ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การประมง — **สาขา**

ชีววิทยาประมง — **ภาควิชา**

เรื่อง การปล่อยสปอร์และการเจริญของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus)

Spore Releasing and Growth of Gut Weed, (*Ulva intestinalis* Linnaeus)

นามผู้วิจัย นางสาวทิพวรรณ ไกรวิลาศ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ชัชรี แก้วสุรลิขิต, M.S.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ วีระไวทยะ, M.Sc.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การปล่อยสปอร์และการเจริญของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus)

Spore Releasing and Growth of Gut Weed, (*Ulva intestinalis* Linnaeus)

โดย

นางสาวทิพวรรณ ไกรวิลาศ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)
พ.ศ. 2552

ทิพวรรณ ไกรวิลาศ 2552: การปล่อยสปอร์และการเจริญของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชัชรี แก้วสุรลิขิต, M.S. 83 หน้า

การศึกษาการปล่อยสปอร์และการเจริญของสาหร่ายไส้ไก่ ด้วยการกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่าย โดยใช้ปัจจัย 3 ประการได้แก่ ความเค็มน้ำ การผึ่งแห้ง และการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มร่วมกับการผึ่งแห้ง โดยนำสาหร่ายไส้ไก่ปริมาณ 5 กรัม ลงเลี้ยงในตู้กระจกที่มีแผ่นพลาสติกใสรองรับสปอร์ที่พื้นตู้ ปริมาตรน้ำ 3 ลิตร เก็บแผ่นพลาสติกเพื่อนับจำนวนสปอร์ที่ถูกปล่อยออกมาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ทุก 3 ชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ระดับความเค็มที่ใช้ในผลการศึกษาการชักนำของความเค็มต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 psu ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ พบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มของน้ำที่สูงขึ้น ทำให้สาหร่ายไส้ไก่ปล่อยสปอร์ได้มากขึ้น โดยมีปริมาณสปอร์รวมสูงสุดที่ระดับความเค็ม 40 psu เท่ากับ1,881 เซลล์/กรัม/วัน แต่จำนวนสปอร์รวมที่ได้ ไม่มีความแตกต่างกับการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มที่ 25, 30 และ 35 psu อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาผลของการผึ่งแห้งที่ระยะเวลาแตกต่างกัน 0, 15, 30, 45 และ 60 นาที ที่มีผลต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ พบว่า สาหร่ายที่ผ่านการผึ่งแห้ง ที่ระยะเวลาผึ่งแห้ง 30 นาที ให้จำนวนสปอร์รวมตลอดการทดลองมากที่สุดเท่ากับ 4,880 เซลล์/กรัม/วัน และจำนวนสปอร์รวมที่ได้ ไม่มีความแตกต่างกับการผึ่งแห้ง 15 และ 45 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาผลการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ด้วยการชักนำของการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มน้ำร่วมกับการผึ่งแห้งสาหร่าย พบว่า การเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มน้ำจาก 13 เป็น 15 psu ร่วมกับการผึ่งแห้ง 30 นาที ชักนำให้สาหร่ายปล่อยสปอร์ได้สูงสุด เท่ากับ 3,309 เซลล์/กรัม/วัน สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยทุกๆปัจจัยในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีลักษณะเป็นเซลล์ปกติที่มีความสมบูรณ์ สปอร์ที่อายุ 1 วัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 8-10 ไมโครเมตร ในช่วงแรกสีของสปอร์ค่อนข้างใสสังเกตได้ยาก และสีจะค่อยๆเข้มขึ้นจนสามารถมองเห็นได้ชัดเจนขึ้นภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง ภายใน 3 วัน มีการแบ่งเซลล์และพัฒนาเป็นต้นอ่อน (young thallus) มีขนาดประมาณ 120-150 ไมโครเมตร ภายในระยะเวลาประมาณ 30 วัน จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า สาหร่ายไส้ไก่ที่ผ่านการผึ่งแห้ง 15-45 นาที เป็นวิธีที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการกระตุ้นการขยายพันธุ์ โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ร่วมกับการเลี้ยงกุ้ง

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Tippawan Kraivilas 2009: Spore Releasing and Growth of Gut Weed, (*Ulva intestinalis* Linnaeus). Master of Science (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Associate Professor Chatcharee Keawsuralikhit, M.S. 83 pages.

This study on spore releasing of gut weed (*Ulva intestinalis* Linnaeus) was done by using three factors for stimulation of spore releasing. They were salinity, desiccation and combination of salinity and desiccation. Five grams of gut weed were stimulated for spore releasing in a 3-liter glass tank with plastic plates at the bottom. The plastic plates were collected and the released spores were counted under a microscope every 3 hours for 24 hours. In the salinity experiment, the salinity was varied at 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, and 40 psu. The highest number of total spores released was 1,880 cells/ g /day at 40 psu with no significant difference ($P \geq 0.05$) from 25, 30 and 35 psu. In the desiccation experiment; 0, 15, 30, 45, and 60 min of desiccation periods were used. At 30 min of desiccation, the gut weed released the highest number of total spores which was 4,880 cells/ g /day with no significant difference ($P \geq 0.05$) from 15 and 45 min of desiccation. In the combination experiment, the salinity at 15 psu and 30 min of desiccation showed the highest number of total spores which was 3,309 cells/ g/ day. The spores of gut weed were cultured for studying its growth. The one-day-old spore was 8-10μm in diameter and translucent. Then, it became greener under microscope condition. Within 3 days, cell division occurred and the spore developed into a young thallus which was 120-150 μm in length within 30 days.

_____ _____ ___ / ___ / ____

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ชัชรี แก้วสุรลิขิต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ซึ่งให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ มัทนา แสงจินดาวงษ์ ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณ อาจารย์ดร. อัจฉรี เรืองเดช ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกสถาบัน ที่ให้การสนับสนุนการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณสหกรณ์กลุ่มผู้เพาะเลี้ยงกุ้งเอกชนลุ่มน้ำปราณบุรี- สามร้อยยอด คุณเดชา บรรลือเดช ผู้ให้การอนุเคราะห์สาหร่ายไส้ไก่ที่ใช้ในการวิจัย และความช่วยเหลือด้านต่างๆ ตลอดการวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้อง ๆในศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทุกคน โดยเฉพาะผู้วาดภาพประกอบการทำเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำหรับมิตรภาพ กำลังใจ และน้ำใจอันมีค่ายิ่ง ในความช่วยเหลือทุกๆ ด้านของการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอน้อมระลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา และพี่ชาย สำหรับความรัก ความเข้าใจ และกำลังใจซึ่งไร้เงื่อนไข ที่ส่งเสริมและสนับสนุนข้าพเจ้าตลอดมา

ทิพวรรณ ไกรวิลาศ

เมษายน 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	18
ผลการศึกษาและวิจารณ์	26
สรุป	72
ข้อเสนอแนะ	74
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	75
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	83

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อัตราการปล่อยสปอร์และจำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่กระตุ้นด้วยความเค็มระดับต่างๆ	31
2	อัตราการปล่อยสปอร์และจำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ผ่านการผึ่งแห้งด้วยเวลาต่างๆ	38
3	อัตราการปล่อยสปอร์และจำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 15 นาที	44
4	อัตราการปล่อยสปอร์และจำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 30 นาที	50
5	อัตราการปล่อยสปอร์และจำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 45 นาที	56
6	อัตราการปล่อยสปอร์และจำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 60 นาที	63
7	คุณสมบัติของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่	71

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*)	4
2	วงจรชีวิตของสาหร่ายไส้ไก่	6
3	ลักษณะของสาหร่ายไส้ไก่ที่นำมาใช้ในการศึกษา	18
4	ลักษณะเซลล์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่นำมาใช้ในการกระตุ้นการปล่อยสปอร์	19
5	สาหร่ายไส้ไก่ขณะผึ่งแห้ง	20
6	ชุดการทดลองการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ผึ่งแห้งที่ระยะเวลาแตกต่างกัน	21
7	การวางแผนศึกษาการปล่อยสปอร์โดยการผึ่งแห้งของสาหร่ายไส้ไก่ที่ระยะเวลาต่างๆ	22
8	การวางแผนศึกษาการปล่อยสปอร์โดยการผึ่งแห้งร่วมกับความเค็มของสาหร่ายไส้ไก่ที่ระยะเวลาต่างๆ	23
9	จำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่กระตุ้นด้วยความเค็มระดับต่างๆ	32
10	อัตราการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่กระตุ้นด้วยความเค็มระดับต่างๆ	32
11	จำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ผ่านการผึ่งแห้งด้วยเวลาต่างๆ	39
12	อัตราการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ผ่านการผึ่งแห้งด้วยเวลาต่างๆ	39
13	จำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 15 นาที	45
14	อัตราการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 15 นาที	45
15	จำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 30 นาที	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	การปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 30 นาที	51
17	จำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 45 นาที	57
18	อัตราการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 45 นาที	57
19	จำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 60 นาที	64
20	อัตราการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 60 นาที	64
21	ต้นอ่อนของสาหร่ายไส้ไก่อายุ 1 วัน	65
22	ต้นอ่อนของสาหร่ายไส้ไก่ อายุ 3 วัน	65
23	ต้นอ่อนของสาหร่ายไส้ไก่ อายุ 7 วัน	66
24	ต้นอ่อนของสาหร่ายไส้ไก่ อายุ 14 วัน	66
25	ต้อนอ่อนของสาหร่ายไส้ไก่ อายุ 20 วัน	67
26	ต้นอ่อนของสาหร่ายไส้ไก่ อายุ 30 วัน	68
27	การพัฒนาของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*)	70

การปล่อยสปอร์และการเจริญของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus)

Spore Releasing and Growth of Gut Weed, (*Ulva intestinalis* Linnaeus)

คำนำ

มนุษย์ได้นำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์เป็นเวลาหลายศตวรรษ ในปัจจุบันแหล่งที่มาของสาหร่ายนอกจากในธรรมชาติแล้ว ยังมีสาหร่ายหลายชนิดที่มีการเพาะเลี้ยงเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ อาทิ ใช้เป็นอาหารของมนุษย์ ใช้เป็นอาหารสัตว์ ผลิตเครื่องสำอาง ยา เคมีภัณฑ์ และผลิตปุ๋ย เป็นต้น นอกจากนี้สาหร่ายยังเป็นวัตถุดิบในการศึกษาวิจัยและพัฒนาทางเทคโนโลยีชีวภาพต่างๆ หลายประเภท ชาวเอเชียได้นำสาหร่ายหลายชนิดมาบริโภคเป็นอาหาร หรือใช้เป็นอาหารสัตว์ ได้แก่ สายใบ (จีฉ่าย, Nori: *Porphyra* spp.), Kombu (*Laminaria* spp.), Wakame (*Undaria pinnatifida*), Hiziki (*Hizikia fusiformis*) และAonori (*Monostroma* spp. และ *Enteromorpha* spp.) (Chapman and Chapman, 1980) ปัจจุบันสาหร่ายที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจหลายชนิดในธรรมชาติมีปริมาณลดลงอย่างมาก ในขณะที่การเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์สาหร่ายยังไม่เพียงพอต่อความต้องการสำหรับทุกๆด้าน ฉะนั้นการเพิ่มปริมาณการเพาะเลี้ยงหรือส่งเสริมการขยายพันธุ์สาหร่ายในบางชนิดจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในปัจจุบัน เนื่องจากหากไม่พัฒนาการเพิ่มการขยายพันธุ์ของสาหร่าย ในอนาคตอาจทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนสาหร่าย หรือเกิดการสูญพันธุ์ของสาหร่ายในธรรมชาติ

สำหรับประเทศไทย เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งได้หาแนวทางการเลี้ยงที่สามารถลดต้นทุนการผลิต โดยมีการพัฒนาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) ซึ่งพบว่า กุ้งกุลาดำมีอัตราการรอดตาย การเจริญเติบโต และผลผลิตดีกว่าบ่อที่ไม่มีสาหร่ายไส้ไก่ ในอัตราการปล่อยลูกกุ้งที่มีความหนาแน่นเท่ากัน ทำให้ประหยัดค่าอาหารได้ เนื่องจากในระยะแรกลูกกุ้งได้รับอาหารธรรมชาติ ซึ่งมีเป็นจำนวนมากภายในบ่อที่มีสาหร่ายไส้ไก่ ทำให้ต้นทุนในการผลิตจึงลดลงกว่าวิธีการเลี้ยงโดยไม่มีสาหร่ายไส้ไก่ (ประยูร และคณะ, 2549; ชนัดดา และคณะ, 2551; จริยาวดี และคณะ, 2551) จากแนวทางนี้ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง สนใจการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ หรือกุ้งขาวแวนนาไม (*Liptopenaeus vannamei*) ร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่แพร่หลายมากยิ่งขึ้น แต่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งจำนวนมาก สับสนระหว่างสาหร่ายไส้ไก่กับสาหร่ายชนิดอื่นที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้ง ทำให้การเลี้ยงกุ้งไม่ได้ผลตามที่ต้องการ เนื่องจากภายในบ่อมีสาหร่ายไส้ไก่เพียงเล็กน้อย แต่มีสาหร่ายชนิดอื่นที่คล้ายกันเป็นจำนวนมาก เกษตรกรมักจะใช้การนำสาหร่ายไส้ไก่ไปเพาะ

ขยายพันธุ์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง จนกระทั่งสาหร่ายเพิ่มปริมาณมาก จึงจะปล่อยลูกกุ้ง วิธีนี้ทำให้ต้องใช้ปริมาณสาหร่ายเป็นจำนวนมาก และไม่สะดวกต่อเกษตรกร ที่จะนำไปเพาะขยายให้ได้ปริมาณมาก จึงควรศึกษาหาวิธีขยายพันธุ์สาหร่ายชนิดนี้ เพื่อทำให้การเลี้ยงกุ้งร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากเป็นการลดปริมาณการเก็บสาหร่ายในธรรมชาติแล้ว ยังจะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนต้นพันธุ์ของสาหร่ายให้กับเกษตรกร ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อหาวิธีการขยายพันธุ์ โดยการชักนำสาหร่ายให้ปล่อยสปอร์และเจริญขึ้นด้วยปัจจัยบางประการ ที่สาหร่ายใช้ในการเจริญเติบโต ผลการศึกษาครั้งนี้จะมีความสำคัญต่อการพัฒนาการผลิตสาหร่ายให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับการใช้ประโยชน์ และส่งเสริมการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อแจกจ่ายให้แก่เกษตรกรโดยที่สนใจต้องการเลี้ยงกุ้งร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ รวมถึงการผลิตสาหร่ายเพื่อใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยชักนำบางประการที่ช่วยให้สาหร่ายไส้ไก่ปล่อยสปอร์

2. เพื่อศึกษาการพัฒนาของต้นอ่อนสาหร่ายที่ได้จากการชักนำให้สาหร่ายปล่อยสปอร์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงวิธีขยายพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่เพื่อส่งเสริมการเลี้ยงกุ้งร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่

2. สนับสนุนการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อแจกจ่ายให้แก่เกษตรกร

3. ส่งเสริมการลดปริมาณการเก็บสาหร่ายในธรรมชาติ และช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนต้นพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ให้กับเกษตรกร

การตรวจเอกสาร

สาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus หรือ *Enteromorpha intestinalis* Linnaeus) Nees เป็นสาหร่ายสีเขียวขนาดใหญ่ มีการจัดลำดับทางอนุกรมวิธาน ดังนี้

Division: Chlorophyta

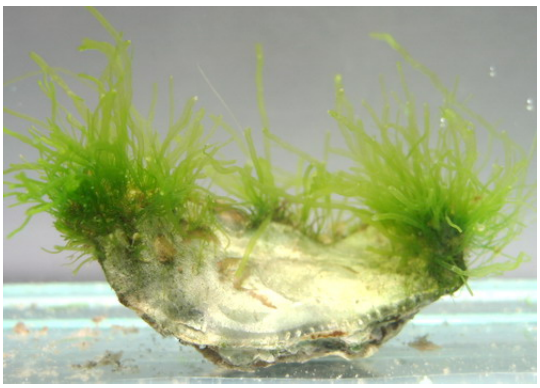
Class: Chlorophycales

Order: Ulvales

Family: Ulvaceae

Genus: *Ulva*

Species: *Ulva intestinalis* Linnaeus, 1753 (ภาพที่ 1)

