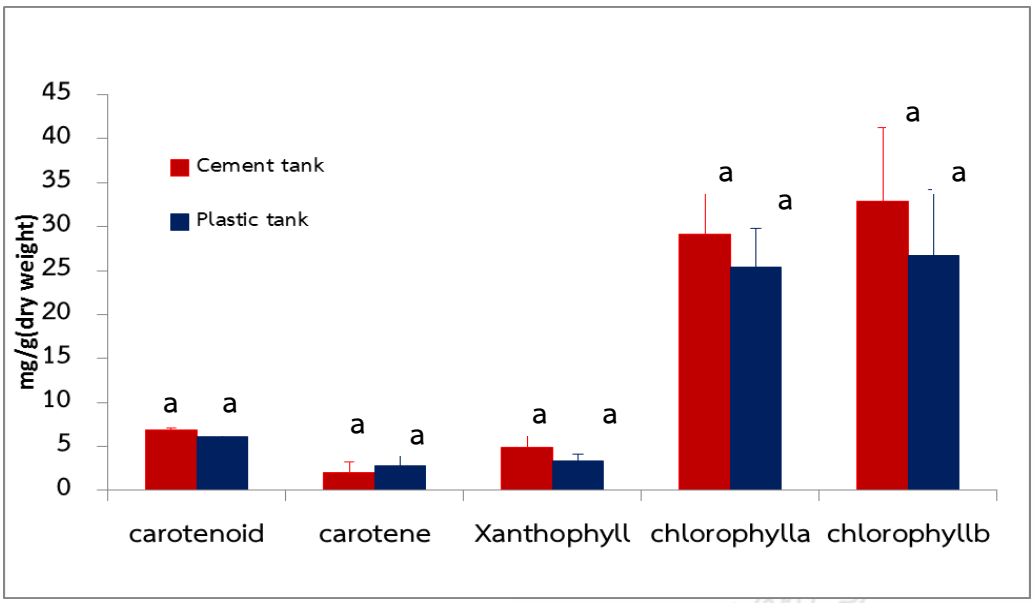
ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คาโรทีนอยด์ และแซนโทฟิลล์ ในสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในเชิงพาณิชย์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)ตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบปริมาณรงควัตถุของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ที่เพาะเลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์

Sources	Items	Plastic tank (200 l)	Cement tank (1000 l)
Seaweed	Total biomass of 5 tons reservoirs (g)	10012.65[a]	10370.24 [a]
	Biomass (g/l)	2002.53±65.03[a]	2074.05±96.67[a]
	Growth rate (%/day)	32.25±1.45[a]	33.49±0.68[a]
	Thallus length (cm.)	19.36±5.64[a]	25.60±5.68[b]
	Chlorophyll a (mg/l)	25.352±4.415[a]	29.116±5.531[a]
	Chlorophyll b (mg/l)	26.724±7.437[a]	32.912±8.348[a]
	Carotenoid (mg/l)	6.068±0.979[a]	6.912±0.212[a]
	Carotene (mg/l)	2.772±1.191[a]	1.992±1.259[a]
	Xanthophyll (mg/l)	3.296±0.785[a]	4.921±2.361[a]

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในแนวแถว หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 23 ปริมาณรงค์วัตถุในสาหร่ายไส้ไก่ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกันในระเวลา 3 สัปดาห์

2.4 คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่

สภาวะแวดล้อมในระบบการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ทั้งสองรูปแบบ ได้แก่ อุณหภูมิ แสง ฟอสเฟต ไนเตรท ความเป็นด่าง ความกระด้าง พีเอช ความเค็ม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ที่เพาะเลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์

Sources	Items	Plastic tank (200 l)	Cement tank (1000 l)
Water	Temperature (°C)	26.98±1.62 [a]	26.78±0.9 [a]
	Light (µmol $m^{-2}s^{-1}$)	380.25±26.47 [a]	380.25±26.47 [a]
	Phosphate (mg/l)	0.15±0.02 [a]	0.19±0.02 [a]
	Nitrate (mg/l)	0.329±0.04 [a]	0.324±0.06 [a]
	Alkalinity(mg/l)	127.64±2.83 [a]	130.62±2.16 [a]
	Hardness (mg/l)	2374.56±1.98 [a]	2,388.51±4.44 [a]
	Salinity (ppt)	20.6±0.4 [a]	20.6±0.4 [a]
	pH	8.71±0.34 [a]	8.55±0.30 [a]

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในแนวแถว หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2.4 สีของสาหร่ายไส้ไก่

สีของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกันจะมีค่า L* a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่19) โดยในลักษณะค่า L^* พบว่า สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในถังพลาสติก มีค่า L^* มากที่สุด ($L^* = 18.65\pm0.30$) ส่วน สาหร่ายที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ และในบ่อดิน มีค่า L^* น้อยที่สุด ($L^* = 12.57\pm0.62$ 9.39 ± 0.28) ตามลำดับ

ค่า a* ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในบ่อดิน มี ค่า a* =-3.39±0.30 ซึ่งมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมา การเลี้ยงในบ่อซีเมนต์และถังพลาสติก โดยมีค่า a* =-6.12±0.36 และ -6.55±0.80 ตามลำดับ และค่า a^* ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

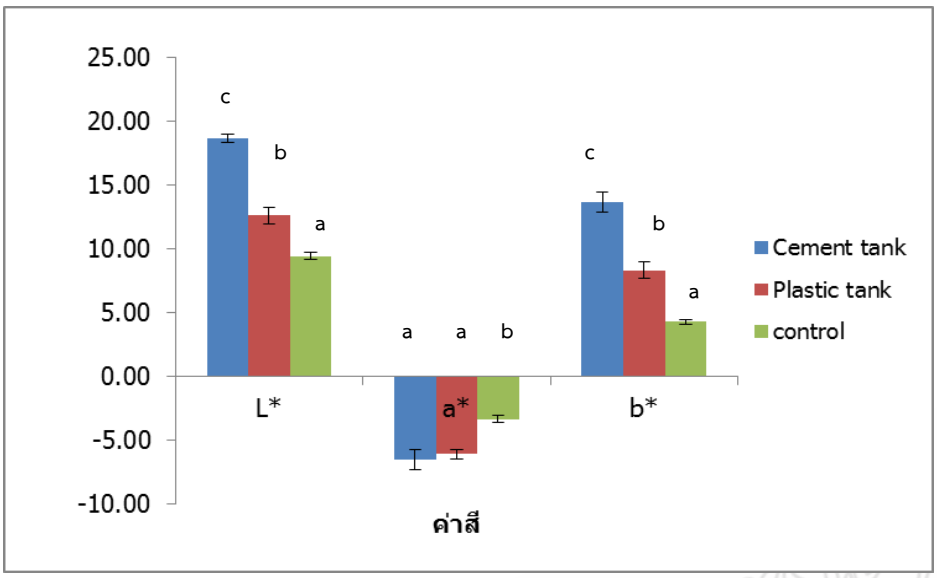
ค่า b* ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในถังพลาสติก มีค่า b* = 13.63±0.79 ที่มีค่ามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือสาหร่ายที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์และในบ่อดิน มีค่า b* = 8.31±0.68 และ4.25±0.22 ตามลำดับ และค่า b* ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางที่ 19 ค่าสี (L *, a * และ b *) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน ในระยะเวลา 3 สัปดาห์

ทรีตเมนต์	L^*	a^*	b*
ถังพลาสติก	18.65 ± 0.30^{c}	-6.55 ± 0.80^{a}	13.63 ± 0.79^{c}
บ่อซีเมนต์	12.57 ± 0.62^{b}	-6.12 ± 0.36^{a}	8.31 ± 0.68^{b}
บ่อดิน	9.39 ± 0.28^{a}	-3.39 ± 0.30^{b}	4.25 ± 0.22^{a}

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 24 สี (L *, a * และ b *) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะที่แตกต่างกัน ในระยะเวลา 3 สัปดาห์

4.3 ผลผลิตสาหร่ายสดต่อสาหร่ายแห้ง

เมื่อนำสาหร่ายไส้ไก่ที่ได้จากการเลี้ยง นำไปอบด้วยเครื่องอบแบบเป่าลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จนสาหร่ายแห้ง โดยได้ผลผลิตสาหร่ายสดต่อสาหร่ายแห้ง เท่ากับ 1.00:10.56, 1.00:9.15, 1.00:12.17, 1.00:8.31, 1.00:8.66, 1.00:8.80, 1.00:9.46, 1.00:8.30, 1.00:10.26, 1.00:12.23, 1.00:8.86, 1.00:8.87, 1.00:9.28, 1.00:9.63, 1.00:9.67, 1.00:9.05, 1.00:9.22, 1.00:10.56, 1.00:9.45, 1.00:9.50, 1.00:9.50 โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1.00:9.59±1.06

4.4 การทดสอบประสาทสัมผัสของผลผลิตและผลิตภัณฑ์สาหร่ายไส้ไก่

จากการศึกษาการทดสอบประสาทสัมผัสการยอมรับของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกันและการนำสาหร่ายมาใช้เป็นผงปรุงรสที่ปลอดสารโมโนโซเดียมกลูตาเมตในผลิตภัณฑ์อาหาร ประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 9 – Hedonic scale เป็นเกณฑ์การให้ตามลำดับความชอบในช่วงคะแนน 1-9 (9=ชอบมากที่สุด, 1=ไม่ชอบมากที่สุด) ที่มีผลต่อ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม

การทดสอบความพึงพอใจในสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน พบว่าผู้บริโภคมีความชอบโดยรวมต่อสาหร่ายไส้ไก่ เท่ากับ 4.67±1.30 ซึ่งอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อย ส่วนการทดสอบด้านสีและกลิ่น พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงโดยอาหารสูตรเสมอ 16-16-16 ผู้บริโภคมี

Prince of Songkla University Pattani Campus

การยอมรับ ทั้งด้านสีและกลิ่นสูงที่สุด รองลงมาเป็นสูตรอาหาร MGM และ Urea, $(NH_4NO_3)+(NH_4)_2HPO_4$ ตามลำดับ โดยผลผลิตที่ได้ทั้ง 3 สูตรอาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งในด้านของสีและกลิ่น

ด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งสองรูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.70±0.92 ซึ่งอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อย

ด้านสี พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งสองรูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับด้านสีมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผสมสาหร่าย มีคะแนนเท่ากับ 7.13±0.73 ซึ่งอยู่ในระดับความชอบปานกลาง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีสาหร่ายมีคะแนนน้อยกว่า เท่ากับ 3.77±1.28 ซึ่งอยู่ในระดับไม่ชอบปานกลาง

ด้านกลิ่น พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งสองรูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผสมสาหร่าย มีคะแนนเท่ากับ 7.17±0.83 ซึ่งอยู่ในระดับความชอบปานกลาง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีสาหร่ายมีคะแนนน้อยกว่า เท่ากับ 6.00±1.39 ซึ่งอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อย

ด้านรสชาติ พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งสองรูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีสาหร่าย มีคะแนนเท่ากับ 6.57±1.45 อยู่ในระดับความชอบปานกลาง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีสาหร่ายมีคะแนนน้อยกว่า เท่ากับ 5.67±1.15 ซึ่งอยู่ในระดับความชอบเฉยๆ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 20 การทดสอบประสาทสัมผัสของผลผลิตและผลิตภัณฑ์สาหร่ายไส้ไก่