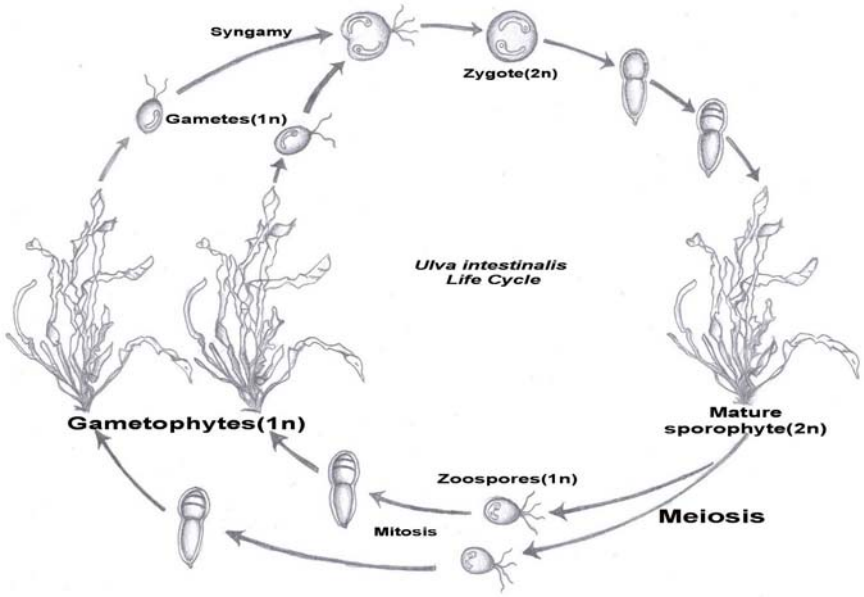


ภาพที่ 1 สาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*)

สาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* มีชื่อเดิมคือสาหร่าย *Enteromorpha intestinalis* สาเหตุที่ทำให้สาหร่ายในสกุล *Enteromorpha* เปลี่ยนมาใช้ชื่อสกุล *Ulva* นั้น เนื่องมาจากในการศึกษาของ Hayden *et al*. (2003) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 2 สกุล โดยเลี้ยงแบบปลอดเชื้อจากแบคทีเรีย (axenic culture) พบว่ามีความเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายทั้ง 2 สกุลเหมือนกัน โดย *Ulva* และ *Enteromorpha* ถูกนำมาจำแนกชนิดด้วย DNA โดยวิธี ITSnrDNA (internal transcribed spacer ribosomal DNA) และวิธี chloroplast-encoded *rbcL* gene หา RUBISCO (ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase) ผลปรากฏว่า ลักษณะทางพันธุกรรมของสาหร่ายทั้ง 2 สกุล มีลักษณะที่เหมือนกัน และไม่มีความแตกต่างกันในด้านวิวัฒนาการ ดังนั้นจึงทำให้เปลี่ยนมาใช้ชื่อ *Ulva intestinalis* เนื่องจากสกุล *Ulva* เป็นชื่อที่ถูกตั้งขึ้นก่อนสกุล *Enteromorpha*

ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายไส้ไก่

ทัลลัส (thallus) ของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*) สูงประมาณ 12 เซนติเมตร โดยมีรากเล็กๆยึดเกาะส่วนโคนแคบและขยายตอนบน มีสีเขียวเหลืองถึงเขียวเข้ม (Lewmanomont and Ogawa, 1995) สาหร่ายชนิดนี้ไม่แตกแขนง แต่เซลล์บริเวณโคนที่ยึดติดกับพื้น อาจพบการแตกแขนงได้ ขนาดของสาหร่ายสามารถยาวได้ถึง 50 เซนติเมตร ขึ้นกับแต่และพื้นที่ที่สาหร่ายเจริญอยู่ ลักษณะของสาหร่ายมีหลอดกลวงเป็นช่องโหว่ในแกนกลาง ขนาดของช่องประมาณ 1-2 เซนติเมตร และสาหร่ายมีความกว้างประมาณ 1-4 เซนติเมตร ช่องโหว่ในแกนกลางที่พองออกอาจพบในบางส่วนหรือพบได้ตลอดทั้งทัลลัสของสาหร่าย เส้นผ่านศูนย์กลางในบางช่วงจึงมีขนาดน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ลักษณะเซลล์โดยทั่วไป จัดเรียงไม่เป็นระเบียบตามแนวยาวของทัลลัส ขนาดของเซลล์กว้างและยาวประมาณ 12-20 ไมโครเมตร แต่ละเซลล์จะมี 1 ไพรีนอยด์ (pyrenoid) พบการแพร่กระจายได้ในเขตอบอุ่น และเขตร้อน ทั่วโลก ทั้งในน้ำกร่อย และน้ำทะเล แหล่งที่พบเช่น คลอง บ่อน้ำ แนวโขดหิน หรือหลุดลอยอยู่เหนือผิวน้ำ เป็นต้น (Abbott, 2004) นอกจากนี้กาญจนภาชน์ (2527) และยุวดี (2546) ได้อธิบายลักษณะของสาหร่ายสกุลนี้ไว้ว่า ทัลลัสเป็นหลอดกลวงคล้ายไส้ไก่ มีความหนา 1 ชั้นเซลล์ มีส่วนคล้ายรากยึดเกาะ (rhizoid) และเมื่อทัลลัสอายุมากขึ้น อาจหลุดลอยขึ้นมาตามผิวน้ำ และลอยเป็นอิสระ เมื่องอกเป็นทัลลัสใหม่ๆมีลักษณะเป็นเส้นสายที่เซลล์เรียงต่อกันเป็นแถวเดียว (uniseriate) เมื่อมีการแบ่งเซลล์จะได้เป็นเซลล์เส้นสายหลายแถว (pluriseriate) และมีความหนา 2 ชั้นของเซลล์ ซึ่งต่อมาเซลล์ทั้ง 2 ชั้นนี้จะแยกออกจากกัน จึงเกิดเป็นหลอดกลวงตรงกลาง สาหร่ายในสกุลนี้ มีวงจรชีวิตแบบ isomorphic diplohaplontic โดยต้น sporophyte จะสร้าง ซูโอสปอร์ (zoospore) ที่มีหนวด 4 เส้น และเซลล์สืบพันธุ์ (gamete) ที่มีหนวด 2 เส้น การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส (meiosis) จะเกิดขึ้นในช่วงการสร้างสปอร์ และจะมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการสร้างสปอร์ที่มีหนวด 2 หรือ 4 เส้น บางครั้งอาจพบการสืบพันธุ์แบบพาร์ทีโนเจเนซิส (parthenogenesis) จากเซลล์สืบพันธุ์ทั้ง 2 เพศ โดยสามารถงอกเป็นทัลลัสใหม่ได้ ทั้งที่ไม่ได้ผสมกัน Ohno and Critchley (1993) พบว่าวงจรชีวิตของสาหร่ายจะใช้ระยะเวลาเพียงช่วงสั้นๆ ในการเจริญเติบโต โดยขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมและฤดูกาล (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 วงจรชีวิตของสาหร่ายไส้ไก่

สาหร่ายไส้ไก่มักเจริญเติบโตอยู่บริเวณแนวหิน หรือชายหาดในระดับน้ำขึ้นน้ำลง สามารถขึ้นได้บนแหล่งที่อยู่ลักษณะต่างๆเช่น บนก้อนหิน แนวโขดหิน เปลือกหอย พื้นทราย พื้นโคลนหรือโคลนปนทราย ในน้ำกร่อย ในแอ่งน้ำบริเวณแนวดินโคลนปากแม่น้ำ หรืออยู่ในแอ่งน้ำที่ถูกกำบังไว้ สาหร่ายเริ่มเจริญเติบโตในช่วงปลายฤดูหนาว และเมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนมักพบการแพร่กระจายจนเต็มพื้นที่อย่างหนาแน่น พบได้ทั้งในเขตร้อน เขตอบอุ่น และเขตหนาว ทนต่อความเค็มได้ในช่วงกว้าง จึงพบการแพร่กระจายได้ในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทั่วโลก (Waaland, 1977) การเจริญเติบโตของสาหร่าย ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น เมื่อฝนตก น้ำจืดก็จะไหลลงสู่แหล่งน้ำที่บริเวณปากแม่น้ำ ทำให้ระดับน้ำสูงขึ้น และระดับความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้การเจริญเติบโต รวมทั้งสีและลักษณะของสาหร่าย เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยปกติสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูร้อน ความเค็มที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 24-30 practical salinity unit (psu) และเจริญได้ดีในที่ที่มีออกซิเจนสูง สามารถทนต่อการผึ่งแห้งในขณะน้ำลงได้ (Ohno and Critchley, 1993) สาหร่ายชนิดนี้เจริญเติบโตได้ดีในน้ำทะเลที่มีธาตุอาหารสูง หรือมีธาตุอาหารไหลเวียนตลอดเวลา (Fong *et al*., 2004) โดยมีแสงและปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำ เป็นตัวแปรที่สำคัญที่สามารถจำกัดการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Duke *et al*., 1986)

การนำสาหร่ายไส้ไก่มาใช้ประโยชน์

สาหร่ายไส้ไก่เป็นสาหร่ายมีปริมาณสารอาหารที่เหมาะสมต่อการบริโภค และนำมาใช้ประโยชน์ จากการศึกษาของ Chapman (1980) อ้างโดย ณิฏฐารัตน์ และเยาวลักษณ์ (2529) พบว่า สาหร่ายสกุลนี้มีน้ำ13.6 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 12.4 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 53.0 เปอร์เซ็นต์ เส้นใย 10.6เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 10.4 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาของ Moralesa *et al.* (2005) พบว่า สาหร่ายสกุลนี้ประกอบด้วย โปรตีน 9-14 เปอร์เซ็นต์ อีเทอร์ 2-3.6เปอร์เซ็นต์ เถ้า 32-36 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมัน n-3 และกรดไขมัน n-6 10.4 และ 10.9 กรัมต่อ100กรัม ของกรดไขมันทั้งหมด โดยโปรตีนจากสาหร่ายชนิดนี้สามารถย่อยได้มากถึง 98% และไม่พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียเกินมาตรฐาน ไม่มีการสร้างสารที่เป็นพิษ จึงมีความเหมาะสมที่ใช้ในการบริโภคสำหรับมนุษย์ นอกจากนี้ Wheeler and Björnsäter (1992) รายงานว่าไนโตรเจนในสาหร่าย *U. intestinalis* มีปริมาณ 2.0-5.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งซึ่งเป็นปริมาณไนโตรเจนที่สูงเหมาะแก่การนำมาใช้ประโยชน์ และจากการศึกษาของ Ohno and Critchley (1993) ในการเลี้ยงแบบธรรมชาติ พบว่า สาหร่ายไส้ไก่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ระหว่าง 10.29-11.75 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นปริมาณสูงสำหรับสาหร่ายขนาดใหญ่

ดังนั้นจึงมีการนำสาหร่ายสกุลนี้มาใช้ประโยชน์หลายด้านเช่น ในประเทศญี่ปุ่น เกาหลี อินเดีย และอินโดนีเซีย มีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายชนิดนี้บนเส้นเชือกเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหารเนื่องจากมีกรดอะมิโนอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้สารสกัดจากสาหร่ายยังมีคุณสมบัติทางการแพทย์โดยเป็นยาปฏิชีวนะ สารต้านแบคทีเรีย ราและเนื้องอก (Critchley and Ohno, 1998) เนื่องจากสาหร่ายไส้ไก่มีส่วนประกอบที่มีประโยชน์หลายประการ เช่น แร่ธาตุ โปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็น กรดไขมันที่จำเป็น และไฟเบอร์ ในหลายประเทศ เช่น จีน อเมริกา ฝรั่งเศส และชิลี มีการนำสาหร่ายชนิดนี้มาใช้ในการเตรียม aonori ซึ่งประกอบอยู่ในอาหารจานเดียวประเภทต่างๆ เช่น สลัด ซุป คุกกี้ อาหารจำพวกเนื้อสัตว์ และเครื่องปรุงต่างๆ (Moralesa *et al*., 2005) และสาหร่ายไส้ไก่ยังมีการนำมาใช้ในการเลี้ยงร่วมกับตัวอ่อนของสัตว์น้ำเพื่อใช้เป็นที่ยึดเกาะของตัวอ่อน (Wennhage and Pihl, 1994) รวมถึงการนำมาทำอาหารให้แก่สัตว์น้ำ เช่น ลูกหอย ซึ่งจากการศึกษาของ Olivier *et al.* (1997) ทำการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ร่วมกับลูกหอย พบว่า ลูกหอยกินสาหร่ายไส้ไก่เป็นอาหารได้ดีกว่าสาหร่ายหรือพืชน้ำชนิดอื่น

นอกจากนี้สาหร่ายในสกุล *Enteromorpha* ยังใช้เป็นปุ๋ยสำหรับพืชได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีปริมาณโพแทสเซียมและไนโตรเจนสูงมาก แร่ธาตุเหล่านี้มีส่วนเร่งการเจริญเติบโตของพืช จึงช่วยให้พืชได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตอย่างพอเพียง ปุ๋ยจากสาหร่ายจะถูกนำมาใช้ในรูปของปุ๋ยสดหรือแห้ง โดยฝังลงในดินก่อนปลูกพืช หรือใส่ลงอีกครั้งเมื่อพืชงอกเป็นต้นกล้า ซึ่งพบได้ในหลายประเทศ เช่น ไอซ์แลนด์ สกอตแลนด์ อังกฤษ สหรัฐอเมริกา และนิวซีแลนด์เป็นต้น (ณิฏฐารัตน์ และเยาวลักษณ์, 2529) และสาหร่ายไส้ไก่ยังสามารถช่วยดักจับตะกอนในแหล่งน้ำให้ลดต่ำลง อีกทั้งมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้กับแหล่งน้ำ (Boyer and Fong, 2005)

ปัจจุบันเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงกุ้ง ได้นำสาหร่ายไส้ไก่มาเลี้ยงแบบผสมผสาน ร่วมกับการเลี้ยงกุ้งทะเล ตามวิธีของสุรีรัตน์ฟาร์ม โดยคุณประยูร หงส์รัตน์ ที่พบว่า การปลูกสาหร่ายไส้ไก่ในบ่อเพาะเลี้ยง ให้ปกคลุมพื้นที่บ่อประมาณ 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการปล่อยลูกกุ้ง เป็นการสร้างแหล่งอาหารธรรมชาติที่สมบูรณ์ให้กับลูกกุ้ง ทำให้ในช่วงแรกของการเลี้ยงไม่ต้องให้อาหารเม็ดแก่ลูกกุ้งไปจนกว่าสาหร่ายจะลดปริมาณลงและหมดไป ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 60 วัน จึงเป็นการลดต้นทุนในการผลิตสำหรับค่าอาหารเม็ด และไม่มีของเสียสะสมในบ่อ อีกทั้งช่วยลดต้นทุนค่าพลังงานในการใช้เครื่องให้อากาศด้วย (ประยูร และคณะ, 2549) จากแนวทางการเลี้ยงของสุรีรัตน์ฟาร์ม จริยาวดี (2551) ได้ศึกษาเกี่ยวกับสัตว์หน้าดิน แพลงก์ตอน และสิ่งมีชีวิตอิงอาศัยในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ พบว่า ปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบปกติ มีปริมาณมากกว่าในบ่อที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ แต่ปริมาณสัตว์หน้าดินในบ่อที่เลี้ยงร่วมกับสาหร่าย มีปริมาณมากกว่าในบ่อปกติ โดยเฉพาะหอยสองฝา จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ เมื่อปริมาณสาหร่ายไส้ไก่มีมาก ปริมาณหอยสองฝาก็จะมากด้วย นอกจากนี้บนทัลลัสของสาหร่ายไส้ไก่ ยังพบสิ่งมีชีวิตอิงอาศัยเป็นพืช 3 Division และสัตว์อิงอาศัย 5 Phylum เมื่อศึกษาองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหาร และลำไส้ของกุ้งกุลาดำในบ่อที่มีสาหร่ายไส้ไก่ พบเศษสาหร่ายไส้ไก่ และแพลงก์ตอนพืชชนิดต่างๆ เป็นองค์ประกอบของอาหารอยู่ภายใน แต่สาหร่ายไส้ไก่ ไม่ได้เป็นอาหารกลุ่มหลักของกุ้งกุลาดำในบ่อ เนื่องจากมวลชีวภาพของสาหร่ายที่ลดลงพียงเล็กน้อย หลังจากปล่อยลูกกุ้งกุลาดำลงเลี้ยง เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตของกุ้งกุลาดำ ในบ่อที่เลี้ยงร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ พบว่ากุ้งกุลาดำที่เลี้ยงร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ มีอัตรารอดมากกว่า ทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยวิธีปกติ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และการปล่อยสปอร์ของสาหร่าย

ปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมหลายอย่างที่มีผลต่อการงอก การปล่อยสปอร์และการเจริญเติบโตของสปอร์ของสาหร่าย อาทิ ปริมาณความเข้มแสง อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ธาตุอาหาร และความเค็ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความเข้มแสง

แสงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย ความเข้มแสงในน้ำขึ้นกับ สถานที่ ฤดูกาล เวลาในรอบวัน ระดับความลึกของน้ำ สี ความขุ่น และปริมาณเกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำ (Trainor, 1978) ความต้องการปริมาณแสงของสาหร่ายแต่ละชนิดแตกต่างกัน การได้รับปริมาณแสงสูงหรือต่ำเกินไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย หรือทำให้เซลล์ของสาหร่ายได้รับความเสียหาย จากการศึกษาของ Friedlander and Dawes (1984) พบว่าความเข้มแสงที่มีค่ามากกว่า 1,480 ft. C. (ฟุต/แรงเทียน หรือประมาณ 21 μ $Em^{-2}s^{-1}$) จะยับยั้งการเจริญของรากยึดเกาะหรือไรซอยด์ในไซโกต(zygote) ของ *Ascophylum nodosum* ดังนั้น สาหร่ายแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีความเข้มแสงเหมาะสมกับสาหร่ายชนิดนั้นๆ และ Kim (1970) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของสาหร่ายสกุล *Gracilaria* พบว่า แสงสว่าง มีผลในการพัฒนาของคาร์โปสปอร์ (carpospore) และความเข้มแสงที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 700-5,000 ลักซ์

สำหรับสาหร่ายสกุล *Enteromorpha* แสงมีผลต่อการลงเกาะของสปอร์ เนื่องจากแสงมีผลในทางบวกให้กับซูโอสปอร์ของสาหร่ายสกุลนี้ ทำให้สปอร์ใช้เวลาในลักษณะการล่องลอยเป็นแพลงก์ตอนนานและจมลงช้ามาก ต่างจากสาหร่ายบางชนิดที่แสงมีผลในทางลบกับสปอร์ ดังนั้นสปอร์จึงออกห่างจากบริเวณที่มีแสงแล้วค่อยลงเกาะกับพื้นผิว เช่นสาหร่ายในสกุล *Monostroma* ดังนั้นในธรรมชาติจึงมักพบสาหร่ายสกุลนี้เจริญเติบโตอยู่ต่ำกว่าเขตน้ำขึ้นน้ำลง ส่สาหร่ายที่มีปัจจัยแสงเป็นผลดีต่อสปอร์ก็มักเจริญอยู่ในแนวน้ำขึ้นน้ำลง(Lobban and Harrison, 1994) สปอร์ของสาหร่าย *Ulva conglobata* มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ สามารถลงเกาะพื้นผิวได้ภายใต้ความเข้มแสงตั้งแต่ 0 - 3000 ลักซ์ และมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของสปอร์ สามารถงอกภายใต้ความเข้มแสง 1000 - 3000 ลักซ์ แต่อัตราการงอกจะลดน้อยลงภายใต้ความเข้มแสงที่ต่ำกว่า 500 ลักซ์ และสปอร์จะไม่สามารถงอกได้เลยที่ความเข้มแสง 0 ลักซ์ (Hattori and Shizuri, 1996)

2. ค่าความเป็นกรดเบส หรือ พีเอช (pH)

ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำเป็นการวัดปริมาณของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่มีอยู่ในน้ำ ตามปกติการแตกตัวของน้ำเป็นดังนี้ (นิคม, 2546)

$$H_20 \longrightarrow H^+ + OH^-$$

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างในน้ำจะถูกควบคุมโดยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และปริมาณไอออนที่มีอยู่ในน้ำซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งกลางวันกลางคืน เนื่องจากในเวลากลางวัน มีแสงแดดแพลงก์ตอนใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสังเคราะห์แสง ทำให้ความเป็นกรดด่างสูงขึ้น และค่อยๆลดลงในเวลากลางคืน จนถึงตอนเช้ามืด จากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Boyd, 1982) ความเป็นกรดด่างมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ เนื่องจากมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำตัวอื่นๆ เช่นมีผลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ พีเอชที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 7.5-8.5 (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) เนื่องจากเป็นช่วงที่คุณสมบัติของน้ำตัวอื่นๆ ไม่เป็นพิษ กล่าวคือ ถ้าความเป็นกรดด่างสูงความเป็นพิษของแอมโมเนียสูง ถ้าพีเอชต่ำแอมโมเนียจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน ซึ่งมีความเป็นพิษน้อย แต่จะทำให้ความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงขึ้น (สิริ, 2546) สาหร่ายแต่ละชนิดต้องการค่าความเป็นกรดด่างในระดับที่แตกต่างกัน บางชนิดมีความทนทานต่อสภาวะแหล่งน้ำที่เป็นกรดจึงสามารถเจริญเติบโตได้ดี แต่โดยทั่วไปสาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีสภาพเป็นเบส (ลัดดา, 2539) ซึ่งทำให้น้ำมีระดับแอมโมเนียสูง (Cohen and Fong, 2004) และจากการที่สาหร่ายสามารถใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน ที่อยู่ในรูปของแอมโนเนียได้ดีที่สุด เมื่อมีระดับแอมโมเนียสูง การเจริญเติบโตและการแพร่กระจาย ของสาหร่ายในบริเวณนั้นก็จะสูงด้วย

3. อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยมีผลต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการละลายน้ำของก๊าซออกซิเจน (รุ่งนภา, 2543) สาหร่ายแต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิในการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติ จะแปรผันตามอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับฤดูกาล สภาพภูมิประเทศ กระแสลม ความลึกของระดับน้ำ ปริมาณสารแขวนลอยหรือความขุ่นของน้ำ และความเข้มแสง (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528) Kim (1970) พบว่า อุณหภูมิจะแปรผันตามความเข้มแสง โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการพัฒนาของคาร์โปสปอร์ (carpospore) และเตตราสปอร์ (tetraspore) ของสาหร่ายสกุล *Gracilaria* อยู่ที่ 20 องศาเซลเซียส และปริมาณความเข้มแสงมากจะทำให้อุณหภูมิที่ผิวน้ำสูงขึ้นด้วย (เปี่ยมศักดิ์, 2525)

Friedlander and Dawes (1984) ศึกษาเกี่ยวกับไซโกตของ *Ascophylum nodosum* พบว่า การเจริญเติบโตของสาหร่ายเกิดขึ้นได้ ภายใต้แสง อุณหภูมิ และความเค็มในช่วงกว้าง นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงการเจริญของต้นอ่อนสาหร่าย *Gracilaria foliifera* (Forsskål) พบว่าต้นอ่อนสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ภายใต้ความเข้มแสง 80 μ $Em^{-2}s^{-1}$ แต่ช่วงที่เหมาะสมส่วนมากจะมีค่าใกล้เคียงกับแหล่งที่อยู่เดิมของสาหร่ายชนิดนั้นๆ และหากอุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity, EC) สูงขึ้นด้วย เนื่องมาจากทำให้เกิดการแตกตัวของเกลือมากขึ้น จากการศึกษาของ Hattori and Shizuri (1996) เกี่ยวกับประสิทธิภาพการลงเกาะและการงอกของสปอร์สาหร่าย *Ulva conglobata* พบว่า มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของสปอร์สามารถลงเกาะกับพื้นผิว ที่อุณหภูมิระหว่าง 5 -25 องศาเซลเซียส และหากอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส จะไม่พบอัตราการงอกของสปอร์ได้เลย แต่มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของสปอร์ ที่จะงอกขึ้นเป็นต้นอ่อนได้หากอุณหภูมิอยู่ในช่วง 20 – 25 องศาเซลเซียส โดยทั้งอัตราการลงเกาะพื้นผิวและการงอกของสปอร์ ขึ้นกับระยะเวลาในการได้รับแสงในช่วงวันด้วย นอกจากนี้มีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นสาหร่ายให้ปล่อยสปอร์ โดย Fletcher (1989) ได้ทดลองใช้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการกระตุ้นสาหร่าย *Enteromorpha prolifera* จากการนำสาหร่ายที่เก็บจากธรรมชาติ มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำทะเล จากนั้นกระตุ้นเซลล์สาหร่ายโดยใช้เสียงเป็นตัวกระทำ (sonication) สองครั้ง เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำทัลลัสไปใส่ในกระดาษซับน้ำ เพื่อให้น้ำออกอย่างรวดเร็ว นำสาหร่ายไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน เมื่อครบระยะเวลานำสาหร่ายใส่ในน้ำทะเล ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 80 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ช่วงระยะเวลา 1-3 วัน สาหร่าย *E. prolifera* จะปล่อยสปอร์ออกมาจำนวนมาก

4. ธาตุอาหาร

ธาตุอาหารมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเช่นเดียวกับพืชชั้นสูง สาหร่ายต้องการชนิดธาตุอาหารและปริมาณที่แตกต่างกัน ธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดแอมิโน โปรตีน เอนไซม์ เป็นต้น ส่วนฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของพลังงานในรูป ATP, ADP, phospholipid, RNA, DNA เป็นต้น หากสาหร่ายได้รับธาตุอาหารในปริมาณไม่เหมาะสมจะมีผลต่อการเจริญเติบโตได้ (รุ่งนภา, 2543)

สำหรับสาหร่ายไส้ไก่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ระดับธาตุอาหาร และคุณภาพน้ำในป่าชายเลนได้ เนื่องจากสาหร่ายต้องใช้ไนโตรเจนทั้งในรูปของอนินทรีย์สารและอินทรีย์สาร อีกทั้งยังสามารถ

ใช้ไนโตรเจนในรูปของก๊าซได้อีกด้วย โดยไนโตรเจนที่เป็นรูปของสารอนินทรีย์ ได้แก่ ไนไตรท์ ไนเตรท และแอมโนเนีย ไนโตรเจนในรูปของสารอินทรีย์ เช่น กรดอะมิโน เป็นต้น ซึ่งสาหร่ายต้องการใช้ในการเจริญเติบโต ถ้าสาหร่ายขาดไนโตรเจนจะมีผลต่อการสังเคราะห์แสงและรงควัตถุ (ลัดดา, 2539) โดยสาหร่ายสามารถใช้ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโนเนียได้ดีที่สุด หากน้ำมีระดับบแอมโมเนียสูง การเจริญเติบโตและการแพร่กระจาย ของสาหร่ายไส้ไก่ในบริเวณนั้นก็จะสูงด้วย ไนโตรเจนจึงถือได้ว่าเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญ ต่อกำลังผลิตเบื้องต้นของระบบนิเวศ โดยเฉพาะบริเวณป่าชายเลน และปากแม่น้ำ (Cohen and Fong, 2004) และจากการศึกษาของ Fong *et al*. (1996) เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Enteromorpha intestinalis* และ*Ulva expansa* พบว่าเมื่อนำสาหร่าย 2 ชนิด มาเลี้ยงในสภาวะเดียวกัน โดยใช้การนำไนโตรเจนเพิ่มเข้าไปในสูตรปุ๋ย ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ไม่มีปริมาณไนโตรเจนในสูตรปุ๋ย มีระดับปริมาณไนโตรเจนปานกลาง และมีระดับปริมาณไนโตรเจนสูง ผลปรากฏว่า สาหร่าย *E. intestinalis* สามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าสาหร่าย *U. expansa* โดยสามารถดึงไนโตรเจนในน้ำมาใช้ได้ดีกว่า เนื่องจากกสามารถดึงแอมโมเนียมาใช้ได้มากกว่าไนโตรเจนที่อยู่ในรูปอื่นๆ และในการทดลองครั้งนี้ สาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำที่มีปริมาณไนเตรท และแอมโมเนียสูง การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ก็มีสูงเช่นกัน

ฟอสฟอรัสจัดเป็นธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดของน้ำทะเล โดยมีส่วนในกระบวนการสร้าง ATP กรดนิวคลีอีกและ Phospholipid ซึ่งในธรรมชาติฟอสฟอรัสจะพบในรูปของสารละลายและสารแขวนลอย น้ำทะเลที่มีความเค็มปกติจะมีการแลกเปลี่ยนอิออน ทำให้เกิดออโธฟอสเฟตตามปฏิกิริยาดังนี้

$$H_3PO_4 \leftrightarrow H_2PO^-_4 \leftrightarrow HPO^{2-}_4 \leftrightarrow PO^{3-}_4$$

ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของสารละลายในรูปของ HPO^{2-}_4 ประมาณ 87 เปอร์เซ็นต์ พบอยู่ในรูปของ PO^{3-}_4 12 เปอร์เซ็นต์ และพบอยู่ในรูปของ $H_2PO^-_4$ 1 เปอร์เซ็นต์ (Vymazal, 1995) โดยดินที่ถูกละลายออกมาในรูปของอินทรีย์ฟอสเฟต และฟอสเฟตที่ละลายอยู่ในน้ำ จัดเป็นธาตุอาหารที่จำกัดในการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Lavery and Mc Comb, 1991) การเจริญเติบโตของสาหร่าย จะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆที่เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณฟอสเฟตและไนเตรทที่ละลายอยู่ในน้ำ และการรับฟอสฟอรัสของสาหร่าย ได้รับจากดินตะกอนของ โดยเฉพาะสาหร่ายในวงศ์ Ulvaceae นั้น สามารถดึงฟอสฟอรัสที่อยู่ในดินตะกอนได้ จะใช้ในรูปของอินทรีย์สารก่อน และฟอสฟอรัสรูปอื่นที่ละลายอยู่ในน้ำรองลงมา (Paiomo *et al*., 2004)

5. ความเค็ม

ความเค็มถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อสาหร่าย โดยเฉพาะสาหร่ายที่ต้องลงหาพื้นที่ยึดเกาะ (benthic algae) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็ม จะผลกระทบต่อกระบวนการทางกายภาพและทางชีวเคมีของสาหร่าย และสำหรับสาหร่ายไส้ไก่สามารถทนความเค็มได้ในช่วงกว้าง และเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงความเค็มจะทำให้สาหร่ายปล่อยสปอร์ (Ohno and Critchley, 1993) จากการศึกษาของ Martins *et al.* (1999) พบว่าสาหร่าย *Enteromorpha intestinalis* มีการแพร่กระจายบริเวณชายฝั่งที่มีระดับความเค็มเฉลี่ย 18-22 psu โดยสามารถเจริญเติบโตได้ดี ในบริเวณที่น้ำมีระดับความเค็มต่ำ มากกว่าบริเวณที่มีระดับความเค็มสูง และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเลจะส่งผลให้การแพร่กระจายของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มจำนวนมากขึ้น

Martins and Marques (2002) จำลองการเจริญเติบโตของ *Enteromorpha* sp. ที่ระดับความเค็มตั้งแต่ 0-30 psu พบว่า *Enteromorpha* sp. สามารถปรับตัวให้ทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มตลอดเวลาได้เป็นอย่างดี และพบว่าการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่าย *Enteromorpha* sp. สัมพันธ์กับระดับความเค็มของน้ำทะเล เมื่อความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว สภาพแวดล้อมของสาหร่ายเกิดการเปลี่ยนแปลง หรือเกิดภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต สาหร่ายจะมีการปรับตัวเพื่อการสืบพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงความเค็มจึงเป็นการกระตุ้นการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่าย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sousa *et al*. (2007) พบว่า เมื่อน้ำมีระดับความเค็มต่ำลง จะส่งผลให้เกิดการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่าย *Enteromorpha* sp. และถ้าหากความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน สาหร่ายก็ยังสามารถสืบพันธุ์ได้ เนื่องจากเปลี่ยนแปลงความเค็มทำให้เกิดแรงดันออสโมซิส ซึ่งเป็นผลมาจากความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์กับภายนอกเซลล์ของสาหร่ายแตกต่างกันอย่างรวดเร็ว แรงดันที่เกิดขึ้นจึงทำให้สปอร์ของสาหร่ายถูกปล่อยออกมาและสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ เพราะสาหร่ายทนความเค็มได้ในช่วงกว้าง และ Fong *et al.*, (1996) พบว่า ความเค็มมีผลต่อมวลชีวภาพของสปอร์ของสาหร่ายอย่างมีนัยสำคัญ สาหร่ายไส้ไก่ *E. intestinalis* ไม่สามารถทนต่อระดับความเค็มที่ต่ำกว่า 5 psu ได้ และที่ 20 psu ความหนาแน่นของมวลชีวภาพของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้นและเพิ่มสูงสุดที่ระดับ 35 psu และเมื่อศึกษาร่วมกับปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมอื่นๆ ก็เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นการชักนำจากความเค็ม จึงเป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโตของต้นเต็มวัยของสาหร่ายไส้ไก่ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kamer *et al* .(2001) ที่บริเวณปากแม่น้ำแคลิฟอร์เนียตอนใต้ พบว่า มวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ต้นเต็มวัย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มความเค็มที่เริ่มต้นจาก 15 psu เป็น 30 psu และมวลชีวภาพของสาหร่ายจะลดลงเมื่อลดระดับความเค็มลงต่ำกว่า 15 psu สำหรับช่วงความเค็มระหว่าง

30-35 ppt เป็นความเค็มที่เหมาะในการเจริญของต้นอ่อนสาหร่าย *Gracilaria verrucosa* แต่สำหรับสาหร่ายต้นเต็มวัยระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตคือ 25 ppt (Kim 1970)