ทรีตเมนต์	ความชอบโดยรวม	สี	กลิ่น	รสชาติ
ข้าวเกรียบรสสาหร่ายไส้ไก่	6.70±0.92			
ใส่สาหร่าย		3.77±1.28[a]	6.00±1.39[a]	6.57±1.45[b]
ไม่ใส่สาหร่าย		7.13±0.73[b]	7.17±0.83[b]	5.67±1.15[a]
กลิ่นสาหร่ายไส้ไก่	4.69±1.30			
สูตรที่ 1		5.23±1.25[b]	5.57±1.48[b]	-
สูตรที่ 2		6.50±1.04[c]	6.23±1.07[c]	-
สูตรที่ 3		4.63±1.19[a]	3.43±1.33[a]	-

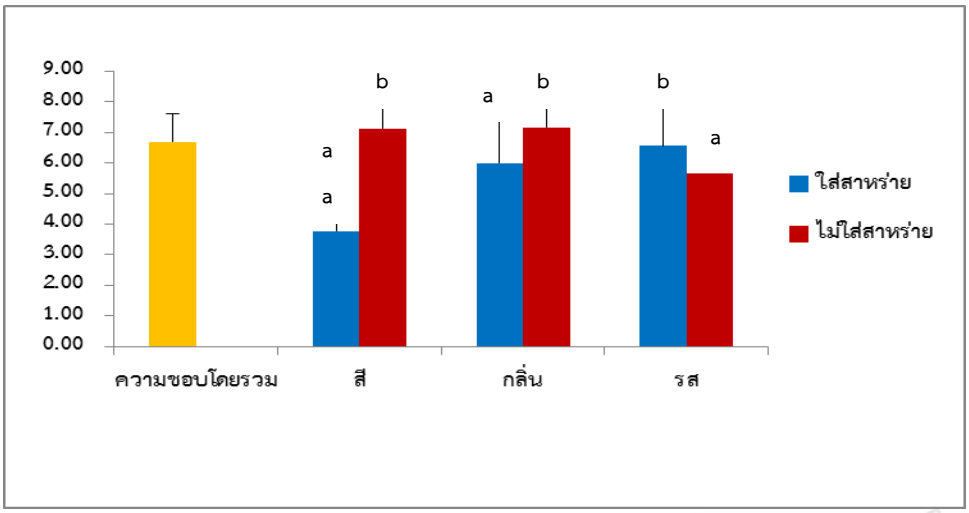
หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

สูตรที่ 2 Balanced fertilizer 16-16-16

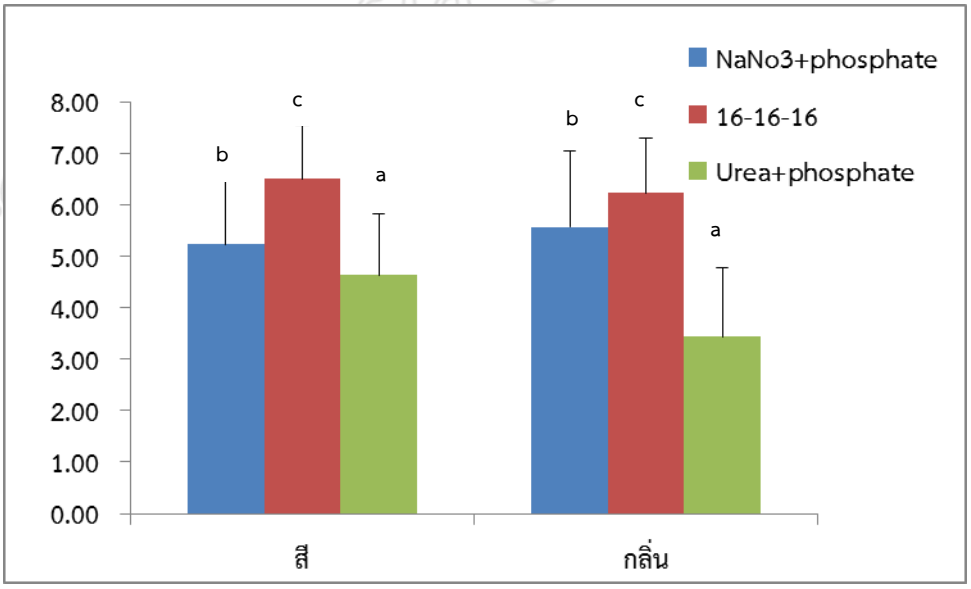
สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

อักษรที่แตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 25 การทดสอบประสาทสัมผัสการยอมรับความชอบ สี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์สาหร่ายไส้ไก่



ภาพที่ 26 การทดสอบประสาทสัมผัสการยอมรับสีและกลิ่นของผลผลิตสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างกัน

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันที่ในโรงเรือน

เมื่อนำ germling cluster ของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ซึ่งมีความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 1.9±0.4 เซนติเมตร มาทำการเลี้ยงในถังพลาสติกสี่เหลี่ยมปริมาตรน้ำ 200 ลิตร โดยทดลองสูตรอาหารที่แตกต่างกันในโรงเรือน ทั้งหมด 3 สูตร คือ 1) 16-16-16 2) ($NaNo_3$)+($Na_2H_2PO_4$) และ 3) ยูเรีย แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$) โดยน้ำหนักหนักเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลอง 5 กรัมต่อตารางเมตร หลังจากทำการทดลอง สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นจากเดิมทุกการทดลอง แต่สูตรอาหาร 16-16-16 มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดของการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ Lavery and McComb (1991) ได้กล่าวว่า การเจริญเติบโตของสาหร่ายก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณฟอสเฟตและไนเตรทที่ละลายในน้ำ และชนัดดา และคณะ (2552) พบว่า เมื่อปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้นการเจริญเติบโตของสาหร่ายก็จะสูงขึ้นตาม แต่ปริมาณไนไตรท์ ความเค็ม อุณหภูมิ ความโปร่งแสง ออกซิเจนทีละลายในน้ำ ความกระด้าง ความเป็นด่าง และpH ไม่มีความสัมพันธ์กันกับมวลชีวภาพของสาหร่าย Lobban and Harrison (1994) ได้อธิบายว่า สาหร่ายสามารถดึงไนเตรทมาใช้ในการเจริญเติบโต แต่จะใช้พลังงานในการเปลี่ยนแปลงรูปจากไนเตรทไปเป็นแอมโมเนีย มาใช้ในรูปของ amino acids จึงจะสามารถดึงมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ และ Fong *et al.* (1996) ได้อธิบายว่า สาหร่ายสามารถดึงไนโตรเจนในน้ำในรูปของแอมโมเนียมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการดึงไนโตรเจนที่อยู่ในรูปแบบอื่น ซึ่งสอดกับการทดลองของ Boyer and Fong (2005) พบว่า สาหร่ายสามารถดึงไนไตรท์มาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของไนเตรทหรือสามารถดึงมาใช้ในรูปแบบแอมโมเนียต่อไปได้ สอดคล้องกับ Fong *et al.* (2004) ได้รายงานว่าสาหร่ายสามารถดึงไนโตรเจนในรูปแบต่างๆ ที่อยู่ในน้ำ เพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโต ปริมาณ NO^-_2-N, NO^-_3-N และ NH^+_4-N ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในระดับความเค็ม เป็นเวลา 64 วัน โดยตลอดการทดลองไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบว่า NO^-_2-N, NO^-_3-N มีปริมาณน้อยในช่วง 7 วันแรก และเพิ่มสูงสุดในวันที่ 21 ของการทดลอง เนื่องจากสาหร่ายเริ่มปรับตัว และมีการดูดซับสารอาหาร เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และลดลง เนื่องเกิดจากการดูดซับของสาหร่ายไส้ไก่และร่วมถึงเกิดการเปลี่ยนรูปจาก NO^-_2-N กลายเป็นอยู่ในรูปของ NO^-_4-N แต่สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร Urea แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$) สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตที่น้อยที่สุด ซึ่ง Fong *et al.*

(2004) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Ulva. intestinalis* ในน้ำที่มีระดับอัตราส่วน ไนโตรเจน:ฟอสฟอรัส 6 ระดับ ที่ระดับความเข้มข้น 600:60 มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด และระดับความเข้มข้นที่ 1000:100 สาหร่ายไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ดังนั้นปริมารสารประกอบไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำ จึงมีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ซึ่ง ชนัดดา และคณะ, 2551 ได้ทำการศึกษาการเลี้ยงของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* โดยใช้ปุ๋ย 3 สูตร คือ 16-16-16, 46-0-0 และปุ๋ยฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้นปุ๋ย 3 ระดับ คือ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และระดับความเค็มที่ 4 ระดับ คือ 0, 5, 10 และ 15 ppt พบว่า ปุ๋ยเคมี 16-16-16 และระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเค็มที่ 0 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนปุ๋ยเคมี 46-0-0 ระดับความเข้นข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับความเค็ม 0 ppt เหมาะกับการเลี้ยงช่วงแรก และปุ๋ยหินฟอสเฟต สาหร่ายไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในทุกระดับความเข้มข้น และทุกระดับความเค็ม ซึ่งสาหร่ายไส้ไก่สามารถเจริญเติบโตได้ในระดับความเค็มช่วงกว้าง ตั้งแต่ 0-35 ppt ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kamer and Fong (2000) ได้ทำการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 15 และ 25 ppt เป็นระยะเวลา 24 วัน และทำการบันทึกตลอด 24 ชั่วโมง พบว่า สาหร่ายไส้ไก่สามารถเจริญเติบโต และมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ทั้งในระดับความเค็มที่ต่ำและในระดับความเค็มที่สูง แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีระดับความเค็มอยู่ในช่วง 0 และ 5 ppt

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในโรงเรือนโดยใช้สูตรอาหารที่แตกต่างกัน พบว่า สูตรอาหาร 16-16-16 มีมวลชีวภาพมากที่สุด จึงควรเลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสมอ 16-16-16 อัตราการใช้ 0.020 กรัมต่อลิตร ที่ระดับความเค็มที่ 20 ppt ทำให้ได้ต้นพันธุ์ที่แข็งแรงและมีอัตราการเจริญเติบที่สูงกว่าสูตรอาหารอื่นๆ ส่วนสูตร Urea มีปริมาณการเจริญเติบโตที่ต่ำที่สุดตลอดการทดลอง อาจเกิดจากน้ำที่มี pH สูงกว่าปกติ และทั้งนี้ การเลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสมอ 16-16-16 มีต้นทุนในการผลิตน้อยกว่าสูตรอาหารอื่นๆและหาซื้อได้สะดวกตามท้องตลาดทั่วไปจึงเหมาะสมต่อการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในเชิงพาณิชย์

5.2 การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะแตกต่างกัน

จากการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ในภาชนะสองรูปแบบที่แตกต่างกัน พบว่าสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น แต่สาหร่ายที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในถังพลาสติก คือ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เฉลี่ย เท่ากับ 33.5±0.7 และร้อยละ 32.3±1.5 ต่อวัน ซึ่งสอดคล้องกับ Hiraoka *et al.* (2004) ที่ได้ทำการเพาะเลี้ยง *Ulva prolifera* ในบ่อซีเมนต์ โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยตลอดปี เท่ากับร้อยละ 37 ต่อวัน แต่การทดลองครั้งนี้โดยได้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงสาหร่าย *Ulva rigida* ของ Worasing *et al.*

(2009) ที่ได้ทำ ในบ่อซีเมนต์ เป็นเวลา 21 วัน พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายเพิ่มขึ้นเท่ากับ 98.34+26.07 กรัม หรือผลผลิตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 4.68±1.17 กรัมต่อวัน และการเลี้ยง สาหร่าย *Ulva rigida* ของ เอนก และ คณะ (2558) ที่เลี้ยงในรางไฟเบอร์ซึ่งมีปริมาตรน้ำ 570 ลิตร พบว่า สาหร่ายผัดกาดทะเลสามารถเพิ่มผลผลิตได้ระหว่าง 5.8±2.9 ถึง 7.8±2.8 กรัมต่อวัน อาจเนื่องมาจากเป็นเพราะสาหร่าย *U. rigida* มีรูปร่างเป็นแผ่น แตกต่างจาก สาหร่ายไส้ไก่ที่มีรูปร่างเป็นเส้นสาย และ แขวนลอยในน้ำได้ดีทำให้ไม่บังแสงหรือสามารถหมุนเวียนขึ้นมารับแสง

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในภาชนะที่แตกต่างกัน โดยใช้สูตรอาหาร 16-16-16 หลังการทดลอง 2 สัปดาห์ พบว่า สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ มีมวลชีวภาพสูงที่สุด ส่วนสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในถังพลาสติก มีมวลชีวภาพน้อยกว่า ซึ่งพบว่า พื้นที่บ่อเลี้ยงมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ทั้งสองรูปแบบก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นระบบปิดกลางแจ้ง ในสองรูปแบบเพื่อการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์สามารถทำการเลี้ยงได้ทั้งสองรูปแบบ ขึ้นอยู่กับการจัดการ ความสะดวกและต้นทุนในการผลิต

5.3 การทดสอบประสาทสัมผัสของผลผลิตและผลิตภัณฑ์สาหร่ายไส้ไก่

การทดสอบการยอมรับของสาหร่ายไส้ไก่ที่ใช้เป็นผงปรุงรสที่ปลอดสารโมโนโซเดียมกลูตาเมตในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมีจุดประสงค์ เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์สาหร่ายไส้ไก่ และเปรียบเทียบความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ การทดสอบความชอบโดยใช้ สเกล Hedonic 9 คะแนน โดยผู้บริโภคทั่วไป 30 คน โดยทำการทดสอบที่โรงอาหารลานอิฐ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ผลการทดสอบพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสในระดับความชอบเล็กน้อย (คะแนนเฉลี่ย 6.00±1.39) คุณภาพภายนอกของผลิตภัณฑ์ด้านสี มีระดับไม่ชอบปานกลาง (คะแนนเฉลี่ย 3.77±1.28) ส่วนด้านรสชาติ พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองรูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติมากที่สุด เท่ากับ 6.57±1.45 ซึ่งอยู่ในระดับความชอบปานกลาง ส่วนความชอบโดยรวม โดยผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.70±0.92 ซึ่งอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อย

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 การเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่โดยใช้อาหารสูตร 16-16-16 มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยเลี้ยงในความเค็มที่ 20 ppt

5.4.2 ควรมีการศึกษาการเลี้ยงโดยใช้อาหารสูตรอื่นๆ เช่น ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยนา เป็นต้น

5.4.3 การใช้ภาชนะการเลี้ยงที่แตกต่างกัน เช่น ขนาดของภาชนะ และประเภทของภาชนะ

Prince of Songkla University Pattani Campus

เอกสารอ้างอิง

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์. 2527. สาหร่าย. คณะประมง, กรุงเทพฯ. หน้า 115-117.

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และอโนชา สุขสมบูรณ์. 2557. ผลของของการเติมสาหร่ายผักกาดทะเลและความชื้นของส่วนผสมแป้งต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด (Effect of Sea Lettuce Addition and Moisture of Flour Blend on Qualities of Non-fried Instant Noodle). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 45(2)(พิเศษ), 533 – 536.

จริยาวดี สุริยพันธุ์ ชัชรี แก้วสุรลิขิต ชนัดดา เกตุมา ชลอ ลิ้มสุวรรณ นิติ ชูเชิด สาธิต ประเสริฐ เดชานาท ทองพิทักษ์ และประยูร หงส์รัตน์. 2550. ผลของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) ต่อสัตว์หน้าดินในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://tdc.thailis. or.th/tdc/ basic.php [28 มิถุนายน 2556].

จีรภา หินชุย อุษา มากช่วย และวิภาวรรณ โว้ยสิ้น. 2554. การผลิตสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) แผ่นทอดกรอบ (Production of fried crispy sea lettuce (*Ulva rigida*)). ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. กรุงเทพฯ. 1-4 กุมภาพันธ์ 2554. 517-526.

ชนัดดา เกตุมา ชัชรี แก้วสุรลิขิต จริยาวดี สุริยพันธุ์ ชลอ ลิ้มสุวรรณ นิติ ชูเชิด สาธิต ประเสริฐศรี เดชานาท ทองพิทักษ์ และประยูร หงส์รัตน์. 2551. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (Factors affecting the growth of gut weed, *Ulva intestinalis* Linnaeus, in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) ponds). ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46. กรุงเทพฯ. 29 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ 2551. 200 – 209.

ชนัดดา เกตุมา ชัชรี แก้วสุรลิขิต ชลอ ลิ้มสุวรรณ นิติ ชูเชิด และประยูร หงส์รัตน์. 2552. ผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) ในห้องปฏิบัติการ (Effects of salinity on the growth of gut weed (*Ulva intestinalis*, Linnaeus) in laboratory). ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47. กรุงเทพฯ. 17 -20 มีนาคม 2552. 81-88.

ทิพวรรณ ไกรวิลาศ ชัชรี แก้วสุริลิขิต ชลอ ลิ้มสุวรรณ และนิติ ชูเชิด. 2552. ผลของการผึ่งแห้งต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*). ใน การประชุมวิชาการเกษตรนำไทย: อาหารและพลังงานทดแทนสู่สมดุลอย่างยั่งยืนของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47. กรุงเทพ. 17- 20 มีนาคม 2552. 98-106.

ทิพวรรณ ไกรวิลาศ ชัชรี แก้วสุริลิขิต ชลอ ลิ้มสุวรรณ และนิติ ชูเชิด. 2553. ผลของการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มของน้ำต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) (Effects of salinity levels on spore releasing of gut

weed (*Ulva intestinalis* Linnaeus)). ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. กรุงเทพฯ. 3 – 5 กุมภาพันธ์ 2553. 243-249.

นภดล ค้าขาย เพ็ญแข คุณาวงค์เดช และสราวุธ ศิริวงศ์. 2552. ผลของความเค้มและระยะเวลาเลี้ยงต่อการเจริญเติบโต ของสาหร่ายไส้ไก่ (*Enteromorpha intestinalis*) และอัตราการลอปริมาณธาตุอาหารในน้ำ. เอกสารเผยแพร่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 14(2), 3-4.

นภัสสร เพียสุระ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และโศรดา วัลภา. 2553. การเปรียบเทียบพอลิแซคคาโรด์ของ *Enteromorpha intestinalis* โดยการสกัดด้วยด่างและน้ำร้อน (Comparison of Polysaccharide of *Enteromorpha intestinalis* Extracted by Alkali and Hot Water). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41(31/1), 677 - 680.

ปัทมา ระตะนะอาพร นงนุช รักสกุลไทย ชัชรี แก้วสุรลิขิต นิติ ชูเชิด และประยูร หงส์รัตน์. 2552. การใช้ประโยชน์สาหร่ายไส้ไก่ จากบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อการบริโภค. เอกสารเผยแพร่ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะประมง มหาวิทยลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 1-15.

พิพัฒน์ ชนาเทพาพร และณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์. 2557. ความแปรปรวนของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเตา และสาหร่ายลอนในแหล่งน้ำธรรมชาติของจังหวัดเพชรบูรณ์ (The variation of environmental factors affect to the growing of Spirogyra spp. and Nostochopsis spp. In natural resources of Phetchabun province). รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์. หน้า 1-40.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. การประเมินทางประสาทสัมผัส(Sensory Evaluation), พิมพ์ครั้งที่ 1, คณะอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, หน้า 140-189.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2558. การประเมินผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตรโดยประสาทสัมผัส Sensory Evaluation of Agro – Industrial Products. สืบค้นได้จาก : 202.28.24.44/e_books/605331/ five.htm [13 มกราคม 2558]

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2549. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ, พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, หน้า 45-150.

ยงยุทธ สุวรรณฤกษ์. 2540. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต. วารสาร น.ส.พ. กสิกร. 70(4), 414-416.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2546. สาหร่ายวิทยา (Phycology). ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้าที่ 492.

รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2555. ศักยภาพการเป็นสารให้กลิ่นรสของสาหร่ายไส้ไก่ที่ย่อยสลายด้วยกรด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43(2)(พิเศษ), 457-460

สรวิศ เผ่าทองศุข. 2543. สาหร่าย ศักยภาพการวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในประเทศไทย. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 21-22

สุวรรณา วรสิงห์ ธวัช ศรีวีระชัย และ จุฑารัตน์ ศิริสมบัติ. 2550. ผลของระดับความเค็มน้ำทะเลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.nicaonline.com/articles10/site/ viewarticle.asp?idarticle=3035 [28 มิถุนายน 2556].

อาริณี มูน๊ะ ระพีพร เรืองช่วย และโชคชัย เหลืองธุวปราณีต. 2558. การเหนี่ยวนำการสร้างซูโอสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* Linnaeus (Chlorophyta) ในห้องปฏิบัติการ (Induction of Zoosporangial Formation of Gut Weed, *Ulva intestinalis* Linnaeus (Chlorophyta) in Laboratory). วารสารแก่นเกษตร. 43(พิเศษ 1), 50-55

เอนก โสภณ สมภพ รุ่งสุภา และคมกริช เอี่ยมละออ. 2558. การเพิ่มผลผลิตสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) ในระบบการเลี้ยงด้วยระบบ Nutrient Film Technique (NFT). วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 9(2), 54-61.

Aguilera-Morales, M., Casas-Valdez, M. Carrillo-Domínguez, S. , González-Acosta, B. and Pérez-Gil, F. 2005. Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source. Journal of Food Composition and Analysis. 18(1), 79-88.

AOAC. 2000, Association of Official Analytical Chemists 14th, Association Official Analtical Chemists, Washington D.C.

Boyer, K.E. and Fong, P. 2005. Macroalgal-mediated transfers of water column nitrogen to intertidal sediments and salt marsh plants. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 321, 59-69.

Briand, X. 1995. Utilization of algae extract for the preparation of pharmaceutical, cosmetic. United States Patent No. US 5508033/1996, Feb 14, 1996.

Briand, X., Stephanie, C., Dumas, B., Esquerre-Tugaye, M-T.and Salamagne, S. 2005. Use of Ulvans as Elicitors of Mechanisms for Nitrogen Absorption and Protein. United States Patent No. US 2005/0127695 A1, Mar 30, 2005.

Chirapart, A. 2006. Seaweed Industry in Thailand In Advances in Seaweed Cultivation and Utilization in Asia, Siew-Moi, P., Critchley, A.T. and Ang Jr, P.O., editor. University of Malaya Maritime Research Centre, Kuala Lumpur, pp 29-33.

Critchley, A.T. and Ohno, M. 1998. Seaweed Resources of the World. Japan international cooperation agency, Yokosuka., pp. 1-15.

Chuner, C., Yayun, Y., Peimin, H., Rui, J., Yan, H., Xinxin, Y., Weining, W., Zhonglei, G., Linhui, Z., Zhangliang, W. 2015, Method for Extracting Enteromorpha Pigment, Shanghai Ocean University, Chinese CN103725033 B. 1-9

Dzanic, H., Mujic, I. and Sudarski-Hack, V. 1985. Protein Hydrolysates from Soy Grits and Dehydrated Alfalfa Flour. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 33, 683-685.