Kim and Lee (1996) ทำการศึกษาอัตราการเจริญของ *E. intestinalis* บริเวณอ่าวทางด้านทิศตะวันออกในประเทศเกาหลี พบว่า อัตราการเจริญสูงสุดของ *E. intestinalis* อยู่ในความเค็มที่ 24 psu ความเค็มที่เหมาะสมที่ทำให้การเจริญสูงสุดของเซลล์เกิดใหม่ มีอยู่ในช่วง 16-32 psu ในห้องทดลอง และ 16-28 psu ในพื้นที่ศึกษา จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ทนความเค็มได้สูงกว่าสาหร่ายที่พบในพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้บริเวณปากแม่น้ำการเจริญเติบโตของสปอร์ *E. intestinalis* สูงสุดที่ความเค็ม 35 psu แสดงว่า ค่าความเค็มที่เหมาะสมในการเจริญของสปอร์ สูงกว่าค่าความเค็มที่สาหร่ายเต็มวัยใช้ในการเจริญเติบโต ทั้งนี้ระดับความเค็มที่เหมาะสมที่สาหร่ายสามารถทนได้นั้น ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ที่สาหร่ายแพร่กระจายอยู่ (Sousa *et al*., 2007)

6. การผึ่งแห้ง

กลไกการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายโดยอาศัยการกระตุ้นจากการผึ่งแห้งเกิดขึ้นได้เนื่องจากปกติสาหร่ายในธรรมชาติจะอยู่ในน้ำทะเลแต่เมื่อน้ำทะเลลดลง ทัลลัสของสาหร่ายพ้นน้ำ น้ำในสาหร่ายระเหยออก ทัลลัสจะเหี่ยวลง ความเข้มข้นของสารละลายภายในสาหร่ายจึงสูงขึ้น และเมื่อน้ำขึ้น สาหร่ายกลับไปแช่น้ำอีกครั้ง น้ำจะถูกดูดเข้าไปภายในทำให้เกิดการขยายตัวและเกิดแรงดันออสโมติกภายในสาหร่าย ส่งผลให้สปอร์ของสาหร่ายถูกดันออกมา จากการศึกษาในสาหร่าย *G. verrucosa* ของ Segawa *et al*. (1955a) พบว่า คาร์โปสปอร์ของสาหร่ายจะปล่อยออกมาเมื่อลดแรงดันออสโมติกของสารละลายภายนอกเซลล์ลง และเมื่อนำสาหร่ายไปผึ่งแห้งไว้ระยะหนึ่งแล้วนำกลับไปใส่ไว้ในน้ำทะเลอีกครั้ง สปอร์ของสาหร่ายจะถูกปล่อยออกมา และการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายจะมีมากในช่วงน้ำขึ้นหลังจากผึ่งแห้งเป็นเวลา 0-10 นาที พบว่าสปอร์ของสาหร่ายจะเริ่มปล่อย หลังจากน้ำขึ้น 10-15 นาที โดยในช่วงแรกสปอร์จะถูกปล่อยออกมาจำนวนมากและค่อยๆลดลงในช่วงหลัง สปอร์ที่ถูกปล่อยออกมาในช่วงหลังจะบอบบางกว่าสปอร์ที่ถูกปล่อยออกมาก่อนและมักเป็นสปอร์ที่ฝ่อไป Segawa *et al*. (1955b)

โดยทั่วไปสาหร่ายไส้ไก่ในธรรมชาติ มักเจริญอยู่ในบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง จึงมักจะโผล่พ้นน้ำในขณะน้ำลง การโผล่พ้นน้ำหรือการผึ่งแห้งก่อให้เกิดสภาพเครียดแก่สาหร่าย ซึ่งสาหร่ายแต่ละชนิดมีความสามารถในการทนทานต่อการผึ่งแห้งได้ไม่เท่ากัน การโผล่พ้นน้ำของสาหร่าย จะทำให้เกิดภาวะเครียดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยแวดล้อมต่างๆของสาหร่าย เมื่อน้ำทะเลไม่ได้สัมผัสทัลลัสของสาหร่าย จึงทำให้สภาพแวดล้อมของสาหร่ายเปลี่ยนแปลง ธาตุอาหาร

หมดไปทันที รวมถึงอนินทรีย์คาร์บอนด้วย และพบว่าหลังการผึ่งแห้งของสาหร่ายมีการรับธาตุอาหารเข้าไปเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นการชดเชยช่วงที่สาหร่ายได้รับการผึ่งแห้ง จึงกล่าวได้ว่า การผึ่งแห้งทำให้เกิดการคายน้ำออก แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหาร ที่ห้อมล้อมสาหร่ายออกไปด้วย อย่างไรก็ตามในภาวะหนาวเย็นหรือมีความชื้นในอากาศสูงการผึ่งแห้งจะไม่มีผลหรือส่งผลน้อยมากต่อความเครียดของสาหร่าย ผลกระทบที่เกิดจากการผึ่งแห้งจะสัมพันธ์กับอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตร ซึ่งโดยทั่วไปพืชขนาดเล็กจะอ่อนไหวต่ออิทธิพลต่างๆได้มากกว่าพืชขนาดใหญ่ที่ทนทานต่อความรุนแรง และรอดผ่านภาวะที่ไม่เหมาะสมไปได้ดีกว่า แต่สาหร่ายจะรอดผ่านการผึ่งแห้งไปได้ดีกว่าถ้ามีขนาดเล็ก เช่น การเจริญอยู่ในรอยแยกของซอกหิน เป็นต้น นอกจากนี้สาหร่ายที่กำลังงอกใหม่ ในช่วงน้ำลงเวลากลางคืนหรือช่วงเช้าจะสามารถเจริญรอดผ่านการผึ่งแห้งได้ เนื่องจากการผึ่งแห้งของสาหร่ายในกลางวันจะส่งผลเสียต่อสาหร่ายมากกว่ากลางคืน และฤดูกาลต่างๆก็มีผลทำให้การผึ่งแห้งของสาหร่ายแตกต่างกัน เช่น ช่วงหน้าร้อนจะส่งผลกระทบต่อสาหร่ายได้มากกว่าช่วงหน้าหนาว (Lobban and Harrison, 1994) เป็นต้น

Kim (1970) รายงานการกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของ *G. verrucosa* พบว่า สาหร่ายปล่อยสปอร์ได้โดยการนำสาหร่ายไปเก็บไว้ในที่มืด และผึ่งแห้งเป็นเวลา 3-5 ชั่วโมงภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ 50-75% และอัตราการปล่อยสปอร์จะเพิ่มขึ้นเมื่อจุ่มสาหร่ายลงในน้ำทะเลที่มีความเค็มต่างกัน นอกจากนี้ Rao (1976) พบว่าระยะเวลาที่ผึ่งแห้งในอากาศและระยะเวลาที่มีแสงและไม่มีแสงนั้นมีผลต่อการปล่อยสปอร์ โดยคาร์โปสปอร์จะไวต่อระยะเวลาในการผึ่งแห้ง มากกว่าเตตราสปอร์ จากการศึกษาของบุปผา (2533) พบว่า ช่วงเวลาของการปล่อยสปอร์ และการผึ่งแห้งเป็นปัจจัยกระตุ้นให้สาหร่ายปล่อยสปอร์ โดยพบว่า การผึ่งแห้งนาน 15 นาที และ 15-30 นาที จะมีผลต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายผมนาง สำหรับปัจจัยสิ่งแวดล้อมอย่างอื่นไม่มีผลต่อการปล่อยคาร์โปสปอร์ของสาหร่ายผมนาง

สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการปล่อยสปอร์ ที่เป็นผลเนื่องมาจากผึ่งแห้งในสาหร่ายไส้ไก่ ยังไม่มีรายงานผลการศึกษาที่ชัดเจนโดยเฉพาะในประเทศไทย แต่ด้วยหลักการและวิธีการปล่อยสปอร์ของสาหร่าย ที่ถูกกระตุ้นด้วยการผึ่งแห้ง ที่มีผู้ศึกษาในสาหร่ายชนิดอื่นสรุปได้ว่า การผึ่งแห้งเป็นสาเหตุที่ช่วยกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายได้ ดังนั้นการนำสาหร่ายไส้ไก่มาทำการศึกษาการปล่อยสปอร์ โดยการกระตุ้นด้วยการผึ่งแห้งจึงมีความเป็นไปได้

นอกจากปัจจัยต่างๆที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีปัจจัยเสริมอื่นที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตและการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายได้ เช่น เมื่อเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายถูกปล่อยออกมาจากต้นแม่

พันธุ์ จากนั้นจะเริ่มลงเกาะและติดแน่นลงกับพื้นผิว ซึ่งระยะเวลาในการลงเกาะของสปอร์ ขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของสปอร์ของสาหร่ายแต่ละชนิด และรวมถึงการเคลื่อนที่ของมวลน้ำ แม้ว่าปกติสปอร์ของสาหร่าย จะไม่สามารถว่ายน้ำต้านการเคลื่อนที่ของมวลน้ำได้ แต่โดยทั่วไปสปอร์ของสาหร่ายที่เคลื่อนที่ได้ จะลงสามารถเกาะพื้นผิวได้ง่ายและรวดเร็วกว่าสปอร์ที่ไม่เคลื่อนที่

สาหร่ายในสกุล *Enteromorpha* มักจะรอดพ้น จากสัตว์กินพืชได้เป็นอย่างดี เนื่องจากสปอร์หรือชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อ มักรอดผ่านระบบย่อยของสัตว์ที่กินเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายออกมาได้ โดยชิ้นส่วนเหล่านี้ จะสามารถซ่อมแซมและพัฒนาเซลล์จนเจริญไปเป็นสาหร่ายต้นเต็มวัย และในสิ่งขับถ่ายของสัตว์กินพืช ที่มีสปอร์ของสาหร่ายปนอยู่ ยังเป็นการเพิ่มน้ำหนักให้สปอร์ ช่วยให่สปอร์จมลงสู่พื้นผิวได้เร็วกว่าเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายชนิดอื่น สาหร่ายในสกุล *Enteromorpha* จึงเป็นสาหร่ายที่ฉวยโอกาสในการเจริญในพื้นที่ ได้เร็วกว่าสาหร่ายชนิดอื่น และความเหนียวหนืดของสิ่งขับถ่าย ช่วยให้สปอร์เกาะติดกับพื้นผิวได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และสิ่งขับถ่ายที่ปกคลุมสปอร์ยังปกป้องสปอร์จากการผึ่งแห้งในขณะน้ำลง เสริมให้สปอร์ของสาหร่ายสกุล *Enteromorpha* ทนการผึ่งแห้งได้สูงขึ้น ซึ่งนอกเหนือจากช่วยเพิ่มโอกาสการเกิดเป็นต้นใหม่แล้วนั้น สิ่งขับถ่ายจากสัตว์กินพืชเหล่านี้ ยังช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับสปอร์ด้วย (Lobban and Harrison, 1994)

คุณสมบัติของพื้นผิวที่สปอร์ลงเกาะนั้นมีผลอย่างยิ่งต่อการลงเกาะของสปอร์ ที่ผ่านมาการศึกษาเกี่ยวกับพื้นผิวนิยมใช้พื้นแก้วราบเรียบในการทดลองจำนวนมาก ซึ่งพื้นผิวลักษณะนี้ไม่เป็นลักษณะตามธรรมชาติ การทดลองเปรียบเทียบโดยทดสอบกับผิวขรุขระพบว่า พื้นผิวที่หยาบขรุขระเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มจำนวนการลงเกาะของสปอร์ โดยปกติในธรรมชาติบริเวณที่พื้นผิวเรียบจะมีกระแสน้ำหรือการเคลื่อนที่ของมวลน้ำที่รุนแรง ดังนั้นสปอร์ของสาหร่ายจึงไม่สามารถจมลงสู่เบื้องล่างและเกาะติดกับพื้นได้ อัตราของการเกาะติดของสปอร์ต่อพื้นผิวจึงต่ำ นอกจากว่าสาหร่ายชนิดนั้นต้องมีสปอร์ขนาดใหญ่พอที่จะจมลงสู่พื้นล่างได้ (Lobban and Harrison, 1994) นอกจากนี้ไพโรจน์ และสุชาติ (2534) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวัสดุที่จะใช้ในการรองรับสปอร์ของสาหร่าย ได้เสนอแนะไว้ว่า ในการขยายพันธุ์สาหร่ายด้วยสปอร์ ควรพิจารณาใช้วัสดุรองรับการเกาะของสปอร์ ให้มีความคงทน ไม่เน่าสลายหรือฉีกขาดได้ง่าย ควรเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยอนินทรีย์สาร จำพวกใยสังเคราะห์ที่มีสภาพผิวลื่นเรียบ เพื่อช่วยลดการเกาะและปกคลุมของตะกอน หรือละอองโคลนทรายเมื่อนำไปเลี้ยงในน้ำทะเลซึ่งมีผลทำให้สปอร์และสาหร่ายต้นอ่อนตายได้

ยางเหนียวของสปอร์จะช่วยในการเกาะติดกับพื้นผิวและเป็นสิ่งสำคัญในการลงเกาะ รวมถึงลักษณะของพื้นผิว ที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของพื้นที่บริเวณนั้น ซึ่งหมายถึงทุกสิ่งที่จมลงสู่

พื้นจนกลายเป็นแหล่งของแบคทีเรียที่จะย่อยสลายสิ่งเหล่านี้ กระบวนการย่อยของแบคทีเรียทำให้เกิด biofilm ซึ่งมีลักษณะเป็นยางเหนียวปกคลุมพื้นผิวไว้ ดังนั้นยางเหนียวจากเซลล์ของสปอร์และจาก biofilm ที่ปกคลุมพื้นผิว จึงเป็นสิ่งสำคัญในการเกาะติดของเซลล์สืบพันธุ์ที่จะเจริญไปเป็นสาหร่ายขนาดใหญ่ Dillon *et al.* (1989)

การศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาของสปอร์ในสาหร่ายไพโรจน์ และสุชาติ (2532) ศึกษาการเจริญของคาร์โปสปอร์ของสาหร่ายผมนาง *G. fisheri* พบว่า สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ได้ดีและสปอร์ที่ปล่อยออกมาใหม่ๆลักษณะเป็นรูปทรงกลมแขวนลอยอยู่ระยะหนึ่งและจมลงในเวลาต่อมา ผนังเซลล์บาง มีความเต่งและใส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 17-30 ไมครอน ภายในมีรงควัตถุสีต่างๆ กระจายอยู่ทั่วไป สปอร์ที่ปล่อยออกมาจะเริ่มเกาะติดบนวัสดุรองรับภายใน 3-4 วัน จากนั้นจะเริ่มเจริญเติบโต โดยการแบ่งเซลล์ภายใน และการแบ่งเซลล์จะเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ พร้อมกันนั้นสปอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะ สีสัน และขนาดเป็นวิวัฒนาการไปตามลำดับ จนเมื่อเจริญไปถึงขั้นหนึ่งผนังของสปอร์ที่มีลักษณะขรุขระจะเริ่มโป่งนูนออกเป็นติ่งยื่นมาภายนอกอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นระยะที่สปอร์มีอายุ 26-33 วัน หลังจากนั้นสปอร์ก็เจริญขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดสาหร่ายก็จะแตกยอดออกเป็น สาหร่ายต้นอ่อน(young thallus)อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะพัฒนาไปได้เรื่อยๆจนเป็นสาหร่ายต้นเต็มวัยที่จะขยายพันธุ์ได้ต่อไป

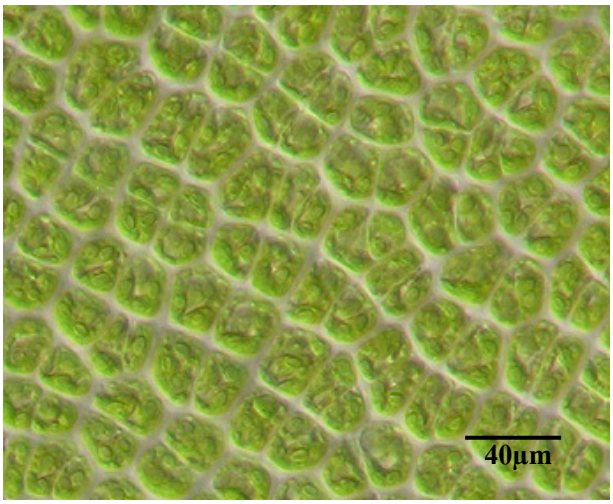
อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมสาหร่าย

รวบรวมสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*) ต้นเต็มวัยจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งเอกชน ในกลุ่มสหกรณ์ลุ่มน้ำปราณบุรี-สามร้อยยอด จ.ประจวบคีรีขันธ์ เลี้ยงพักไว้ในถังไฟเบอร์กลาส ที่ความเค็มน้ำ 13 psu และให้ธาตุอาหาร สูตร Provasoli's enrich seawater (PES) (Provasoli, 1963; 1968; McLachlan, 1973; West, Personal Communication) อ้างโดย Bold and Wynne (1978) เป็นเวลา 3 วัน แล้วจึงนำไปศึกษาการปล่อยสปอร์

สาหร่ายไส้ไก่ที่นำมาใช้ในการศึกษา การกระตุ้นให้สาหร่ายปล่อยสปอร์เป็นสาหร่ายต้นเต็มวัยที่เจริญเติบโตสมบูรณ์พบแพร่กระจายปกคลุมบนผิวน้ำ ลักษณะทัลลัสเป็นหลอดกลวง สีเขียวปนเหลือง มีขนาดยาวประมาณ 10-20 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 0.5- 2 เซนติเมตร (ภาพที่ 3) ลักษณะการจัดเรียงของเซลล์บนทัลลัสไม่เป็นระเบียบ รูปร่างเซลล์ค่อนข้างกลม มีขนาดกว้างและยาวประมาณ 20-35 ไมโครเมตร (ภาพที่ 4)

ภาพที่ 3 ลักษณะของสาหร่ายไส้ไก่ที่นำมาใช้ในการศึกษา



ภาพที่ 4 ลักษณะเซลล์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่นำมาใช้ในการกระตุ้นการปล่อยสปอร์

2. ศึกษาการชักนำของความเค็มที่มีต่อการปล่อยสปอร์

2.1 นำสาหร่ายที่เตรียมไว้ แบ่งชั่งน้ำหนัก 5 กรัม ลงเลี้ยงในตู้กระจก ที่รองพื้นตู้ด้วยแผ่นพลาสติกใส โดยแต่ละตู้ใส่น้ำปริมาตร 3 ลิตร ด้วยน้ำทะเลเทียมความเค็มตั้งแต่ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 psu ตามลำดับ ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ

2.2 ให้อากาศผ่านน้ำทุกตู้ตลอดเวลา เลี้ยงไว้ภายใต้สภาพแวดล้อมของห้องทดลอง ให้แสงด้วยหลอดไฟยาว (day light fluorescent) ขนาด 60 วัตต์ มีค่าความเข้มแสง 20-25 $\mu Em^{-2}s^{-1}$ ด้วยการตั้งเวลาให้แสง 12 ชั่วโมง ตั้งแต่ 06.00 – 18.00 น.