Fong, P., Fong, J.J. and Fong, C.R. 2004. Growth nutrient storage and release of dissolved organic nitrogen by *Enteromorpha intestinalis* in response to pulses of nitrogen and phosphorus. Aquatic Botany. 78, 83-95.

Foss, P., Storebakken, T., Schiedt, K., Liaaen-Jensen, S., Austreng, E., Streiff, K. 1984. Carotenoids in diets for salmonids: I. Pigmentation of rainbow trout with the individual optical isomers of astaxanthin in comparison with canthaxanthin, Aquaculture 41, 213-226.

Galland-Irmouli, A.V., Fleurence, J., Lamghari, R., Luçon, M., Rouxel, C., Barbaroux, O., Bronowicki, J.P., Villaume, C. and Guéant, J.L. 1999, Nutritional Value of Proteins from Edible Seaweed Palmaria palmata (dulse). Journal of Nutritional Biochemistry. 10, 353–359.

Ganesan, M., Veeragurunathan, V., Eswaran, K., Reddy, C.R.K. and Jha, B. 2010. Influence of ultraviolet radiation on spore liberation in marine macroalgae *Ulva fasciata* (Ulvales,Chlorophyceae) and *Gracilaria corticata* (Gracilariales, Rhodophyceae). Japanese Society of Phycology. 58, 293-297.

Guillard, R.R.L. 1975. Culture of Phytoplankton for Feeding Marine Invertebrates. In Culture of Marine Invertebrates Animals. Smith, W.L. and Chanley, M.H, editors. Plenum Press, New York, pp 29-60.

Hiraoka, M. and Oka, N. 2008. Tank cultivation of *Ulva prolifera* in deep seawater using a new “germling cluster” method. Journal of Applied Phycology. 20, 97-102.

Kalita, T.L. and Tytlianov, E.A. 2003. Effect of temperature and illumination on growth and reproduction of the green alga *Ulva fenestrata*. Russian Journal of Marine Biology. 29(5), 316–322.

Kamer, K. and Fong, P. 2000. A fluctuating salinity regime mitigates the negative effects of reduced salinity on the esturine macrialga, *Enteromorpha intestinadis*. Journal of Experimental Marine Biology and

Prince of Songkla University Pattani Campus

Ecology. Department of Organismic Biology, University of California. 254, 53-69.

Lichtenthaler, H.K. and Wellburn, A.R. 1985. Determination of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of Leaf in Different Solvents. Biochemical Society Transactions. 11, pp. 591-592.

Lin, A., Shen, C., Wang, J. and Yan, B. 2008. Reproduction diversity of *Enteromorpha prolifera.* Journal of Integrative Plant Biology. 50, 622–629.

Lixia, Y. 2014. *Enteromorpha* pancake, Daohe Biotechnology CO, LTD, Chinese CN104222219 (A).

Lobban, C.S. and Harrison, P.J. 1994. Seaweed Ecology and Physiology. 1st ed. Cambridge University Press. Melbourne, pp 165-170.

Mantris, l. and Marques, J.C. 2002. A Model for the Growth of Opportunistic Macroalgae (*Enteromopha* sp.) in Tidal Estuaries. Estuarine Coastal and Shelf Science. 55, 247-257.

Mantri, V.A. Singh, R.P. Bijo, A.J. Kumari, P. Reddy, C. R. K. and Jha, B. 2011. Differential response of varying salinity and temperature on zoospore induction, regennerarion and daily growth rate in *Ulva fasciata* (chloropgyta, Ulvales). Journal of Applied Phycology. 23, 243-250.

Ohno, M. and Critchley, A. 1993. Seaweed Cultivation and Marine Ranching. Kanagawa International Fisheries Tranning Centre, Japan International Cooperation Agency (JICA).Yokosuka. 151 p.

Reine, P.V and Trono, G.C. 2001. Plant Resources of Routh-East Asia. Backhuys Publishers. Leiden. pp. 315-318 p.

Rohani-Ghadikolaei, K., Abdulalian, E. and Keong, N,W. 2011. Evaluation of the proximate, fatty acid and mineral composition of representative green, brown and red seaweeds from the Persian Gulf of Iran as potential food and feed resources. Food Scientists and Technologists, 10, 1-7.

Ruangchuay, R., Dahamat S., Chirapat, A. and Notoya, M. 2012. Effects of culture conditions on the growth and reproduction of Gut Weed, *Ulva intestinalis* Linnaeus (Ulvales, Chlorophyta). Songklanakarin Journal of Science and Technology. 34 (5), 501-507.

Rusig, A.M. and Cosson, J. 2001. Plant regeneration from protoplasts of *Enteromorpha intestinalis* (Chlorrophyta, Ulvophyceae) as seedstock for macroagal culture. Journal of Applied Phycology. 13, 103-108.

Sousa, A.I., Martins, I., Lillebo, A.I., Flindt, M.R. and Pardal, M.A. 2007. Influence of salinity, nutrients and light on the germination and growth of *Enteromorpha* sp. spores. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 341, 142-150.

Steel, R.G.D. and Tome, J.H. 1980. Principle and Procedures of Statistics, 2nd ed Mc Grawhill, New York.

Worasing, S., Sriveerachai, T., Srianant, A., and Wongkang, P. 2009. Morphology, cultivation and utilization of sea lettuce seaweed *Ulva rigida* C. Agardh, 1823. Extension paper No. 1/2009. Trat Coastal Aquaculture Station, Coastal Fisheries Research and Development Bureau, Department of Fisheries. 25 pp.

Yaich, H., Garna, H., Besbes, S., Paquot, M., Blecker, C., Attia, H. 2013. Effect of extraction conditions on the yield and purity of ulvan extracted from *Ulva lactuca*. Journal food hydrocolloids. 31, 375-382.

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาคผนวก

1 สูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่

1) ยูเรีย แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$) โดยใช้ยูเรีย 15 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชนัดดา และคณะ, 2551) แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) อัตราการใช้ 0.03 กรัมต่อลิตร และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$) อัตราการใช้ 0.02 กรัมต่อลิตร

2) ปุ๋ยเคมี สูตร 16-16-16 อัตราการใช้ ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชนัดดา และคณะ, 2551)

3) ปุ๋ยสูตร MGM (Modified Guillard's Medium)

ตารางผนวกที่ 1 สูตรอาหาร MGM (Modified Guillard's Medium) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* โดยใช้อัตรา 1 mL ต่อน้ำ 1 ลิตร

Chemical	MW	Mol/L	Chemical/L
$NaNO_3$	84.99	0.1	42.5g
$Na_2H_2PO^4$	141.96	30	4.26
$FeSO_4$	151.91	1	0.15
Na_2EDTA ($C10H14O8Na2.2H2O$)	372.24	500	37.2
MnC12	125.84	1mmol	0.01258mg

2.วิธีการเตรียมทดสอบธาตุอาหารในสาหร่ายและน้ำ

ก. วิธีการเตรียมสาหร่าย

ตัวอย่างสาหร่าย 1กรัมน้ำหนักแห้ง ชั่งน้ำหนักใส่ในบีกเกอร์ Pyrex ขนาด 500 mL เติม HNO_3 10 mL คนให้ทั่วอย่างช้าๆหลังจากนั้นเติม 3 mL ของ $HClO_4$ 60 เปอร์เซ็นต์ วางบน hot plate ให้ความร้อนอย่างช้าๆจนกระทั่งฟองไป ให้ความร้อนต่อจนกระทั่ง HNO_3 เกือบระเหยจะมี

Prince of Songkla University Pattani Campus

ควันสีขาวเกิดขึ้น จึงตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ให้ความร้อนต่อจนกว่าไอเป็นสีขาวของ $HClO_4$ จึงทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรให้ได้ 50 mL โดยการเติม HCl (1+1)

ข.วิธีการเตรียมน้ำ

กรองน้ำ 100 mL เติม HNO_3 3mL วางบน hot plate ให้ความร้อนช้าๆจนกระทั่งเหลือปริมาตรน้ำ 50 mL เติม HNO_3 3 mL วางบน hot plate ให้ความร้อนช้าๆจนกระทั่งเหลือปริมาตรน้ำประมาณ 20 mLจึงทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรน้ำด้วยน้ำกลั่น 25 mL นำตัวอย่างน้ำไปตรวจสอบปริมาตรธาตุโลหะ

3.วิธีการวิเคราะห์ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส โดยวิธี ascorbic acid method

การเตรียมสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

1. Sulfuric acid solution 5.0 N

   เจือจางกรดซัลฟิวริกเข้มข้น จำนวน 70 mL ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 mL เก็บในขวดแก้วสีชา

2. Potassium antimonyl tartrate solution

   ละลาย Potassium antimonyl tartrate ($K(SbO)C_4H_4O6.1/2H_2O$) จำนวน 1.3715 กรัม (g) ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 mL เก็บในขวดแก้วสีชา ถ้าสารนี้ยังใสอยู่ก็ใช้ไปได้เรื่อยๆ

3. Ammonium molybdate solution

   ละลาย Ammonium molybdate (NH_4)6Mo7O24.4H20) จำนวน 20 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 mL เก็บในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ถ้าสารนี้ยังใสอยู่สามารถใช้ได้เรื่อยๆ

4. Ascorbic acid 0,01 M

   ละลาย Ascorbic acid จำนวน 1.76 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 mL เก็บในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สารนี้สามารถอยู่ได้ประมาณ 1 สัปดาห์

Prince of Songkla University Pattani Campus

5. Standard phosphate solution

ละลาย KH_2PO_4 จำนวน 0.2195 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 mL สารละลายนี้จะมีความเข้มข้น PO_4^{3-} P 500 มิลลิกรัม/ลิตร (mg/L)

การเตรียม standard curve

นำ standard phosphate solution (500 mg/L) มาจำนวน 200 mL ใส่ใน volumetric flask ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 mL จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นของ PO43—P 1.00 mg/L แล้ว เตรียมสารละลายเพื่อทำ standard curve ตามความเข้มข้น (ใช้ volumetric pipet ในการดูดสาร)

ตารางผนวกที่ 2 สารละลายเพื่อทำ standard curve ตามความเข้มข้น

Phosphate-Phosphorous (mg/L)	จำนวน mL ของ 1.00 mg/L PO_4^{3-}-pที่ pipet มาแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100
0.00	0.00
0.02	2.00
0.04	4.00
0.06	6.00
0.08	8.00
0.010	10.00
0.15	15.00
0.20	20.00

Prince of Songkla University Pattani Campus

วิธีการวิเคราะห์ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

เตรียม combined reagent ผสม sulfuric acid solution 5.0 N จำนวน 50 mL+potassium, antimonyl tartrate solution จำนวน 5 mL+ ammonium molybdate solution จำนวน 15 mL +ascorbic acid solution จำนวน 15 mL+ascorbic acid solution จำนวน 30 mL โดยปรับอุณหภูมิของสารเคมีแต่ละอย่างให้เท่าอุณหภูมิเสียก่อน และผสมเรียงตามลำดับ เมื่อเติมสารตัวหนึ่งลงไปให้ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมสารตัวใหม่ลงไป ถ้าเกิดความขุ่นให้ตั้งทิ้งไว้ 2-3นาที ให้ความขุ่นหายไปแล้วผสมต่อตวงน้ำตัวอย่างจำนวน 50.0 mL ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 mL หยด phenolphthalein 1 หยด ถ้ามีสีแดงให้หยด 5.0 N sulfuric acid จนไม่มีสีแล้วเติม combined reagent 8.0 mL ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 10 นาที วัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV-160A ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร แต่อย่าทิ้งไว้นานเกิน 30 นาที

4. วิธีการวิเคราะห์ไนเตรท-ไนโตรเจน

ตวงตัวอย่างน้ำ 90 mL (ถ้า pH ของตัวอย่างน้ำมากกว่า 9 ให้ปรับลงมาโดยใช้ 5 เปอร์เซ็นต์ HCl ให้ pH อยู่ระหว่าง 8-9) ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 125 mL แล้วเติมแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น (NH_4Cl) 2.0 mL ผสมให้เข้ากัน เทลงในคอลัมน์ ปล่อยให้ไหลในอัตรา 5-8 มิลลิลิตร/นาที ใช้กระบอกตวงขนาด 50 mL รองน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ออกมา ทิ้งน้ำตัวอย่าง 25-30 mL ครั้งแรกที่ผ่านคอลัมน์ เก็บน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ 50 mL ไปวิเคราะห์หลังจากผ่าน reduction column แล้วไม่เกิน 15 นาที นำตัวอย่างน้ำปริมาตร 50 mL เติม sulfanilamide จำนวน 1.0 mL ผสมทิ้งไว้ 2 นาที แต่ไม่เกิน 8 นาที แล้วเติม N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution จำนวน 1.0 mL ผสมทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง วัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV-160A ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร

5. วัดความเป็นกรด-ด่าง ด้วย pH meter model HI 98107 โดยนำน้ำตัวอย่างที่เก็บแต่ละบ่อและแต่ละรอบมาวัดความเป็นกรด-ด่างโดยนำ pH meter มาจุ่มในน้ำตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องทุกสัปดาห์

6. วิธีวัดความเค็ม ด้วย refracto-salinometer วัดทุกๆสัปดาห์

7. วิธีวัดอุณหภูมิน้ำและอากาศ ด้วยใช้ Thermometer วัดทุกๆสัปดาห์ เวลา 12.00 นาที

8. วิธีการวิเคราะห์กลิ่น

Prince of Songkla University Pattani Campus

นำตัวอย่างสาหร่ายแห้งที่อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกร่งขนาด 80 เมซ และบรรจุในถุงสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างสาหร่ายแต่ละบ่อ 0.5 กรัม/น้ำหนักแห้ง แล้วเติมกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 6 N 10 mL ใช้เวลาย่อยที่ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำสารละลายที่ได้ไปปรับ pH ให้เป็นกลางประมาณ 6 ด้วยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 6 N แล้วนำมาแยกกากออกด้วยกระดาษกรอง No.1 และนำโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มาวิเคราะห์สารหอมระเหยของโปรตีนไฮโดรไลเซท โดยใช้ dynamic headspace solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry (DHS-SPME-GC-MS) อุ่นสารตัวอย่างสาหร่ายปริมาตร 3 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดซับไอสารระเหยด้วยไฟเบอร์ 2 ซม.-50/30 µm DVB/Carboxen™ /PDMS StableFlex™ เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำเข้าเครื่อง GC ใช้คอลัมน์ DB-WAX และก๊าซฮีเลี่ยมเป็นตัวนำพา โดยใช้เวลาในการชะสารระเหยออกจากไฟเบอร์เป็นเวลา 20 นาที โปรแกรมอุณหภูมิของ oven โดยเริ่มจากอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 180 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และเพิ่มอุณหภูมิจาก 180 เป็น 200 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 8 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที วิเคราะห์สารระเหยด้วยเครื่อง MSD (scan range 35-350 amu)ที่อุณหภูมิ 280 องซาเซลเซียส

9. วิธีการสกัดสาร Ulvan

นำตัวอย่างสาหร่ายที่บดเป็นผง 0.6 กรัม/น้ำหนักแห้ง ใส่ในหลอดทดลอง แล้วเติมกรดไฮโดรคลอริกปรับ pH ให้ได้ 2 ด้วยน้ำกลั่น 10 mL เขย่า 250 rpm แล้วนำตัวอย่างไปแช่ใน thermostatic bath ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำตัวอย่างที่ได้ไป centrifuged ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10,000 rpm แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง No.1 และปรับ pH ให้ได้ 3.5 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 M แล้วเติม ethanol 96 เปอร์เซ็นต์ 3 ส่วน สารละลายตัวอย่าง 1 ส่วน (1:3) นำมา centrifuged ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หมุนที่ 5,000 rpm หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาอบด้วยเครื่อง Hot oven อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างแห้ง แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักที่ได้ และนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของสาร ulvan ดังนี้

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{Dry weight of alcohol precipitate}}{\text{Dry weight of alga}} \times 100$$

Prince of Songkla University Pattani Campus

10. การวัดสี

นำตัวอย่างสาหร่ายสดที่เตรียมไว้มาซับน้ำให้แห้ง แล้วนำมาใส่ในถุงพลาสติกใส แล้วใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น วัดค่าสีของตัวอย่าง อ่านค่าสีโดยใช้ระบบ CIE Lab โดยค่าที่วัดได้จะเป็นค่า L^* a^* และ b^*

ตารางผนวกที่ 3 การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

สูตรอาหาร	สัปดาห์		
	0	1	2
สูตรที่ 1	3.04±0.00	57.88±5.44	686.06±19.28
สูตรที่ 2	3.04±0.00	61.27±7.52	844.95±48.59
สูตรที่ 3	3.04±0.00	15.70±3.27	66.61±5.93

ตารางผนวกที่ 4 ความยาวของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารทีแตกต่างกันในโรงเรือน

สูตรอาหาร	สัปดาห์		
	0	1	2
สูตรที่ 1	1.6±0.32	4.10±1.05	14.78±3.71
สูตรที่ 2	1.6±0.32	4.24±1.17	17.70±3.88
สูตรที่ 3	1.6±0.32	2.56±0.63	8.01±2.74

หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

สูตรที่ 2 16-16-16

สูตรที่ 3 Urea+NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณรงค์วัตถุของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

สูตรอาหาร	chlorophyll a	chlorophyll b	carotene	carotenoid	Xanthophyll
	18.22	11.41	2.71	5.104	2.40
	26.41	16.61	9.71	5.008	-4.70
สูตรที่ 1	22.86	13.84	1.71	5.104	3.40
	25.26	36.01	1.27	8.739	7.47
	27.90	23.01	7.17	9.842	2.68
สูตรที่ 2	30.25	37.54	-1.09	9.291	10.38
	13.42	11.85	3.54	4.928	1.39
	13.08	10.97	3.37	4.712	1.34
สูตรที่ 3	13.58	11.66	3.63	4.579	0.95

หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

สูตรที่ 2 16-16-16

สูตรที่ 3 Urea+ NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

ตารางผนวกที่ 6 สารสกัด Ulvan ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

Prince of Songkla University Pattani Campus

สูตรอาหาร	นน.ถ้วย	นน.ก่อนอบ	นน.หลังอบ	สารที่เหลือ	(%)	เฉลี่ย
	21.031	25.043	21.158	0.127	12.7	
	21.021	25.422	21.159	0.138	13.8	
สูตรที่ 1	19.410	23.426	19.616	0.206	20.6	15.70±4.28
	13.660	17.455	13.977	0.317	31.7	
	13.704	17.462	14.071	0.367	36.7	
สูตรที่ 2	19.400	23.651	19.801	0.401	40.1	36.167±4.23
	19.520	23.754	19.702	0.182	18.2	
	13.900	18.012	14.076	0.176	17.6	
สูตรที่ 3	20.300	24.224	20.632	0.332	33.2	23.00±8.84

หมายเหตุ สูตรที่ 1 $NaNO_3$+$Na_2H_2PO_4$

สูตรที่ 2 16-16-16

สูตรที่ 3 Urea+ NH_4NO_3+$(NH_4)_2HPO_4$

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางผนวกที่ 7 ธาตุอาหารบางชนิดของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

	ปริมาณ (mg/L)					
สูตรอาหาร	Mn	Cr	Cu	Fe	Zn	Ca
std1	0.232	0.115	0.163	0.165	0.177	0.083
std2	0.448	0.226	0.366	0.316	0.356	0.231
std3	0.643	0.332	0.519	0.43	0.541	0.313
std4	0.841	0.435	0.691	0.537	0.687	0.356
std5	0.955	0.514	0.865	0.634	0.824	0.485
std6	1.094	-	0.997	-	-	-
	0.539	0.085	0.118	8.079	2.047	16.42
	0.585	0.071	0.116	9.804	2.069	16.56
	0.562	0.07	0.114	9.693	2.055	16.74
	0.543	0.04	0.112	8.484	1.951	17.18
สูตรที่ 1	0.548	0.038	0.11	8.724	1.958	16.27
	0.545	0.038	0.115	8.644	1.958	16.55
	0.598	0.045	0.115	9.428	2.011	17.89
	0.599	0.048	0.116	11.02	2.016	17
	0.599	0.048	0.118	11.07	1.564	17.28
	0.298	0.101	0.091	7.209	1.74	13.01
	0.412	0.186	0.089	7.433	1.75	12.87
	0.355	0.191	0.085	7.389	1.742	12.86
	0.418	0.206	0.099	7.169	1.462	13.24
สูตรที่ 2	0.498	0.208	0.101	8.24	1.468	13.13
	0.458	0.209	0.099	8.235	1.466	13.2
	0.39	0.135	0.084	6.646	1.466	13.17
	0.389	0.13	0.082	6.612	1.457	11.84
	0.389	0.13	0.08	6.502	1.564	11.97
	0.235	0.021	0.159	3.269	0.5	11.9
	0.239	0.02	0.163	3.281	0.505	12.06
สูตรที่ 3	0.237	0.016	0.163	3.308	0.506	12.3
	0.222	0.009	0.166	2.996	0.36	12.3
	0.223	0.012	0.158	2.985	0.368	12.5
	0.223	0.011	0.162	3.02	0.366	12.57
	0.204	0.009	0.16	2.67	0.327	11.9
	0.223	0.026	0.168	2.791	0.342	11.66

Prince of Songkla University Pattani Campus

0.213	0.003	0.167	2.772	0.34	11.76

ตารางผนวกที่ 8 ธาตุอาหารบางชนิดในน้ำที่เลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่โดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

สูตรอาหาร	ปริมาณ (mg/L)					
	Mn	Cr	Cu	Fe	Zn	Ca
st1	0.232	0.115	0.163	0.165	0.177	0.083
st2	0.448	0.226	0.366	0.316	0.356	0.231
st3	0.643	0.332	0.519	0.43	0.541	0.313
st4	0.841	0.435	0.691	0.537	0.687	0.356
st5	0.955	0.514	0.865	0.634	0.824	0.485
st6	1.094	-	0.997	-	-	-
สูตรที่ 1	0.265	0.124	0.013	1.07	0.121	59.41
	0.29	0.126	0.011	1.023	0.12	59.72
	0.292	0.132	0.014	1.007	0.118	60.83
	0.221	0.115	0.014	1.418	0.106	65.26
	0.22	0.112	0.014	1.797	0.107	61.81
	0.219	0.115	0.016	1.811	0.109	60.95
	0.222	0.108	0.027	1.859	0.125	61.48
	0.22	0.125	0.03	1.883	0.126	58.29
	0.219	0.125	0.018	1.871	0.124	61.62
สูตรที่ 2	0.176	0.114	0.012	1.692	0.15	61.33
	0.169	0.128	0.019	2.011	0.125	62.19
	0.171	0.126	0.017	2.024	0.126	64.87
	0.217	0.117	0.019	2.073	0.137	60.83
	0.257	0.116	0.018	2.361	0.174	61.02
	0.258	0.119	0.027	2.38	0.175	61.91
	0.245	0.118	0.023	2.043	0.157	66.26
	0.28	0.133	0.019	2.035	0.164	62.19
	0.281	0.134	0.019	2.02	0.166	60.34
สูตรที่ 3	0.296	0.146	0.065	1.972	0.131	63.54
	0.3	0.147	0.059	2.029	0.138	60.5
	0.304	0.147	0.07	2.029	0.135	61.93
	0.306	0.126	-0.074	1.609	0.13	63.4
	0.305	0.138	0.019	1.607	0.148	61.83
	0.279	0.121	0.015	1.6	0.143	63.27
	0.272	0.12	0.016	1.703	0.153	63.14