2.3 เก็บสปอร์บนแผ่นพลาสติกที่รองพื้นตู้ และเปลี่ยนแผ่นใหม่ทุก 3 ชั่วโมง บันทึกระยะเวลาในการปล่อยและการเจริญของสปอร์ ตรวจนับสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง

2.4 หลังจากสิ้นสุดการทดลองที่ 24 ชั่วโมง นำสาหร่ายต้นเต็มวัยออก

2.5 เลี้ยงและศึกษาระยะเวลาในการเจริญของสปอร์เกิดใหม่ด้วยน้ำทะเลเทียม จนงอกเป็นต้นสาหร่าย

2.6 โดยหลังจากนำสาหร่ายลงเลี้ยงในแต่ละตู้ เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำและวัดอุณหภูมิน้ำ

3. ศึกษาการชักนำของการผึ่งแห้งที่มีผลต่อการปล่อยสปอร์

3.1 นำสาหร่ายที่เตรียมไว้แบ่งชั่งน้ำหนัก 5 กรัม ใส่ตะกร้าโปร่ง แล้วนำไปผึ่งแห้ง (ภาพที่ 5) ที่ระยะเวลาต่างๆตั้งแต่ 0, 15, 30, 45 และ 60 นาที ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ภายใต้สภาพแวดล้อมของห้องทดลอง

ภาพที่ 5 สาหร่ายไส้ไก่ขณะผึ่งแห้ง

3.2 เมื่อครบระยะเวลาการผึ่งแห้งแต่ละช่วง นำสาหร่ายลงเลี้ยงในตู้กระจก ที่มีน้ำปริมาตร 3 ลิตร ความเค็ม 13 psu และรองพื้นตู้ด้วยแผ่นพลาสติกใส ให้อากาศผ่านน้ำทุกตู้ตลอดเวลา เลี้ยงไว้ภายใต้สภาพแวดล้อมของห้องทดลอง ให้แสงด้วยหลอดไฟยาวขนาด 60 วัตต์ มีค่าความเข้มแสง 20-25 $\mu Em^{-2}s^{-1}$ ด้วยการตั้งเวลาให้แสง 12 ชั่วโมง ตั้งแต่ 06.00 – 18.00 น. (ภาพที่ 6)

ภาพที่ 6 ชุดการทดลองการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ผึ่งแห้งที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

3.3 เก็บสปอร์บนแผ่นพลาสติกที่รองพื้นตู้ และเปลี่ยนแผ่นใหม่ทุก 3 ชั่วโมง บันทึกระยะเวลาในการปล่อยและการเจริญของสปอร์ ตรวจนับสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง

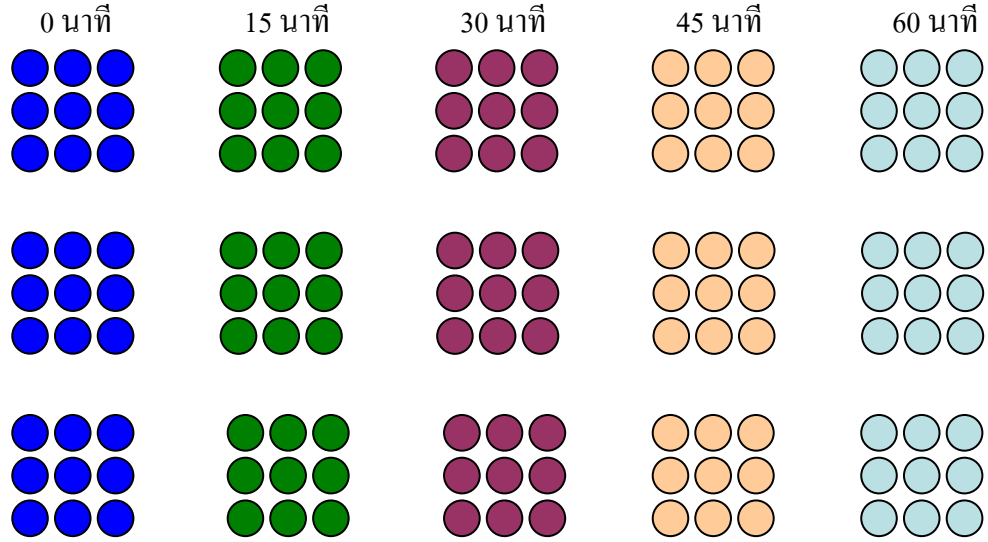
3.4 หลังจากสิ้นสุดการทดลอง ที่ 24 ชั่วโมง นำสาหร่ายต้นเต็มวัยออก

3.5 เลี้ยงและศึกษาระยะเวลาในการเจริญของสปอร์เกิดใหม่ด้วยน้ำทะเลเทียม จนงอกเป็นต้นสาหร่าย

3.6 โดยหลังจากนำสาหร่ายลงเลี้ยงในแต่ละตู้ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำและวัดอุณหภูมิน้ำ

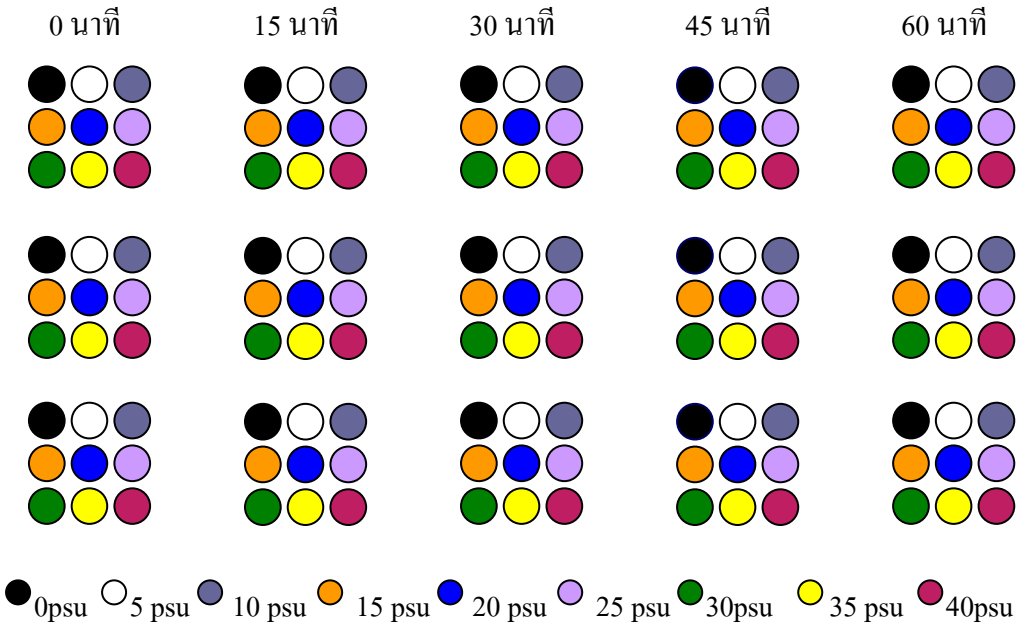
4. ศึกษาการชักนำของความเค็มร่วมกับการผึ่งแห้งที่มีการปล่อยสปอร์

4.1 นำสาหร่ายที่เตรียมไว้แบ่งชั่งน้ำหนัก 5 กรัม ใส่ตะกร้าโปร่ง แล้วนำไปผึ่งแห้งที่ระยะเวลาต่างๆตั้งแต่ 0, 15, 30, 45 และ 60 นาที แต่ละระยะเวลาทำจำนวน 27 ซ้ำ ภายใต้สภาพแวดล้อมของห้องทดลอง (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 การวางแผนศึกษาการปล่อยสปอร์โดยการผึ่งแห้งของสาหร่ายไส้ไก่ที่ระยะเวลาต่างๆ

4.2 เมื่อครบระยะเวลาการผึ่งแห้งแต่ละช่วง นำสาหร่ายลงเลี้ยงในตู้กระจก ที่รองพื้นตู้ด้วยแผ่นพลาสติกใส โดยแต่ละตู้ใส่น้ำความเค็มตั้งแต่ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 psu ตามลำดับ ทุกระดับความเค็มร่วมกับการผึ่งแห้งชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ให้อากาศผ่านน้ำทุกตู้ตลอดเวลา เลี้ยงไว้ภายใต้สภาพแวดล้อมของห้องทดลอง (ภาพที่ 8) ให้แสงด้วยหลอดไฟยาวขนาด 60 วัตต์ มีค่าความเข้มแสง 20-25 $\mu Em^{-2}s^{-1}$ ด้วยการตั้งเวลาให้แสง 12 ชั่วโมง ตั้งแต่ 06.00–18.00 น.



ภาพที่ 8 การวางแผนศึกษาการปล่อยสปอร์โดยการผึ่งแห้งร่วมกับความเค็มของสาหร่ายไส้ไก่ที่ระยะเวลาต่างๆ

4.3 เก็บสปอร์บนแผ่นพลาสติกที่รองพื้นตู้ และเปลี่ยนแผ่นใหม่ทุก 3 ชั่วโมง บันทึกระยะเวลาในการปล่อยและการเจริญของสปอร์ ตรวจนับสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง

4.4 หลังจากสิ้นสุดการทดลอง ที่ 24 ชั่วโมง นำสาหร่ายต้นเต็มวัยออก

4.5 เลี้ยงและศึกษาระยะเวลาในการเจริญของสปอร์เกิดใหม่ด้วยน้ำทะเลเทียม จนงอกเป็นต้นสาหร่าย

4.6 โดยหลังจากนำสาหร่ายลงเลี้ยงในแต่ละตู้ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำและวัดอุณหภูมิน้ำ

5. ศึกษาการเจริญเติบโตของสปอร์

เลี้ยงสปอร์ที่ได้ภายใต้สภาวะการเลี้ยงแบบ axenic culture โดยนำแผ่นพลาสติกที่รองรับสปอร์ไปล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อแล้ว นำลงไปแช่ในน้ำผสมด่างทับทิม ($KMnO_4$) เป็นเวลา 2 นาที เพื่อทำความสะอาดและกำจัดโปรโตซัว ล้างแผ่นพลาสติกด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้ออีกครั้ง ก่อนนำไปวางในตู้บรรจุน้ำทะเลเทียมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปริมาตรน้ำ 1 ลิตร ความเค็ม 13 psu และเปลี่ยนน้ำที่ใช้เลี้ยงใหม่ทุก 7 วัน ให้แสงด้วยหลอดไฟยาว ขนาด 60 วัตต์ ความเข้มแสง 20-25 $\mu E\ m^{-2}s^{-1}$ ตั้งเวลาให้แสง 12 ชั่วโมง ตั้งแต่ 06.00 – 18.00 น. ตรวจเช็คสปอร์จนงอกเป็นต้นสาหร่ายบันทึกระยะเวลา วัดขนาด และบันทึกภาพ เพื่อศึกษาการพัฒนาของสปอร์สำหรับสาหร่ายไส้ไก่

6. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในการศึกษา

6.1 ใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 500 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละแหล่ง เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ดังนี้ น้ำจากแหล่งต้นพันธุ์สาหร่าย น้ำในถังพักสาหร่ายก่อนนำไปทดลอง และน้ำที่ใช้ขณะทดลองปล่อยสปอร์

6.2 วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ pH และวัดอุณหภูมิน้ำ

6.3 การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ความกระด้าง และความเป็นด่างของน้ำ ตามวิธีของ APHA *et al.,* (1995) ดังวิธีการต่อไปนี้

6.3.1 แอมโมเนียรวม (total ammonia nitrogen: TAN) ใช้วิธี phenol - hypo chloride

6.3.2 ไนไตรท์ (nitrite- nitrogen) ใช้วิธี colorimetric method

6.3.3 ไนเตรท (nitrate - nitrogen) ใช้วิธี cadmium reduction

6.3.4 ความกระด้างรวม (total hardness) ใช้วิธี titration method

6.3.5 ความเป็นด่างรวม (total alkalinity) ใช้วิธี titration method

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลผลการศึกษา ที่ได้ตลอดการทดลองไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยโปรแกรม t-test analysis

8. สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตั้งแต่ เดือนมิถุนายน พ.ศ.2551 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2552

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ศึกษาการชักนำของความเค็มที่มีต่อการปล่อยสปอร์

จากการศึกษาผลของความเค็มที่มีต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ นำสาหร่ายที่เจริญในน้ำที่มีความค็ม 13 psu มาใส่ในน้ำที่มีความเค็มระดับต่างๆกัน 9 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 psu ตามลำดับ พบว่า

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเล จากเดิมที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ปกติ คือ 13 psu ไปเป็นความเค็ม 0 psu สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 51.33±3.79 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ได้จำนวนสปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 70.00±3.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดในชั่วโมงที่ 24 ปล่อยสปอร์ทั้งสิ้น 14.00±1.73 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า จำนวนสปอร์ที่ได้ในแต่ละช่วงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้ตลอด 24 ชั่วโมง เท่ากับ 387 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 1- ภาพที่ 9)

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเล จากเดิมที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ปกติ คือ 13 psu ไปเป็นความเค็ม 5 psu สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 56.00±2.65 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เป็นช่วงที่ได้จำนวนสปอร์ต่ำที่สุด จำนวนสปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 15 เท่ากับ 112.00±4.36เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า จำนวนสปอร์ที่ได้ในทุกช่วงเวลาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 653 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่1- ภาพที่ 9)

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเล จากเดิมที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ปกติ คือ 13 psu ไปเป็นความเค็ม 10 psu สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 65.33±3.2 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ได้จำนวนสปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 18 เท่ากับ 126.00±5.29เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดในชั่วโมงที่ 9 ปล่อยสปอร์ทั้งสิ้น 32.67±2.08 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า จำนวนสปอร์ที่ได้ในทุกช่วงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 634 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 1- ภาพที่ 9)

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเล จากเดิมที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ปกติ คือ 13 psu ไปเป็นความเค็ม 15 psu สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก และมีการปล่อยสปอร์อย่างต่อเนื่อง จนสิ้นสุดการศึกษาในชั่วโมงที่ 24 โดยสาหร่ายมีการปล่อยสปอร์เริ่มต้นที่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 42.00±3.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เป็นช่วงที่ได้จำนวนสปอร์ต่ำที่สุด ได้จำนวนสปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 15 เท่ากับ 121.33±2.08เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า จำนวนสปอร์ที่ได้ในช่วงชั่วโมงที่ 3, 6, และ9 ซึ่งให้จำนวนต่ำ มีความแตกต่างกับชั่วโมงที่ 12, 15, 18, 21, และ24 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 704 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 1- ภาพที่ 9)

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเล จากเดิมที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ปกติ คือ 13 psu ไปเป็นความเค็ม 20 psu สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 79.33±4.5 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เป็นช่วงที่ได้จำนวนสปอร์ต่ำที่สุด และมีการปล่อยสปอร์อย่างต่อเนื่อง ได้จำนวนสปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 12 เท่ากับ 168.00±3.61 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง โดยสาหร่ายมีการปล่อยสปอร์เริ่มต้นที่ 3 ชั่วโมงแรก จนสิ้นสุดการศึกษาในชั่วโมงที่ 24 จำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 1,022 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 1- ภาพที่ 9)เมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า จำนวนสปอร์ที่ได้ในทุกช่วงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเล จากเดิมที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ปกติ คือ 13 psu ไปเป็นความเค็ม 25 psu สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 154.00±3.61เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ได้จำนวนสปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 6 เท่ากับ 210.00±4.36เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดในชั่วโมงที่ 9 ปล่อยสปอร์ทั้งสิ้น 116.67±2.08 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง จำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้ใน 24 ชั่วโมง เท่ากับ 1,297 เซลล์/กรัม/วัน เมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า จำนวนสปอร์ที่ได้ในชั่วโมงที่ 9 ซึ่งให้จำนวนต่ำที่สุดเป็นช่วงเดียวที่แตกต่างกันกับชั่วโมงอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1- ภาพที่ 9)