Prince of Songkla University Pattani Campus

	0.277	0.123	0.024	1.705	0.212	57.06
	0.176	0.12	0.025	1.698	0.207	62.67

ตารางผนวกที่ 9 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะแตกต่างกัน

ซีเมนต์/ตัน	ซีเมนต์ 0	ซีเมนต์ 1	ซีเมนต์ 2	ซีเมนต์ 3
1	20	557.77	1663.16	1989.08
2	20	552.20	1505.75	1981.56
3	20	592.70	1609.82	2058.05
4	20	545.36	1682.33	2207.11
5	20	448.15	1636.92	2134.44
เฉลี่ย	20	539.24	1619.60	2074.05
Sd	0.00	54.09	69.26	96.67
%	100	2696.18	8097.98	10370.24

พลาสติก/ตัน	พลาสติก0	พลาสติก 1	พลาสติก 2	พลาสติก 3
1	20	461.15	1235.58	1674.86
2	20	482.06	1227.38	1899.64
3	20	391.78	1431.8	2194.06
4	20	447.41	1695.87	2080.33
5	20	488.34	1641.16	2163.76
เฉลี่ย	20	454.15	1446.36	2002.53
Sd	0.00	38.51	219.54	216.04
%	100	2270.74	7231.79	10012.65

ตารางผนวกที่ 10 ความยาว(ซม)ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะแตกต่างกัน

ภาชนะ/สัปดาห์	ความยาว (ซม)			
	0	1	2	3
Cement tank	2.2±0.59	6.41±2.04	15.86±3.40	25.60±5.68
Plastic tank	2.2±0.59	5.63±1.39	12.18±3.43	19.36±5.64

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางผนวกที่ 11 คุณภาพน้ำของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะแตกต่างกัน

ภาชนะ/สัปดาห์	Phosphate (mg/l)			
	1	2	3	เฉลี่ย
Cement tank	0.14±0.02	0.23±0.02	0.20±0.02	0.19±0.02
Plastic tank	0.15±0.02	0.14±0.02	0.15±3.43	0.15±0.02

ภาชนะ/สัปดาห์	Nitrate (mg/l)			
	1	2	3	เฉลี่ย
Cement tank	0.31±0.07	0.32±0.07	0.34±0.05	0.324±0.06
Plastic tank	0.32±0.03	0.33±0.04	0.34±0.05	0.329±0.04

ภาชนะ/สัปดาห์	Alkalinity (mg/l)			
	1	2	3	เฉลี่ย
Cement tank	131.07±1.34	1.29.80±2.37	131.00±2.78	1.30.62±2.16
Plastic tank	1.26±1.60	1.28.63±2.99	1.27.29±3.89	1.27.64±2.83

ภาชนะ/สัปดาห์	Hardness (mg/l)			
	1	2	3	เฉลี่ย
Cement tank	2409.33±3.54	2396.33±7.86	2359.87±1.93	2388.51±4.44
Plastic tank	2375.85±2.33	2368.75±1.87	2379.07±1.75	2374.56±1.98

Prince of Songkla University Pattani Campus

ความเค็ม	สัปดาห์				
	week1	week2	week3	เฉลี่ย	SD
Cement tank	21.0	21.0	22.0	21.3	0.58
Cement tank	20.5	21.0	21.0	20.8	0.29
Cement tank	20.0	20.5	20.5	20.3	0.29
Cement tank	21.0	20.0	20.0	20.3	0.58
Cement tank	21.0	21.0	20.0	20.7	0.58
Plastic tank	21.0	21.0	21.0	21.0	0.00
Plastic tank	22.0	21.0	21.0	21.3	0.58
Plastic tank	21.4	20.7	21.0	21.0	0.35
Plastic tank	20.0	22.0	20.4	20.8	1.06
Plastic tank	20	20.0	20	20.0	0.00
Plastic tank	20	21.0	20	20.3	0.58
Plastic tank	21.0	20	21.0	20.7	0.58
Plastic tank	21.0	20	21.0	20.7	0.58
Plastic tank	22.0	20	20	20.7	1.15
Plastic tank	21.4	20	20	20.5	0.81
Plastic tank	20	20	20	20.0	0.00
Plastic tank	20	20	20	20.0	0.00
Plastic tank	21.0	20	20	20.3	0.58
Plastic tank	20	20	20	20.0	0.00
Plastic tank	20	20	20	20.0	0.00
Plastic tank	20	20	20	20.0	0.00
Plastic tank	20	20	20	20.0	0.00
Plastic tank	21.0	20	21.0	20.7	0.58
Plastic tank	21.0	20	21.0	20.7	0.58
Plastic tank	20	20	20	20.0	0.00
Plastic tank	20	20	20	20.0	0.00
Plastic tank	21.0	20	21.0	20.7	0.58
Plastic tank	20	21.0	20	20.3	0.58
Plastic tank	20	21.0	21.0	20.7	0.58
Plastic tank	20	20	21.0	20.3	0.58

ph	สัปดาห์

Prince of Songkla University Pattani Campus

	week1	week2	week3	เฉลี่ย	SD
Cement tank	8.44	8.43	9.42	8.76	0.57
Cement tank	8.66	8.34	8.95	8.65	0.31
Cement tank	8.59	8.44	8.87	8.63	0.22
Cement tank	8.39	8.92	8.13	8.48	0.40
Cement tank	8.26	8.26	8.22	8.25	0.02
Plastic tank	8.44	8.20	8.38	8.34	0.12
Plastic tank	8.43	8.89	8.44	8.59	0.26
Plastic tank	8.34	8.50	8.92	8.59	0.30
Plastic tank	8.44	9.11	8.26	8.60	0.45
Plastic tank	8.92	8.75	8.20	8.62	0.38
Plastic tank	8.26	8.91	8.92	8.70	0.38
Plastic tank	8.20	9.21	9.26	8.89	0.60
Plastic tank	8.89	8.42	9.20	8.84	0.39
Plastic tank	8.50	8.95	8.89	8.78	0.24
Plastic tank	8.62	8.87	8.50	8.66	0.19
Plastic tank	9.11	8.44	8.54	8.70	0.36
Plastic tank	8.75	8.66	8.75	8.72	0.05
Plastic tank	8.91	8.59	8.91	8.80	0.18
Plastic tank	9.21	8.39	9.21	8.94	0.48
Plastic tank	9.42	8.26	8.42	8.70	0.63
Plastic tank	8.95	8.44	8.39	8.59	0.31
Plastic tank	8.87	8.43	8.26	8.52	0.32
Plastic tank	9.13	8.89	8.44	8.82	0.35
Plastic tank	9.22	8.50	8.43	8.72	0.44
Plastic tank	8.38	9.11	8.34	8.61	0.44
Plastic tank	8.44	8.75	9.42	8.87	0.50
Plastic tank	8.92	8.91	8.95	8.93	0.02
Plastic tank	8.26	9.21	8.87	8.78	0.48
Plastic tank	9.20	8.42	8.44	8.69	0.44
Plastic tank	8.43	8.47	8.66	8.52	0.12

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณรงค์วัตถุของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะแตกต่างกัน

ภาชนะ	chlorophyll a	chlorophyll b	carotene	carotenoid	Xanthophyll
Cement tank	22.62	30.66	2.68	8.066	5.39
Cement tank	32.00	47.15	1.27	4.334	3.06
Cement tank	32.38	36.65	0.16	7.949	7.79
Cement tank	31.66	32.35	1.75	6.605	4.86
Cement tank	26.92	17.74	4.10	7.606	3.51
Plastic tank	22.83	27.47	2.61	7.483	4.87
Plastic tank	28.51	20.27	5.14	7.392	2.26
Plastic tank	31.73	39.87	-3.41	5.214	8.62
Plastic tank	26.92	17.74	7.13	5.039	-2.09
Plastic tank	20.42	16.55	4.59	5.952	1.36
Plastic tank	13.56	10.99	6.39	6.349	-0.04
Plastic tank	9.77	8.40	4.64	5.692	1.05
Plastic tank	14.20	10.28	2.42	4.944	2.53
Plastic tank	26.43	12.99	1.57	4.713	3.14
Plastic tank	37.43	26.98	1.86	5.155	3.30
Plastic tank	32.05	44.72	2.51	7.199	4.69

Prince of Songkla University Pattani Campus

Plastic tank	28.93	42.82	0.10	6.018	5.92
Plastic tank	19.50	19.66	7.71	7.378	-0.34
Plastic tank	22.68	18.82	4.62	6.122	1.50
Plastic tank	13.79	9.64	8.30	6.020	-2.28
Plastic tank	23.26	25.56	-0.62	6.046	6.67
Plastic tank	25.13	37.03	-0.38	5.685	6.07
Plastic tank	28.87	26.74	3.98	6.623	2.65
Plastic tank	29.60	40.41	0.87	4.897	4.03
Plastic tank	30.96	44.24	-1.25	4.936	6.18
Plastic tank	31.28	45.53	0.05	5.203	5.16
Plastic tank	31.29	41.94	-0.03	7.121	7.16
Plastic tank	21.03	23.21	4.74	6.923	2.19
Plastic tank	30.64	26.58	1.31	6.990	5.68
Plastic tank	32.98	29.65	4.47	6.615	2.14

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางผนวกที่ 13 สีของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะแตกต่างกัน

ซีเมนต์	L*	a*	b*
	12.90	-6.09	9.16
	12.79	-6.69	8.81
	12.89	-6.19	8.01
	12.82	-5.82	8.16
	11.47	-5.83	7.43
เฉลี่ย	12.57	-6.12	8.31
SD	0.62	0.36	0.68
พลาสติก	L*	a*	b*
	18.23	-7.06	13.48
	18.93	-7.15	14.82
	18.95	-6.13	13.43
	18.61	-7.07	12.62
	18.51	-5.32	13.79
เฉลี่ย	18.65	-6.55	13.63
SD	0.30	0.80	0.79

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางผนวกที่ 14 การทดสอบประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สาหร่ายไส้ไก่

อาชีพ	ลำดับ	ความชอบโดยรวม	สี(ใส่)	สี(ไม่ใส่)	กลิ่น(ใส่)	กลิ่น(ไม่ใส่)	รส(ใส่)	รส(ไม่ใส่)
นักศึกษา	1	7	3	7	7	8	8	6
นักศึกษา	2	7	5	8	4	8	6	4
นักศึกษา	3	7	4	7	5	5	8	5
นักศึกษา	4	6	5	5	5	8	7	5
นักศึกษา	5	5	4	7	7	7	5	5
นักศึกษา	6	7	5	7	5	8	7	5
นักศึกษา	7	7	5	7	7	8	5	7
นักศึกษา	8	7	3	7	5	7	8	8
นักศึกษา	9	7	6	5	7	5	7	7
นักศึกษา	10	5	3	7	8	7	7	7
นักศึกษา	11	7	2	7	3	8	2	7
นักศึกษา	12	6	4	8	5	7	7	5
นักศึกษา	13	8	3	7	6	6	6	8
นักศึกษา	14	5	2	7	4	7	7	7
นักศึกษา	15	7	4	8	5	6	3	6
นักศึกษา	16	7	4	7	7	7	7	4
นักศึกษา	17	6	3	7	5	8	7	5
นักศึกษา	18	8	2	8	5	7	5	5
นักศึกษา	19	9	3	7	6	8	7	5
นักศึกษา	20	7	2	8	8	7	8	5
นักศึกษา	21	8	5	7	4	7	7	4
นักศึกษา	22	6	2	8	7	8	5	5
นักศึกษา	23	7	6	8	6	7	7	7
นักศึกษา	24	6	3	7	7	7	8	5
นักศึกษา	25	6	4	7	5	8	7	5
นักศึกษา	26	7	4	7	7	7	6	7
นักศึกษา	27	7	5	8	8	7	7	6
นักศึกษา	28	6	6	7	7	8	8	5
นักศึกษา	29	7	2	7	7	7	8	5
นักศึกษา	30	6	4	7	8	7	7	5
	เฉลี่ย	6.70	3.77	7.13	6.00	7.17	6.57	5.67