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเล จากเดิมที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ปกติ คือ 13 psu ไปเป็นความเค็ม 30 psu สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมง เท่ากับ 121.33±8.02 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เป็นช่วงที่ได้จำนวนสปอร์ต่ำที่สุด ได้จำนวนสปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 15 เท่ากับ 252.00±3.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง จำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้ใน 24 ชั่วโมง เท่ากับ 1,465 เซลล์/กรัม/วัน เมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า จำนวนสปอร์ที่ได้ในทุกช่วงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1- ภาพที่ 9)

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเล จากเดิมที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ปกติ คือ 13 psu ไปเป็นความเค็ม 35 psu สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 177.33±5.86 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ได้จำนวนสปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 15 เท่ากับ 261.33±7.77เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดในชั่วโมงที่ 21 ปล่อยสปอร์ทั้งสิ้น 172.67±4.04 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง จำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้ใน 24 ชั่วโมง เท่ากับ 1,731 เซลล์/กรัม/วันเมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า จำนวนสปอร์ที่ได้ในทุกช่วงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1- ภาพที่ 9)

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเล จากเดิมที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ปกติ คือ 13 psu ไปเป็นความเค็ม 40 psu สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 191.33±3.51 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ได้จำนวนสปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 12 เท่ากับ 298.67±3.51 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดในชั่วโมงที่ 21 ปล่อยสปอร์ทั้งสิ้น 172.67±5.69 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ช่วงที่ได้จำนวนสปอร์สูงสุด กับช่วงต่ำสุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้ใน 24 ชั่วโมง เท่ากับ 1,880 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 1- ภาพที่ 9)

จากการศึกษาผลของความเค็มต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ พบว่า สาหร่ายไส้ไก่สามารถปล่อยสปอร์ได้ที่ทุกระดับความเค็ม โดยที่ระดับความเค็มสูงที่สุดคือ 40 psu ให้จำนวนสปอร์รวมมากที่สุด เท่ากับ 1,880 เซลล์/กรัม/วัน อย่างไรก็ตามที่ระดับความเค็ม 25 – 40 psu จำนวนสปอร์รวมที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และระดับความเค็มที่ให้จำนวนสปอร์รวมน้อยที่สุดคือ 0 psu โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับความเค็ม 5 และ 10 psu (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาจำนวนสปอร์รวมที่ปล่อยออกมาตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าจำนวนสปอร์ในทุกระดับความเค็มปล่อยออกมาอย่างสม่ำเสมอตลอดการศึกษา โดยระดับความเค็มที่ใกล้เคียงกัน จำนวนสปอร์รวมที่ได้จะใกล้เคียงกันตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรกจนสิ้นสุดการทดลองและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ หากระดับความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะเมื่อระดับความเค็มเพิ่มสูงขึ้นกว่าระดับความเค็มในแหล่งเดิมที่สาหร่ายเจริญเติบโตอยู่ ปริมาณสปอร์รวมเมื่อสิ้นสุดการทดลองจึงจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 9) และจากการศึกษา พบว่า อัตราการปล่อยสปอร์ทุก 3 ชั่วโมง ตลอด 24 ชั่วโมง สาหร่ายที่ถูกกระตุ้นด้วยระดับความเค็ม 40 psu ที่ให้จำนวนรวมสปอร์รวมมากที่สุดนั้น พบว่า ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 ของการทดลอง จนถึงชั่วโมงที่ 24 อัตราการปล่อยของสปอร์ไม่แตกต่างกันมาก โดยให้จำนวนสปอร์สูงสุดที่ 12 ชั่วโมง เท่ากับ 298.67 ± 3.51

เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดที่ชั่วโมงที่ 21 เท่ากับ 172.67 ± 5.69 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และที่ความเค็ม 0 ซึ่งได้จำนวนสปอร์น้อยที่สุด ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรกจนสิ้นสุดการทดลอง จำนวนสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 70.00 ± 3.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดที่ชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 14.00 ± 1.73 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และทุกระดับความเค็มที่ศึกษาครั้งนี้ ชั่วโมงที่มีการปล่อยสปอร์จำนวนมากอยู่ในช่วง 6 - 15 ชั่วโมง หลังจากชั่วโมงที่ 15 จนสิ้นสุดการทดลอง อัตราการปล่อยสปอร์จะลดต่ำลง (ภาพที่ 10)

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มน้ำให้สูงขึ้น สามารถกระตุ้นให้สาหร่ายไส้ไก่ปล่อยสปอร์ออกมาได้ และได้จำนวนมากกว่าสาหร่ายที่เจริญอยู่ในระดับความเค็มน้ำที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเปลี่ยนแปลงความเค็มเพียงเล็กน้อย Sousa *et al*. (2007) พบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเลอย่างรวดเร็ว จะส่งผลให้การแพร่กระจายของสาหร่ายไส้ไก่ *Enteromorpha* sp. เพิ่มจำนวนมากขึ้น และเมื่อน้ำมีระดับความเค็มต่ำลง จะทำให้เกิดการปรับตัวเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ แต่ระดับความเค็มที่สูงขึ้นกว่าความเค็มปกติในแหล่งอาศัย ที่ระดับความเค็ม 20-35 psu ส่งผลในทางบวกกับการงอกและเจริญเติบโตให้แก่สปอร์ของ *Enteromorpha* sp. และถ้าหากความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน สาหร่ายก็ยังสามารถสืบพันธุ์ได้ โดยการเปลี่ยนแปลงความเค็มจะทำให้เกิดแรงดันออสโมซิส ซึ่งเป็นผลมาจากความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์ กับภายนอกเซลล์ของสาหร่ายแตกต่างกันอย่างรวดเร็ว แรงดันที่เกิดขึ้น จะทำให้สปอร์ของสาหร่ายถูกปล่อยออกมา และสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ เพราะสาหร่าย *Enteromorpha* sp. ทนความเค็มได้ในช่วงกว้าง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างรวดเร็วสามารถนำไปประยุกต์ใช้ ในการเพิ่มการขยายพันธุ์ และการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ได้ โดยเฉพาะการส่งเสริมให้กับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงกุ้งร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ วิธีนี้สามารถเผยแพร่ให้แก่เกษตรกรเพื่อนำไปเป็นแนวทางหรือนำไปดัดแปลงให้เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงของเกษตรต่อไป จากการทดลองเพิ่มระดับความเค็มให้สูงขึ้น กว่าระดับเดิมที่สาหร่ายเจริญเติบโตในภาวะปกติ สามารถกระตุ้นให้จำนวนสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ปล่อยออกมาในปริมาณมากกว่า การลดระดับความเค็มให้ต่ำลงกว่าความเค็มปกติของแหล่งเดิมที่สาหร่ายเจริญเติบโต แต่เมื่อสปอร์ถูกปล่อยออกมาแล้วนั้น การเลี้ยงสปอร์ต่อไปในระดับความเค็มสูง อาจส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ได้ เนื่องจาก สาหร่าย *E. intestinalis* พบการแพร่กระจายบริเวณชายฝั่งที่มีระดับความเค็มเฉลี่ย 17-22 psu โดยสามารถเจริญเติบโตได้ดี ในบริเวณที่น้ำมีระดับความเค็มต่ำ มากกว่าบริเวณที่มีระดับความเค็มสูง (Martins *et. al.*, 1999) จึงควรเลี้ยงสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ ในระดับความเค็มแหล่งเดิมของสาหร่ายต้นพันธุ์ แต่ Fong *et al.* (1996) พบว่า ความเค็มมีผลต่อมวลชีวภาพของสปอร์ของสาหร่ายอย่างมีนัยสำคัญ สาหร่ายไส้ไก่ *E. intestinalis* ไม่สามารถทนต่อระดับความเค็มที่ต่ำกว่า 5 psu ได้ และที่ 20 psu ความหนาแน่นของมวลชีวภาพของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้นและสูงสุดที่ระดับ 35 psu และเมื่อศึกษา

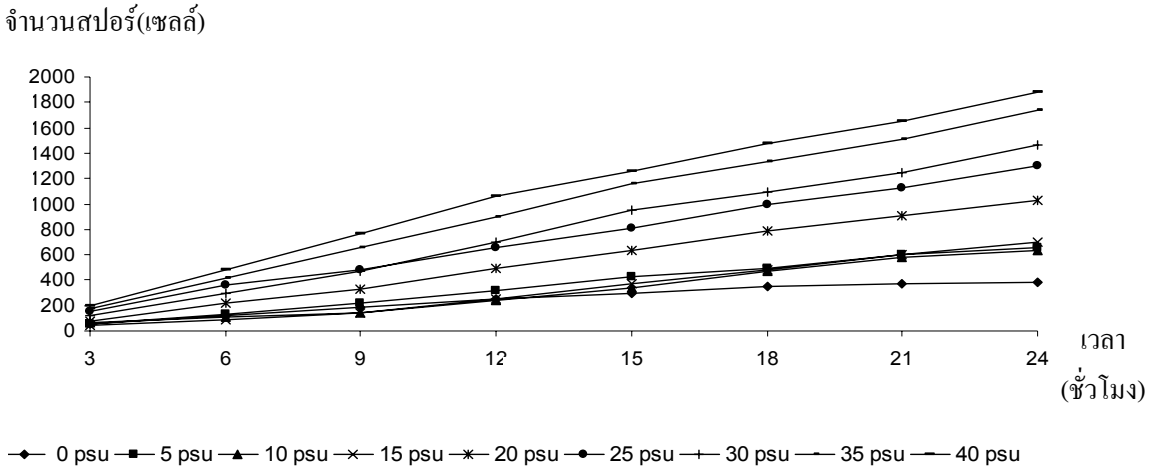
ร่วมกับปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมอื่นๆ ก็เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นการชักนำจากความเค็ม จึงเป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโตของต้นเต็มวัยของสาหร่ายไส้ไก่ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kamer *et al* .(2001) ที่บริเวณปากแม่น้ำแคลิฟอร์เนียตอนใต้ พบว่า มวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ต้นเต็มวัย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มความเค็มที่เริ่มต้นจาก 15 psu เป็น 30 psu และจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มให้สูงขึ้นจาก 13 psu สามารถกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ได้ และระดับความเค็มที่ได้จำนวนสปอร์สูงสุดคือ 40 psu แต่ไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับระดับความเค็ม 25-35 psu จึงกล่าวได้ว่าระดับความเค็มที่เปลี่ยนแปลงประมาณ 12-27 psu ให้จำนวนสปอร์สูงที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้เกษตรกรจึงควรพิจารณาจากระดับความเค็มของแหล่งต้นพันธุ์สาหร่าย เนื่องจากสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) สามารถทนต่อความเค็มได้ในช่วงกว้าง จึงพบการแพร่กระจายได้ทั้งในน้ำกร่อย และในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทั่วโลก (Waaland, 1977) และปัจจุบันในการเพาะเลี้ยงกุ้ง มีการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำประมาณ 5-10 psu ดังนั้นในการเปลี่ยนแปลงความเค็มสำหรับเกษตรกร ให้เพิ่มขึ้นประมาณ 12-27 psu เพื่อกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายที่เลี้ยงไว้ร่วมกันในบ่อกุ้ง อาจเป็นข้อจำกัดของการใช้วิธีนี้ หรือหากต้องการใช้วิธีนี้จะต้องมีการแยกบ่อที่มีระดับความเค็มสูงไว้เฉพาะ เพื่อการขยายพันธุ์สาหร่าย จึงเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต และไม่สะดวกในการปฏิบัติหรือนำไปใช้ได้มากนัก โดยเฉพาะการย้ายสปอร์ที่กระตุ้นให้ปล่อยออกมาเพื่อนำไปเลี้ยงที่ระดับความเค็มที่เหมาะสม อาจทำได้ยาก และอาจไม่ประสบความสำเร็จในการเพาะเลี้ยงเท่าที่ควร

ตารางที่ 1 อัตราการปล่อยสปอร์และจำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่กระตุ้นด้วยความเค็มระดับต่างๆ

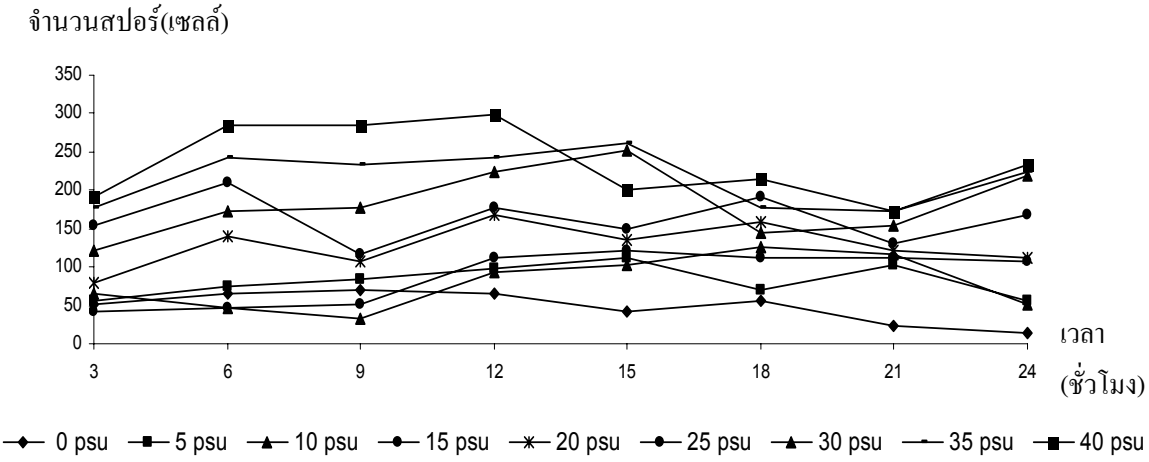
เวลา (ชั่วโมง)	จำนวนสปอร์ (เซลล์/กรัม/ชั่วโมง)								
	ความเค็ม (psu)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
3	51.33±3.79^{A}	56.00±2.65^{A}	65.33±3.2^{A}	42.00±3.00^{B}	79.33±4.5^{A}	154.00±3.61^{A}	121.33±8.02^{A}	177.33±5.86^{A}	191.33±3.51^{B}
6	65.33±3.06^{A}	74.67±4.93^{A}	46.67±3.51^{A}	46.67±2.3^{B}	140.00±3.46^{A}	210.00±4.36^{A}	172.67±4.62^{A}	242.67±6.35^{A}	284.67±7.02^{A}
9	70.00±3.00^{A}	84.00±7.81^{A}	32.67±2.08^{A}	51.33±3.06^{B}	107.33±3.21^{A}	116.67±2.08^{B}	177.33±4.62^{A}	233.33±3.51^{A}	284.67±2.52^{A}
12	65.33±4.73^{A}	98.00±7.00^{A}	93.33±3.51^{A}	112.00±3.46^{A}	168.00±3.61^{A}	177.33±3.51^{A}	224.00±4.00^{A}	242.67±4.04^{A}	298.67±3.51^{A}
15	42.00±3.46^{A}	112.00±4.36^{A}	102.67±7.51^{A}	121.33±2.08^{A}	135.33±2.52^{A}	149.332.89^{A}	252.00±3.00^{A}	261.33±7.77^{A}	200.67±5.86^{AB}
18	56.00±5.20^{A}	70.00±3.61^{A}	126.00±5.29^{A}	112.00±4.58^{A}	158.67±2.31^{A}	191.33±2.08^{A}	144.67±6.66^{A}	177.33±4.62^{A}	214.67±4.04^{AB}
21	23.33±2.08^{A}	102.67±3.79^{A}	116.67±5.86^{A}	112.00±5.57^{A}	121.33±4.73^{A}	130.67±4.04^{A}	154.00±5.57^{A}	172.67±4.04^{A}	172.67±5.69^{B}
24	14.00±1.73^{A}	56.00±3.00^{A}	51.33±4.73^{A}	107.33±4.73^{A}	112.00±4.36^{A}	168.00±5.57^{A}	219.33±3.51^{A}	224.00±7.94^{A}	233.33±7.23^{AB}
รวม (เซลล์/กรัม/วัน)	387^{c}	653^{c}	634^{c}	704^{cb}	1022^{b}	1297^{ba}	1465^{ba}	1731^{a}	1880^{a}

หมายเหตุ: ค่าในแนวตั้งของแต่ละความเค็มที่กำหนดด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ค่าในแนวนอนของแถวสุดท้ายที่กำหนดด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 9 จำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่กระตุ้นด้วยความเค็มระดับต่างๆ