Prince of Songkla University Pattani Campus

	sd	0.92	1.28	0.73	1.39	0.83	1.45	1.15

ตารางผนวกที่ 15 ทดสอบประสาทสัมผัสของผลผลิตสาหร่ายที่เลี้ยงโดยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

อาชีพ	ลำดับ	ความชอบโดยรวม	สีMGM	สี16-16-16	สี Urea	กลิ่น MGM	กลิ่น16-16-16	กลิ่น Urea
นักศึกษา	1	3	6	8	6	4	7	3
นักศึกษา	2	5	5	4	5	5	5	2
นักศึกษา	3	3	4	5	4	7	5	4
นักศึกษา	4	2	5	7	5	7	7	4
นักศึกษา	5	5	4	7	4	5	5	6
นักศึกษา	6	6	5	5	5	5	7	2
นักศึกษา	7	5	5	5	5	7	8	3
นักศึกษา	8	6	7	7	3	5	7	6
นักศึกษา	9	6	6	5	6	7	6	3
นักศึกษา	10	6	6	7	6	8	4	3
นักศึกษา	11	4	2	8	2	7	5	2
นักศึกษา	12	3	4	7	4	6	7	4
นักศึกษา	13	3	3	6	3	7	7	4
นักศึกษา	14	2	7	7	3	6	5	2
นักศึกษา	15	5	4	6	6	7	5	2
นักศึกษา	16	5	4	7	5	5	7	3
นักศึกษา	17	6	6	5	6	7	5	2
นักศึกษา	18	5	7	7	3	6	7	3
นักศึกษา	19	6	4	6	6	7	8	2
นักศึกษา	20	6	6	7	5	4	7	4
นักศึกษา	21	6	5	7	6	6	6	2
นักศึกษา	22	5	6	5	6	2	7	6
นักศึกษา	23	5	6	7	3	3	6	2
นักศึกษา	24	6	7	7	4	6	7	3
นักศึกษา	25	6	6	8	4	5	5	6
นักศึกษา	26	5	6	7	5	6	7	5
นักศึกษา	27	4	6	7	6	6	6	4
นักศึกษา	28	4	6	7	4	3	7	4
นักศึกษา	29	4	5	7	4	4	7	3
นักศึกษา	30	3	4	7	5	4	5	4

Prince of Songkla University Pattani Campus

	เฉลี่ย	4.67	5.23	6.50	4.63	5.57	6.23	3.43
	sd	1.30	1.25	1.04	1.19	1.48	1.07	1.33

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล แวมารือนี มะดีเยาะ

รหัสประจำตัว 5720320605

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2555
วท.บ.(เทคโนโลยีการประมง)	วิทยาเขตปัตตานี	

ทุนการศึกษา

ทุนยกเว้นค่าธรรมเนียม จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

แวมารือนี มะดีเยาะ, ระพีพร เรืองช่วย และ โชคชัย เหลืองธุวปราณีต. 2560. การเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* แบบสเกลใหญ่ในถังที่แตกต่างกัน (Upscale Cultivation of Gut weed, *Ulva intestinalis* in Different Containers). วารสารแก่นเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 45(1), 140-144.

Prince of Songkla University Pattani Campus

แก่นเกษตร 45 ฉบับพิเศษ 1 : (2560). KHON KAEN AGR. J. 45 SUPPL. 1 : (2017).

การเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* แบบสเกลใหญ่ในถังที่แตกต่างกัน

Upscale Cultivation of Gut weed, *Ulva intestinalis* in Different Containers

แวมารือนี มะดีเยาะ[1], ระพีพร เรืองช่วย[1*] และ โชคชัย เหลืองธุวปราณีต[1]

Waemarueni Madeeyoh[1], Rapeeporn Ruangchuay[1*] and Chokchai Lueangthuwapranit[1]

บทคัดย่อ:การเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* ที่ระบบปิดกลางแจ้ง.ให้ได้ปริมาตรรวม 5 ตัน ในสอง รูปแบบ คือ ในถังพลาสติก ขนาด 200 ลิตรและ บ่อซิเมนต์ขนาด 1,000 ลิตร โดยใช้ข่อต้นอ่อนสาหร่ายไส้ไก่ที่มีความยาวเริ่มต้นที่ 2.2± 0.6 เซนติเมตร ด้วยความหนาแน่นเริ่มต้น 0.02 กรัม/ลิตร ให้อากาศ ให้สาหร่ายหมุนเวียน และให้ปุ๋ย 16-16-16 หลังจากเลี้ยง 3 สัปดาห์ พบว่า โดยสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในถังพลาสติก มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6,509 ± 216 เปอร์เซนต์ และ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เฉลี่ย เท่ากับ 32.3 ± 1.5 เปอร์เซนต์/วัน ส่วนสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 10,263 ± 97 เปอร์เซนต์ และมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เฉลี่ย เท่ากับ 33.5 ± 0.7 เปอร์เซนต์/วัน สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ และในถังพลาสติกมีเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ และปริมาณสารสีไม่แตกต่างกัน แต่มีความยาวของแทลลัสที่แตกต่างกัน ดังนั้นรูปแบบและลักษณะของถังเลี้ยงสาหร่าย *U. intestinalis* ไม่มีผลต่อการผลิตในระบบกลางแจ้ง ซึ่งสามารถเลี้ยงได้ในบ่อซีเมนต์และถังพลาสติก

คำสำคัญ: สาหร่ายไส้ไก่, *Ulva intestinalis*, การเพาะเลี้ยง, ถังพลาสติก, เซิงพาณิชย์,

ABSTRACT: Commercial outdoor cultivation of gut weed, *Ulva intestinalis* was done in two different types of container, 200 liters plastic tanks and 1000 liters cement tanks for 5 tons of total volume. The initial size of seedling 2.2 ± 0.6 cm was used in 0.02 g/l density. The experiment was done in 3 weeks with adding aeration and fertilizer 16-16-16. The alga in plastic tank provide the increased weight of 6,509 ± 216 % and showed specific growth rate of 32.3 ± 1.5 % /day while the alga in cement tank provided increased weight of 10,2639 ± 97 % and showed specific growth rate of 33.5 ± 0.7 % /day The alga in the both containers showed non different significant on growthes, relative growth rate and pigments but showed difference on thallus lengths. Therefore, type of container not affected on the commercial production of *U. intestinalis* outdoor cultivation which could use in both plastic or cement tanks.
Keywords: Gut weed, *Ulva intestinalis*, Cultivation, Containers

[1] แผนกวิชาเทคโนโลยีการประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.ปัตตานี 94000
Division of Fishery Technology, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Province 94000

* Corresponding author: rapeeporn.r@psu.ac.th

KHON KAEN AGR. J. 45 SUPPL. 1 : (2017).

บทนำ

สาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* เป็นสาหร่ายสีเขียว (Green algae) ใน Division Chlorophyta มีลักษณะรูปร่างเป็นหลอดกลวงคล้ายลำไส้ สามารถหดหรือพองตัวได้ แตกแขนงเป็นกลุ่มหรือเป็นสาย ประกอบด้วยแทลลัสหนา 2 ชั้นเซลล์ (ยุวดี, 2546) เซลล์จะมีช่องว่างลักษณะหลายเหลี่ยมหรือกลม มีส่วนประกอบของน้ำและอากาศอยู่ภายในเซลล์เรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบไม่ว่าจะเป็นแนวยาวหรือแนวขวาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเซลล์ 3±1x4±1 ไมโครเมตร ความยาวแทลลัส 14 ± 4 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 2 ± 0 มิลลิเมตร แทลลัสมีสีเขียวใสหรือสีเหลือง (Reine and Trono, 2001) ภายในเซลล์ประกอบไปด้วย คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คาโรทีนอยด์ (carotenoid) และแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) (พิพัฒน์ และณัฐรินทร์, 2557) สาหร่ายชนิดนี้มีการแพร่กระจายทั่วไปในบริเวณแหล่งน้ำกร่อย ปากแม่น้ำ และบริเวณชายฝั่งทะเลรวมถึงตามพื้นที่น้ำขึ้นน้ำลง (Lobban and Harrison, 1994) สามารถเติบโตได้ดีในน้ำที่ไหลเวียนและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มในช่วงกว้าง (Kamer and Fong, 2000) ปัจจุบันสาหร่ายในสกุล *Ulva* จัดเป็นสาหร่ายทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในหลายประเทศของภูมิภาคเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น นิยมนำมาประกอบอาหาร โดยการนำสาหร่ายผงมาโรยข้าว หรือโรยหน้าอาหารชนิดต่างๆ เพื่อให้เกิดกลิ่นและรสชาติให้น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น (Critchley and Ohno, 1998) ในประเทศมาเลเซีย และฟิลิปปินส์ นิยมนำมารับประทานเป็นผักสลัดและทำแผ่นแห้ง (Reine and Trono, 2001) ส่วนในประเทศไทยนิยมนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ และใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (Chirapart, 2006) โดยสาหร่ายไส้ไก่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีคาร์โบไฮเดรต 35.5 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนอยู่ในระดับ ปานกลาง คือ 12-14 เปอร์เซ็นต์ แต่มีไขมันต่ำ 0.2-1.3 เปอร์เซ็นต์ (Rohani-Ghadikolaei et al., 2011) ดังนั้นจึงได้ศึกษาแนวทางการเลี้ยงที่แบบมวลมากในเชิงพาณิชย์จากรูปแบบของบ่อที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตกลางแจ้งให้ได้มวลมากพอเพื่อใช้ประโยชน์

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือ หัวเชื้อสาหร่ายไส้ไก่

โดยการเตรียมบ่อและน้ำให้สะอาด ทำการเพาะต้นพันธุ์สาหร่าย และทำ ช่อต้นอ่อน (Germling cluster) ในห้องปฏิบัติการจนได้ขนาด 3-5 เซนติเมตร (Hiraoka and Oka, 2008) และ ทำการเก็บหัวเชื้อไว้เพื่อใช้ในรอบอื่นๆ หรือทำการผลิตใหม่

2. ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่เชิงพาณิชย์ในโรงเรือนกลางแจ้ง

นำหัวเชื้อต้นอ่อนสาหร่ายไส้ไก่ที่เป็นช่อต้นอ่อน ที่เพาะเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการที่มีความยาวเริ่มต้นที่ 2.2± 0.6 เซนติเมตร ใช้ความหนาแน่นเริ่มต้น 0.02 กรัม/ลิตร นำมาเลี้ยงในถังพลาสติกสี่เหลี่ยมปริมาตรน้ำ 200 ลิตร และในบ่อซีเมนต์กลมปริมาตรน้ำ 1,000 ลิตร โดยทำการทดลองในปริมาตรน้ำรวมครั้งละ 5 ตัน ที่มีการให้อากาศ โดยให้สาหร่ายแขวนลอย โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 อัตราการใช้ ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/ลิตร เติมทุกๆ สัปดาห์ตลอดการทดลอง (ชนัดดา และคณะ, 2551)

ระหว่างการเพาะเลี้ยง ตรวจสอบการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักเปียก และตรวจสอบคุณภาพน้ำและสภาพแวดล้อมทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม พีเอช ความเป็นด่าง ไนเตรท ฟอสเฟต อัลคาไลน์ และความกระด้าง ตามวิธีของ มั่นสิน (2540) ทุกสัปดาห์หลังการเพาะเลี้ยง 3 สัปดาห์ เก็บมวลชีวภาพของสาหร่าย ไส้ไก่บางส่วนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ตามวิธีของ Lichtenthaler and Wellburn (1985) และคาโรทีนอยด์วิธีของ Foss et al. (1984) (Figure 1)

Figure 1 Type of container to culture *Ulva intestinalis* and the seedling : A. 1000 liters cement tank B. 200 liters plastic tanks C. Germling cluster

ผลการศึกษา

1. การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในภาชนะแตกต่างกัน

1.1 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์

จากการศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่เชิงพาณิชย์ในโรงเรือนกลางแจ้ง โดยทำการเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า สาหร่ายไส้ไก่มีอัตราการเจริญโตเติบสูงที่สุด โดยการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ มีเจริญเติบโตดีที่สุด มีน้ำหนักเพิ่มเป็น 10,262 ± 96.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา เป็นการเลี้ยงในถังพลาสติก พลาสติก มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็น 6,509 ± 216 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (Table 1)

อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในถังพลาสติกและในบ่อซีเมนต์ ซึ่งมีน้ำหนักที่แตกต่างกัน ตลอดระยะการทดลอง 3 สัปดาห์ พบว่า สัปดาห์แรก สาหร่ายไส้ไก่มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพันธ์สูงที่สุดและลดลงในสัปดาห์ที่สองและสามตามลำดับ โดยพบว่า การเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในบ่อซีเมนต์ มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพันธ์ เฉลี่ยสูงที่สุด 47.05 ± 22.45 เปอร์เซ็นต์/วัน ส่วนการเลี้ยงในถังพลาสติก มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพันธ์ เฉลี่ย 38.68 ± 17.26 เปอร์เซ็นต์/วัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (Table 1)

1.2 ความยาวของสาหร่ายไส้ไก่

ความยาวของช่อต้นอ่อนสาหร่ายไส้ไก่ มีความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 2.2±0.59 เซนติเมตร หลังทำการทดลองเลี้ยง 3 สัปดาห์ พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ มีความยาวเฉลี่ยสูงที่สุด 25.60±5.68 เซนติเมตร ส่วนถังพลาสติก มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 19.36±5.64 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (Table 1)

1.3 ปริมาณรงค์วัตถุในสาหร่ายไส้ไก่

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คาโรทีนอยด์ และแซนโทฟิลล์ ในสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในเชิงพาณิชย์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (Table 1)

1.4 คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่

สภาวะแวดล้อมในระบบการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ทั้งสองรูปแบบ ได้แก่ อุณหภูมิ แสง ฟอสเฟต ไนเตรท ความเป็นด่าง ความกระด้าง พีเอช ความเค็ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีเลขนัยสำคัญ (Table 1)

Table 1 Some in the cultured tanks of *Ulva intestinalis* cultured with different after 3 weeks

Sources	Items	Plastic tank (200 l)	Cement tank (1000 l)
Seaweed	Total biomass of 5 tons reservoirs (g)	10012.65[a]	10370.24[a]
	Biomass (g/l)	2002.53±65.03[a]	2074.05±96.67[a]
	Growth rate (%/day)	32.25±1.45[b]	33.49±0.68[b]
	Thallus length (cm)	19.36±5.64[a]	25.60±5.68[b]
	Chlorophyll a (mg/l)	25.352±4.415[a]	29.116±5.531[a]
	Chlorophyll b (mg/l)	26.724±7.437[a]	32.912±8.348[a]
	Carotenoid (mg/l)	6.068±0.979[a]	6.912±0.212[a]
	Carotene (mg/l)	2.772±1.191[a]	1.992±1.259[a]
	Xanthophyll (mg/l)	3.296±0.785[a]	4.921±2.361[a]
Water	Temperature (°C)	26.98±1.62[a]	26.78±0.9[a]
	Light (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	380.25±26.47[a]	380.25±26.47[a]
	Phosphate (mg/l)	0.15±0.02[a]	0.19±0.02[a]
	Nitrate (mg/l)	0.329±0.04[a]	0.324±0.06[a]
	Alkalinity(mg/l)	127.64±2.83[a]	130.62±2.16[a]
	Hardness (mg/l)	2374.56±1.98[a]	2,388.51±4.44[a]
	Salinity (ppt)	20.6±0.4[a]	20.6±0.4[a]
	pH	8.71±0.34[a]	8.55±0.30[a]

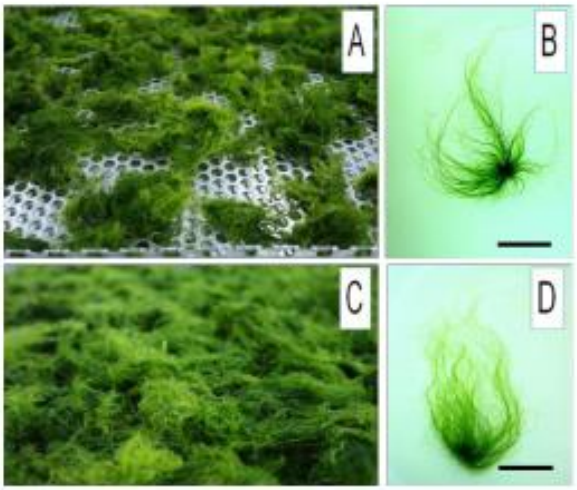


Figure 2 Production of *Ulva intestinalis* after 3 weeks (Scale bar = 5 cm) A. and B. From plastic tank C. and D. From cement tank

สรุปและวิจารณ์

จากการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ในภาชนะสองรูปแบบที่แตกต่างกัน พบว่า สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น แต่สาหร่ายที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในถังพลาสติก คือ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย เท่ากับ 33.5±0.7 และ 32.3±1.5 เปอร์เซ็นต์/วัน ซึ่งสอดคล้องกับ Hiraoka et al. (2004) ที่ได้ทำการเพาะเลี้ยง *Ulva prolifera* ในบ่อซีเมนต์โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยตลอดปี เท่ากับ 37 เปอร์เซ็นต์/วัน แต่การทดลองครั้งนี้โดยได้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยง

สาหร่าย *Ulva rigida* ของ Worasing et al. (2009) ที่ได้ทำ ในบ่อซีเมนต์ เป็นเวลา 21 วัน พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายเพิ่มขึ้นเท่ากับ 98.34+26.07 กรัม หรือผลผลิตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 4.68 + 1.17 กรัม/วัน และการเลี้ยง สาหร่าย *U. rigida* ของ เอนก และคณะ (2558) ที่เลี้ยงในรางไฟเบอร์ซึ่งมีปริมาตรน้ำ 570 ลิตร พบว่า สาหร่ายผัดกาดทะเลสามารถเพิ่มผลผลิตได้ระหว่าง 5.8+2.9 ถึง 7.8+2.8 กรัม/วัน อาจเนื่องมาจากเป็นเพราะสาหร่าย *U. rigida* มีรูปร่างเป็นแผ่น แตกต่างจาก สาหร่ายไส้ไก่ที่มีรูปร่างเป็นเส้นสาย และแขวนลอยในน้ำได้ดีทำให้ไม่บังแสงหรือสามารถหมุนเวียนขึ้นมารับแสง แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ทั้งสองรูปแบบไม่มีความแตกต่าง ดังนั้นระบบปิดกลางแจ้ง ในสองรูปแบบเพื่อการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์สามารถทำการเลี้ยงได้ทั้งสองรูปแบบ ขึ้นอยู่กับการจัดการ ความสะดวกและต้นทุนในการผลิต

เอกสารอ้างอิง

ชนัดดา เกตุมา, ชัชรี แก้วสุรสิงห์, จริยาวดี สุริยพันธุ์, ชลอ ลิ้มสุวรรณ, นิติ ชูเชิด, สาธิต ประเสริฐศรี, เดชานาท ทองพิทักษ์ และประยูร หงส์รัตน์. 2551. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (Factors affecting the growth of gut weed, *Ulva intestinalis* Linnaeus, in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) ponds). น. 200 - 209. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46. 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2551, กรุงเทพฯ.

พิพัฒน์ ชนาเทพาพร ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์. 2557. ความแปรปรวนของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเตา และสาหร่ายลอนในแหล่งน้ำธรรมชาติของจังหวัดเพชรบูรณ์ (The variation of environmental factors affect to the growing of Spirogyra spp. and *Nostochopsis* spp. In natural resources of Phetchabun province.). น. 1-40. ใน: รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์.

มั่นสิน ตัณฑุลเวคม์. 2549. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2546. สาหร่ายวิทยา (Phycology). ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เอนก โสภณ, สมภพ รุ่งสุภา และคมกริช เอี่ยมละออ. 2558. การเพิ่มผลผลิตสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) ในระบบการเลี้ยงด้วยระบบ Nutrient Film Technique (NFT). วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 9(2): 54-61.

Critchley, A.T., and M. Ohno. 1998. Seaweed Resources of the World, Japan International cooperation agency, Yokosuka. pp. 1-15.

Foss, P., T. Storebakken, K. Schiedt, S. Liaaen-Jensen, E. Austreng, and K. Streiff. 1984. Carotenoids in diets for salmonids: I. Pigmentation of rainbow trout with the individual optical isomers of astaxanthin in comparison with canthaxanthin. Aquaculture. 41: 213-226.

Hiraoka, M., and N. Oka. 2007. Tank cultivation of *Ulva prolifera* in deep seawater using a new "germling cluster" method. p. 97 - 102.

Kamer, K., and P. Fong. 2000. A fluctuating salinity regime mitigates the negative effects of reduced salinity on the esturine macrialga, *Ulva* (Enteromorpha) intestinadis. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Department of Organismic Biology, University of California. 254: 53-69.

Lichtenthaler, H.K., and A.R. Wellburn. 1985. Determination of Total Carotenoidsand Chlorophylls A and B of Leaf in Different Solvents. Biochemical Society Transactions. 11: 591-592.

Lobban, C. S., and P. J. Harrison, 1994. Seaweed Ecology and Physiology. Cambridge University Press, Cambridge, London. 358 p.

Reine, P.V., and G.C. Trono. 2001. Plant Resources of Routh-East Asia. Backhuys Publishers, Leiden. pp. 315-318.

Rohani-Ghadikolaei, K., E. Abdulalian, and N.W. Keong. 2011. Evaluation of the Proximate, Fatty Acid and Mineral Composition of Representative Green, Brown and Red Seaweeds from the Persian Gulf of Iran as Potential Food and Feed Resources. Food Scientists and Technologists. 10: 1-7.

Worasing, S., T. Sriveerachai, A. Srianant, and P. Wongkang. 2009. Morphology, cultivation and utilization of sea lettuce seaweed *Ulva rigida* C. Agardh, 1823. Extension paper No. 1/2009. Trat Coastal Aquaculture Station, Coastal Fisheries Research and Development Bureau, Department of Fisheries.