ภาพที่ 10 อัตราการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่กระตุ้นด้วยความเค็มระดับต่างๆ

2. ศึกษาการชักนำของการผึ่งแห้งที่มีผลต่อการปล่อยสปอร์สาหร่ายไส้ไก่

การนำสาหร่ายไส้ไก่ที่เจริญเต็มวัย ขึ้นจากน้ำทะเลไปผึ่งแห้ง เพื่อศึกษาการชักนำจากการผึ่งแห้งที่มีผลต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ โดยนำสาหร่ายไปผึ่งแห้งที่เวลาแตกต่างกัน คือ 15, 30, 45, 60 นาที และไม่ผ่านการผึ่งแห้ง เมื่อครบระยะเวลาแต่ละช่วงจึงนำสาหร่ายลงเลี้ยงในน้ำทะเลอีกครั้ง พบว่า

สาหร่ายไส้ไก่ที่ผ่านการผึ่งแห้ง 15 นาที เมื่อนำกลับไปลงเลี้ยงในน้ำทะเล สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 564.67±101.71 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ได้จำนวนสปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 880.44±43.11 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดในชั่วโมงที่ 24 ปล่อยสปอร์ทั้งสิ้น 261.33±40.68 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ช่วงที่ได้จำนวนสปอร์สูงสุด กับช่วงต่ำสุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 4,075 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 2- ภาพที่ 9)

สาหร่ายไส้ไก่ที่ผ่านการผึ่งแห้ง 30 นาที เมื่อนำกลับไปลงเลี้ยงในน้ำทะเล สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 329.78±13.47 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ได้จำนวนสปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 1,006.44±7.13 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดในชั่วโมงที่ 24 ปล่อยสปอร์ทั้งสิ้น 320.44±59.09 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ช่วงที่ได้จำนวนสปอร์สูงสุด กับช่วงต่ำสุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 4,879 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 2- ภาพที่ 9)

สาหร่ายไส้ไก่ที่ผ่านการผึ่งแห้ง 45 นาที เมื่อนำกลับไปลงเลี้ยงในน้ำทะเล สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 185.11±21.04 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เป็นช่วงที่ได้จำนวนสปอร์ต่ำที่สุด ได้จำนวนสปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 980.00±40.41 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ช่วงที่ได้จำนวนสปอร์สูงสุด กับช่วงต่ำสุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 4,392 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 2- ภาพที่ 9)

สาหร่ายไส้ไก่ที่ผ่านการผึ่งแห้ง 60 นาที เมื่อนำกลับไปลงเลี้ยงในน้ำทะเล สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 177.33±28.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ได้จำนวนสปอร์สูงสุดใน

ชั่วโมงที่ 12 เท่ากับ 485.33±32.67 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดในชั่วโมงที่ 24 ปล่อยสปอร์ทั้งสิ้น 84.00±28.39 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ช่วงที่ได้จำนวนสปอร์สูงสุด กับช่วงต่ำสุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 2,226 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 2 - ภาพที่ 9)

สำหรับสาหร่ายไส้ไก่ที่ไม่ผ่านการผึ่งแห้ง เมื่อนำกลับไปลงเลี้ยงในน้ำทะเล พบว่า สาหร่ายมีการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก และมีการปล่อยสปอร์อย่างต่อเนื่อง จนสิ้นสุดการศึกษาในชั่วโมงที่ 24 เช่นกัน แต่จำนวนสปอร์ที่ได้มีจำนวนน้อยตลอดการทดลอง และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยสาหร่ายมีการปล่อยสปอร์เริ่มต้นที่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 32.67±28.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ได้จำนวนสปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 15 เท่ากับ 77.78±44.11 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดในชั่วโมงที่ 24 จำนวนสปอร์เพียง 3.11±5.39 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เท่านั้น และจำนวนสปอร์รวมทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 322 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 2-ภาพที่ 9)

จากการศึกษาผลของการผึ่งแห้งที่มีต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ พบว่า สาหร่ายไส้ไก่ที่ผ่านการผึ่งแห้งนาน 30 นาที ให้จำนวนสปอร์รวมมากที่สุดเท่ากับ 4,879 เซลล์/กรัม/วัน รองลงมา คือ 45 นาที 15 นาที 60 นาที และไม่มีการผึ่งแห้ง มีจำนวน 4,392 4,075 2,226และ322 เซลล์/กรัม/วัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่า จำนวนสปอร์ที่ได้จากการผึ่งแห้ง เป็นเวลา 15-45 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาจำนวนสปอร์รวมที่สาหร่ายปล่อยออกมาตลอด 24 ชั่วโมง พบว่า ในช่วง 15 ชั่วโมงแรก จำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายที่ผ่านการผึ่งแห้ง 15-45 นาที มีจำนวนใกล้เคียงกัน แต่ในระหว่างชั่วโมงที่ 15-18 สาหร่ายที่ผ่านการผึ่งแห้งนาน 30 นาที มีการปล่อยสปอร์เป็นจำนวนมากถึง 975.33±45.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีการปล่อยสปอร์มากกว่าสาหร่ายที่ผ่านการผึ่งแห้งนาน 15 และ 45 นาที ส่งผลให้ปริมาณสปอร์รวมที่ได้จากสาหร่ายที่ผ่านการผึ่งแห้งนาน 30 นาที มีจำนวนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 3- ภาพที่ 9)

เมื่อพิจารณาอัตราการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ปล่อยออกมาทุก 3 ชั่วโมง ตลอด 24 ชั่วโมง พบว่า สาหร่ายไส้ไก่ที่ผึ่งแห้ง 15, 30 และ 45 นาที มีการปล่อยสปอร์เพิ่มขึ้นและปล่อยสปอร์สูงสุดที่ชั่วโมงที่ 9 และลดลงในชั่วโมงที่ 12 โดยสาหร่ายที่ผึ่งแห้งนาน 30 นาที สามารถปล่อยสปอร์จำนวนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 1,006.44±7.13 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณสปอร์รวมสูงสุดคือ 4,879 เซลล์/กรัม/วัน สำหรับสาหร่ายที่ไม่ผ่านการผึ่งแห้ง ให้จำนวนสปอร์ต่ำที่สุด พบอัตราการ

ปล่อยสปอร์สูงสุดที่ชั่วโมงที่ 15 เท่ากับ 77.78±44.11เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และลดลงจนไม่มีการปล่อยสปอร์ในชั่วโมงที่ 24 จำนวนสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ผึ่งแห้งเป็นเวลา 15, 30 และ 45 นาที มีการปล่อยสปอร์สูงสุดที่ชั่วโมงที่ 9 หลังจากนั้นจำนวนสปอร์ของสาหร่ายที่ผ่านการผึ่งแห้งทั้ง 3 ระดับ มีอัตราการปล่อยสปอร์ลดลง ยกเว้นสาหร่ายที่ผึ่งแห้ง 30 นาที เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 18 อัตราการปล่อยสปอร์เพิ่มเป็น 975.33±45 เซลล์/กรัม /ชั่วโมง ขึ้นอีกครั้ง ซึ่งจำนวนสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ผ่านการผึ่งแห้ง 15 และ 60 นาที ที่ชั่วโมงที่ 18 เพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบอัตราการปล่อยของสปอร์สาหร่ายไส้ไก่ที่ผึ่งแห้งเป็นเวลา 15 30 และ 45 นาที พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แต่ทั้ง 3 ระดับผึ่งแห้งมีความแตกต่างทางสถิติกับการผึ่งแห้ง 60 นาที และที่ไม่ผึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) (ตารางที่ 3 - ภาพที่ 10)

ผลการผึ่งแห้งที่มีต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ *(U. intestinalis)* ไม่พบรายงานการศึกษาที่ชัดเจน เนื่องจากสาหร่ายสกุล *Enteromorpha* และ *Ulva* มีการผลิตเพื่อเป็นการค้า ข้อมูลรายละเอียดในการเพาะเลี้ยงอาจไม่เปิดเผยอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม มีการใช้การผึ่งแห้งเพื่อกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายหลายชนิดในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสาหร่ายมานานกว่า 40 ปี Sousa *et.al*.(2007) พบว่า ธาตุอาหาร ความเค็ม อุณหภูมิ และแสง มีผลต่อการเกิด และการเจริญเติบโตของสปอร์สาหร่ายไส้ไก่ *(U. intestinalis)* ที่พบในธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสาหร่ายไส้ไก่ Lotze and Worm (2002) พบว่าช่วงฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น ความเข้มแสงและปริมาณแสงเพิ่มขึ้นเป็นผลดีต่อสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ นอกจากนี้ บุปผา (2533) ยังพบว่า ระยะเวลาในรอบวันเวลา และการผึ่งแห้ง เป็นปัจจัยที่ช่วยกระตุ้นให้สาหร่ายปล่อยสปอร์ โดยกลไกการปล่อยสปอร์ของสาหร่าย ด้วยการกระตุ้นจากการผึ่งแห้งเกิดขึ้นได้เพราะ โดยปกติสาหร่ายในธรรมชาติมักเจริญอยู่ในน้ำทะเล แต่เมื่อน้ำทะเลลดลง ทัลลัสของสาหร่ายจะโผล่พ้นน้ำ ส่งผลให้น้ำภายในสาหร่ายระเหยออก ทัลลัสจะเหี่ยวลง ความเข้มข้นของสารละลายภายในสาหร่ายจึงสูงขึ้น และเมื่อเวลาน้ำขึ้น สาหร่ายจะกลับไปแช่น้ำอีกครั้ง น้ำจะถูกดูดเข้ามาภายใน ทำให้เซลล์เกิดการขยายตัวและเกิดแรงดันออสโมติกภายในสาหร่าย ส่งผลให้สปอร์ของสาหร่ายถูกดันออกมา และการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายจะมีมากในช่วงน้ำขึ้นหลังจากผึ่งแห้งเป็นเวลาประมาณ 10 นาที พบว่าสปอร์ของสาหร่ายจะเริ่มปล่อยหลังจากน้ำขึ้น 10-15 นาที โดยในช่วงแรกสปอร์จะถูกปล่อยออกมาจำนวนมาก และค่อย ๆ ลดลงในช่วงหลัง (Segawa *et. al*., 1995) จากกลไกการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายโดยการกระตุ้นด้วยการผึ่งแห้ง พบว่า หลักการเดียวกันนี้สามารถกระตุ้นสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ให้ปล่อยโปรโตพลาสต์ (protoplast) ออกมาได้ โดยการปรับสารละลายจำพวกเอนไซม์ภายในเซลล์ของสาหร่ายให้แตกต่างกัน จนเกิดแรงดันออสโมติกร่วมกับการย่อยสลายผนังเซลล์ด้วยเอมไซม์สังเคราะห์ เป็นผลให้โปรโตพลาสต์ของสาหร่ายถูกปล่อยออกมา และสามารถนำไปเพาะเลี้ยงต่อให้

เจริญเป็นสาหร่ายต้นเต็มวัยได้ต่อไป (Rusig and Cosson., 2001) และจากการศึกษาของ Hattori and Shizuri (1996) เกี่ยวกับสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการลงเกาะและการงอกของสปอร์ในสาหร่าย *U. conglobata* พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมคือช่วง 25-30 องศาเซลเซียส ความเค็ม 33 ppt และความเข้มแสงคือช่วง 1,500-3000 ลักซ์ แต่ Schories (1995) พบว่า สปอร์ของสาหร่าย *E. intestinalis* สามารถคงอยู่ในสภาวะไร้แสงได้นานกว่า 10 เดือน และยังสามารถงอกขึ้นได้ สำหรับความเค็ม พบว่าสาหร่ายในสกุล *Ulva* เป็นสาหร่ายที่ทนการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงกว้าง ดังนั้นจึงพบการลงเกาะและงอกเป็นทัลลัสของสาหร่ายสกุลนี้ได้ ในบริเวณน้ำจืด หรืออยู่ในน้ำความเค็มต่ำเป็นเวลานาน นอกจากนี้ยัง พบว่า อัตราการลงเกาะและอัตราการงอกของสาหร่ายในสกุล *Ulva* ที่ได้มาจากการเพาะเลี้ยงเมื่อเปรียบเทียบโดยปริมาณกับสาหร่ายชนิดนี้ในธรรมชาติ พบว่ามีความใกล้เคียงกัน

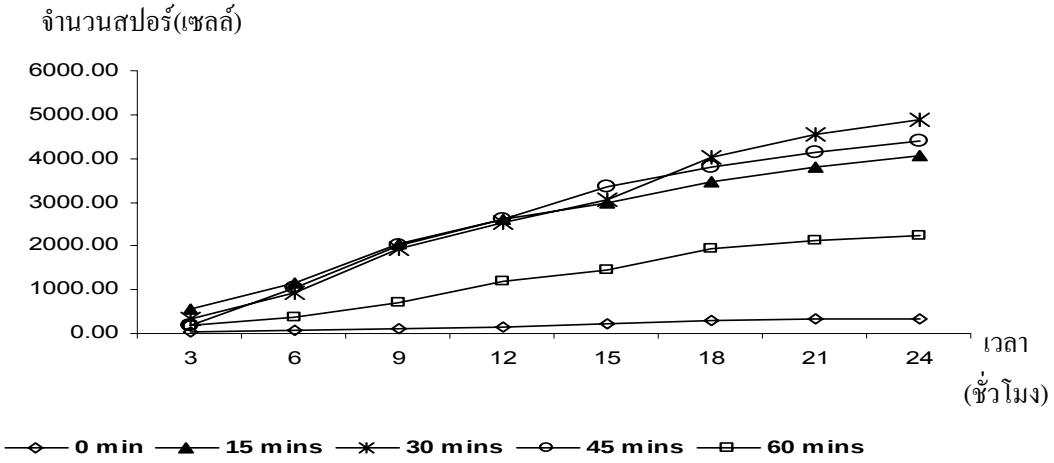
จากการศึกษาครั้งนี้แสดงว่า ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ผ่านการผึ่งแห้ง มีความแตกต่างกับปริมาณสปอร์ของสาหร่ายที่ไม่ผึ่งแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ สปอร์ที่ได้จากการศึกษาทั้งหมดครั้งนี้ มีลักษณะปกติสมบูรณ์ สามารถพัฒนาขึ้นเป็นทัลลัสของสาหร่ายไส้ไก่เต็มวัยได้ ซึ่งสอดคล้องกับกลไกการปล่อยสปอร์ของสาหร่าย ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยการผึ่งแห้งของ Segawa *et .al*. (1995) และ บุปผา (2533) ที่รายงานว่า การผึ่งแห้งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยกระตุ้นให้สาหร่ายปล่อยสปอร์ และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ระยะเวลาที่สาหร่ายผึ่งแห้ง มีผลต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่าย โดยสาหร่ายที่ผึ่งแห้งเป็นเวลานานเกินไป จะส่งผลให้ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายลดลง การกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ด้วยการผึ่งแห้ง เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก สามารถนำไปใช้ได้จริง ในการเพิ่มปริมาณการผลิตสาหร่ายไส้ไก่ ซึ่งปัจจุบัน มีเกษตรกรจำนวนมากให้ความสนใจในการนำสาหร่ายชนิดนี้ไปเลี้ยงร่วมกับการเลี้ยงกุ้งทะเล ดังนั้นวิธีเพิ่มการขยายพันธุ์สาหร่ายวิธีนี้ จึงเหมาะแก่การนำไปเผยแพร่ให้กับเกษตรกรผู้ที่สนใจต่อไปได้ โดยเฉพาะการกระตุ้นสาหร่ายไส้ไก่ให้ปล่อยสปอร์ด้วยวิธีการผึ่งแห้ง สามารถนำไปปฏิบัติได้ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับการกระตุ้นด้วยความเค็ม เนื่องจากสาหร่ายไส้ไก่ที่เพาะเลี้ยงไว้ร่วมกับกุ้งในบ่อเพาะเลี้ยง เมื่อเจริญเติบโตเต็มวัยในระยะที่มีการสร้างสปอร์จำนวนมาก จะลอยขึ้นปกคลุมผิวน้ำในบ่อ มีลักษณะเป็นหลอดกลวง ทัลลัสมีสีเหลือง ดังนั้นเมื่อสาหร่ายเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะนี้หากเกษตรกรนำทัลลัสของสาหร่ายขึ้นมาผึ่งแห้งไว้ที่ขอบบ่อประมาณ 15-60 นาที แล้วนำกลับไปลงเลี้ยงในบ่ออีกครั้ง หลังจากผ่านการผึ่งแห้งสปอร์ภายในทัลลัสของสาหร่ายจะถูกกระตุ้นให้ปล่อยออกมาได้เป็นจำนวนมาก และมากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงไว้ในบ่อตลอดเวลา สปอร์ของสาหร่ายที่ถูกกระตุ้นให้ปล่อยออกมาจะสามารถเจริญเติบโตอยู่ภายในบ่อเพาะเลี้ยงต่อไปได้ โดยไม่ต้องเคลื่อนย้ายบ่อเพาะเลี้ยงสปอร์ จึงสะดวกกว่าใช้ความเค็มเป็นสิ่งกระตุ้นที่จะต้องมีการเคลื่อนย้ายบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายในภายหลัง และผลของการศึกษาครั้งนี้ ทำให้ทราบว่า สาหร่ายไส้ไก่สามารถปล่อยสปอร์

ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก หลังจากนำกลับไปลงเลี้ยงและจะให้จำนวนสปอร์สูงสุดที่ชั่วโมงที่ 9 หลังจากนั้นอัตราการปล่อยสปอร์จะลดต่ำลง แต่จำนวนสปอร์จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในชั่วโมงที่ 18 ดังนั้น การปล่อยสปอร์ของสาหร่ายจะปล่อยเป็น 2 ช่วงเวลา โดยห่างกันประมาณ 9 ชั่วโมง ดังนั้นในการนำไปประยุกต์ใช้แต่ละชั่วโมงอาจจะพบการปล่อยสปอร์จำนวนไม่เท่ากัน เกษตรกรอาจต้องคำนึงถึงช่วงเวลาในแต่ละวันในการผึ่งแห้งสาหร่าย เพราะอาจจะส่งผลต่อจำนวนสปอร์ที่ปล่อยออกมา จากการศึกษาครั้งนี้ ได้นำสาหร่ายขึ้นผึ่งแห้งในเวลาช่วงเช้า พบว่า สามารถกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ ให้ออกมาได้จำนวนมาก และได้จำนวนมากกว่าการกระตุ้นด้วยความเค็ม อาจเป็นเพราะในธรรมชาติหากเป็นช่วงน้ำลงเวลากลางคืนหรือช่วงเช้า สาหร่ายจะสามารถเจริญรอดผ่านการผึ่งแห้งได้ดี เนื่องจากการผึ่งแห้งของสาหร่ายในเวลากลางวันจะส่งผลเสียต่อสาหร่ายมากกว่าเวลากลางคืนหรือช่วงเช้า และฤดูกาลต่างๆก็มีผลทำให้การผึ่งแห้งของสาหร่ายแตกต่างกัน เช่น ช่วงหน้าร้อนจะส่งผลกระทบต่อสาหร่ายได้มากกว่าช่วงหน้าหนาว เป็นต้น(Lobban and Harrison, 1994) ดังนั้น การนำสาหร่ายไส้ไก่มาผึ่งแห้ง จะต้องพิจารณาถึงช่วงเวลาที่เหมาะสม อุณหภูมิของอากาศ ปริมาณความเข้มแสง และระยะเวลาในการผึ่งแห้ง เป็นสำคัญด้วย เนื่องจากการที่สาหร่ายไส้ไก่ได้รับสิ่งที่ส่งผลต่อสภาพเครียดแก่ทัลลัสมากเกินไป นอกจากจะส่งผลให้จำนวนสปอร์ปล่อยออกมาลดลง ยังมีผลกระทบต่อกระบวนการทางกายภาพ และชีวเคมีภายในสาหร่าย (Ohno and Critchley, 1993) ทำให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายลดลง หรือทัลลัสเสียหาย จนไม่สามารถเจริญต่อไปได้และตายในที่สุด

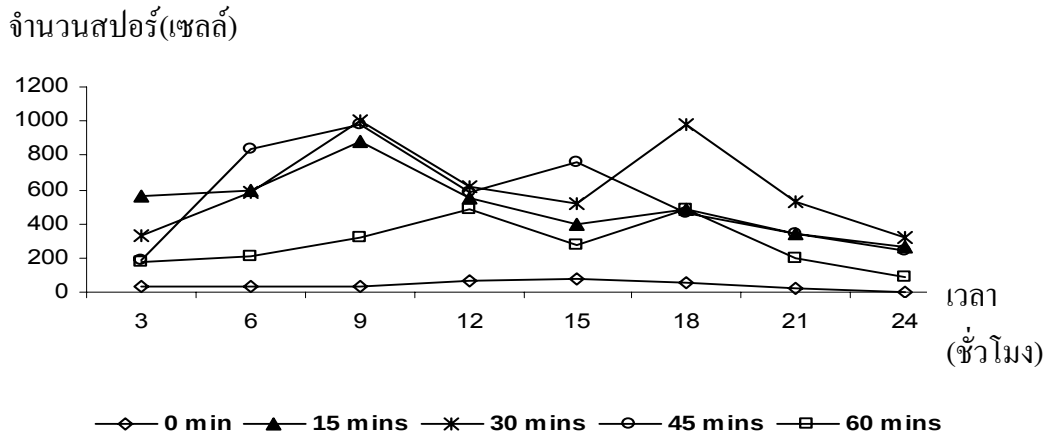
ตารางที่ 2 อัตราการปล่อยสปอร์และจำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ผ่านการผึ่งแห้งด้วยเวลาต่างๆ

	จำนวนสปอร์ (เซลล์/กรัม/ชั่วโมง)				
	ระยะเวลาผึ่งแห้ง (นาที)				
เวลา (ชั่วโมง)	0	15	30	45	60
3	32.67±28.00^{A}	564.67±101.71^{BCD}	329.78±13.47^{E}	185.11±21.04^{G}	177.33±28.00^{E}
6	32.67±21.39^{A}	595.78±78.97^{B}	586.44±77.01^{CD}	840.00±24.69^{B}	206.89±25.70^{E}
9	37.33±12.35^{A}	880.44±43.11^{A}	1,006.44±7.13^{A}	980.00±40.41^{A}	314.22±16.39^{C}
12	60.67±21.39^{A}	550.67±20.34^{BC}	617.56±35.03^{C}	586.44±7.13^{D}	485.33±32.67^{A}
15	77.78±44.11^{A}	392.00±35.23^{D}	518.00±16.83^{D}	754.44±17.67^{C}	278.44±11.74^{D}
18	52.89±31.07^{A}	485.33±45.96^{BC}	975.33±45.00^{B}	465.11±27.34^{E}	479.11±9..71^{B}
21	24.89±23.02^{A}	345.33±32.67^{DE}	525.78±32.78^{D}	340.67±8.08^{F}	200.67±32.67^{E}
24	3.11±5.39^{A}	261.33±40.68^{DE}	320.44±59.09^{E}	241.11±72.65^{FG}	84.00±28.39^{F}
รวม (เซลล์/กรัม/วัน)	322^{c}	4,075^{a}	4,879^{a}	4,392^{a}	2,226^{b}

หมายเหตุ: ค่าในแนวตั้งของแต่ละระยะเวลาผึ่งแห้งที่กำหนดด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)
ค่าในแนวนอนของแถวสุดท้ายที่กำหนดด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 11 จำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ผ่านการผึ่งแห้งด้วยเวลาต่างๆ



ภาพที่ 12 อัตราการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ผ่านการผึ่งแห้งด้วยเวลาต่างๆ

3. ศึกษาการชักนำของความเค็มร่วมกับการผึ่งแห้งที่มีผลต่อการปล่อยสปอร์สาหร่ายไส้ไก่

การทดลองชักนำการปล่อยสปอร์ด้วยระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 psu ร่วมกับการผึ่งแห้งที่ระยะเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาทีต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ ได้ผลดังต่อไปนี้

3.1 ความเค็มระดับต่างๆร่วมกับระยะเวลาผึ่งแห้ง 15 นาที

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับความเค็ม 0 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรกของการศึกษา เท่ากับ 186.66±2.52 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ปริมาณสปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 238.00±2.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 18, 21 และ 24 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 42-55 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีค่าเท่ากับ 1,050 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 3) การทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของแต่ละช่วงเวลาในการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 9 ที่ได้จำนวนสปอร์มากที่สุด มีความแตกต่างกับช่วงชั่วโมงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปริมาณสปอร์ที่ชั่วโมง 18, 21 และ 24 มีปริมาณน้อยกว่าสปอร์ในชั่วโมงอื่น ๆ อย่างแตกต่างและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์เช่นกัน (ตารางที่ 3 – ภาพที่ 14)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับความเค็ม 5 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรกของการศึกษา เท่ากับ 228.66±1.53 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ปริมาณสปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 12 เท่ากับ 275.33±1.53 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 18 เท่ากับ 102.66±1.15 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ1,432 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 3) การทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของแต่ละช่วงเวลาในการทดลอง พบว่า ปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 12 ซึ่งเป็นช่วงชั่วโมงที่ให้จำนวนสปอร์สูงที่สุด มีความแตกต่างกับช่วงชั่วโมงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทาง (ตารางที่ 3 – ภาพที่ 14)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับความเค็ม 10 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 158.66±1.53 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณน้อยที่สุด สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 12 มีปริมาณเท่ากับ 308.00±4.36เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1,656 เซลล์/

กรัม/วัน (ตารางที่ 3) การทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของแต่ละช่วงเวลาในการทดลอง พบว่า ปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 12 ที่ได้จำนวนสปอร์มากที่สุดไม่มีความแตกต่างกับ ชั่วโมงที่ 9 และ 15 นอกจากนี้ปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 3, 6, 18, 21 และ 24 พบว่า ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3 – ภาพที่ 14)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับความเค็ม 15 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 135.33±1.53 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณน้อยที่สุด สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 12 มีปริมาณเท่ากับ 518.00±5.29 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 2,940 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 3) การทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของแต่ละช่วงเวลาในการทดลอง พบว่า ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ในชั่วโมงที่ 12 ที่ให้จำนวนสปอร์สูงที่สุด ไม่มีความแตกต่างกับปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 6, 9 และ15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จำนวนสปอร์ในชั่วโมงที่ 3 ที่ได้จำนวนสปอร์น้อยที่สุด พบว่าแตกต่างกับทุกช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3 – ภาพที่ 14)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับความเค็ม 20 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 149.33±5.03 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่สูงสุดในชั่วโมงที่ 9 มีปริมาณเท่ากับ 224.00±4.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และน้อยที่สุดในชั่วโมงที่ 6 มีค่าเท่ากับ 116.66±2.31 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมงมีจำนวน 1,386 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 3) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ในชั่วโมงที่ 9 จะมีความแตกต่างกับชั่วโมงที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3- ภาพที่ 14)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับความเค็ม 25 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 98.00±3.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงที่ได้จำนวนสปอร์น้อยที่สุด สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 149.33±3.21 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 989 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 3) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ในทุกช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3 – ภาพที่ 14)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับความเค็ม 30 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 60.66±2.31 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 116.66±5.51เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 18 มีค่าอยู่ที่ 56.00±2.65 เซลล์/กรัม/ชั่วโมงเมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมง มีจำนวน 681 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 3) การทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ในแต่ละช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3 – ภาพที่ 14)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับความเค็ม 35 psu ในพบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 42.00±1.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 21 มีปริมาณเท่ากับ 93.33±4.16เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 มีค่าอยู่ที่ 32.66±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมงเมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมงมีจำนวน 452 เซลล์/กรัม/วัน (ตางรางที่ 3) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ในแต่ละช่วงเวลา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3 – ภาพที่ 14)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับความเค็ม 40 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 56.00±1.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงที่ได้จำนวนสปอร์สูงที่สุด และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 มีค่าอยู่ที่ 18.66±1.53 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีค่าอยู่ที่ 308 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 3) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ในชั่วโมงที่ 3 แตกต่างกับปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 24 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3 – ภาพที่ 14)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ผึ่งแห้งที่ 15 นาที ก่อนจะนำลงเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 0, 5 ,10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 psu พบว่า ปริมาณสปอร์รวมในทุกระดับความเค็มมีจำนวนสปอร์เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 จนสิ้นสุดการทดลอง โดยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่สะสมมีปริมาณมากที่สุดที่ระดับความเค็ม 15 psu (ภาพที่ 13) เมื่อพิจารณาสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ระดับความเค็ม 15 psu พบว่า ปริมาณสปอร์เฉลี่ยสูงสุดในชั่วโมงที่ 12 และชั่วโมง

ที่ 6 (ภาพที่ 14) รองลงมาได้แก่ที่ระดับความเค็ม 10 psu และ 5 psu โดยมีปริมาณสปอร์รวมเท่ากับ 1,656 และ 1,432 เซลล์/กรัม/วัน ตามลำดับ ในขณะที่

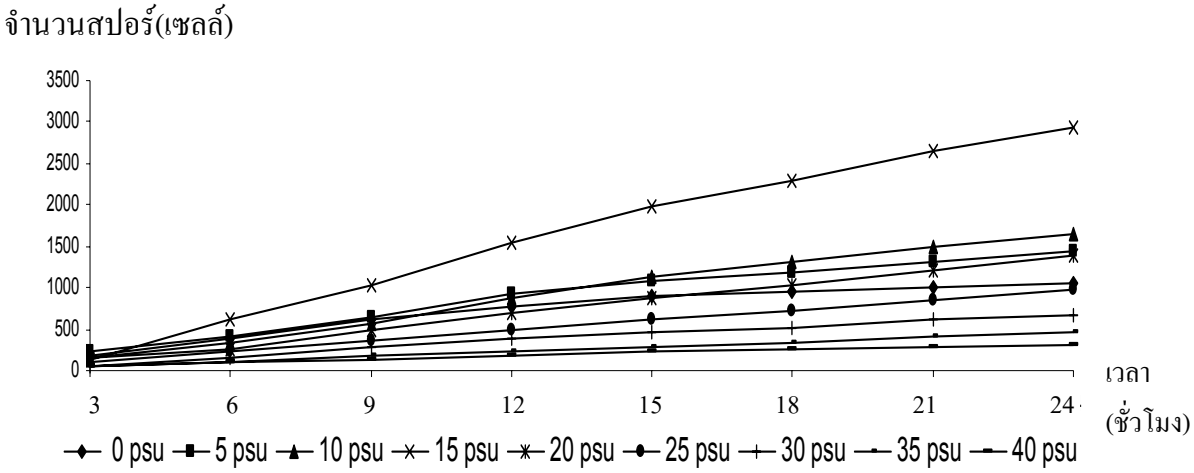
สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ระดับความเค็ม 40 psu มีปริมาณสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่น้อยที่สุด 308 เซลล์/กรัม/วัน เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ความเค็ม 15 psu มีความแตกต่างกับปริมาณสปอร์ที่ระดับความเค็มอื่น ๆ ยกเว้นที่ระดับความเค็ม 10 psu และปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ระดับความเค็ม 40 psu ไม่มีความแตกต่างกับปริมาณสปอร์ที่ระดับความเค็ม 35 psu (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 อัตราการปล่อยสปอร์และจำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆร่วมกับการผึ่งแห้ง 15 นาที

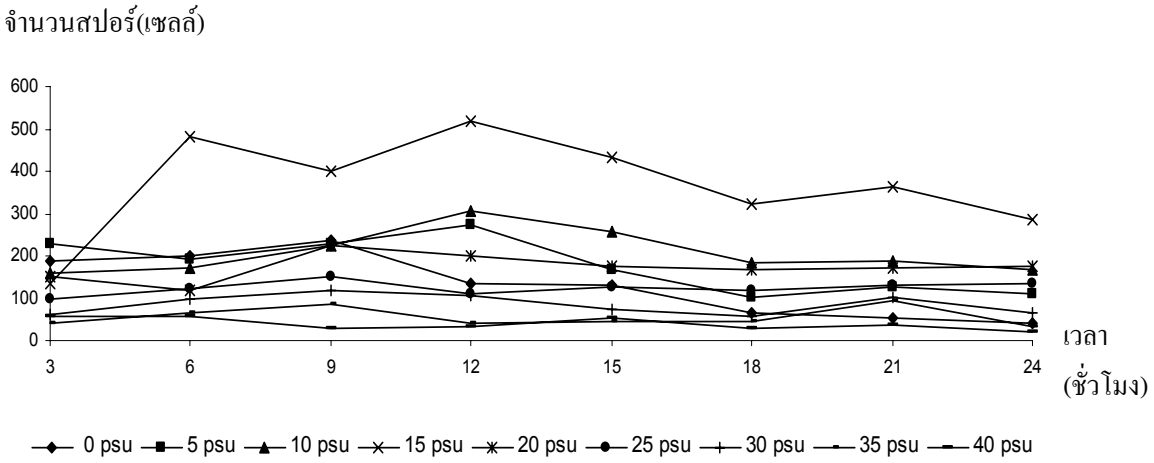
	จำนวนสปอร์ (เซลล์/กรัม/ชั่วโมง)								
	ความเค็ม (psu)								
เวลา (ชั่วโมง)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
3	186.66±2.52^{B}	228.66±1.53^{B}	158.66±1.53^{C}	135.33±1.53^{D}	149.33±5.03^{AB}	98.00±3.00^{A}	60.66±2.31^{A}	42.00±1.00^{A}	56.00±1.00^{A}
6	200.66±2.31^{B}	191.33±3.21^{B}	172.66±2.08^{BC}	480.66±5.86^{A}	116.66±2.31^{B}	121.33±1.15^{A}	98.00±6.65^{A}	65.33±2.08^{A}	56.00±1.73^{AB}
9	238.00±2.00^{A}	228.66±0.58^{B}	224.00±3.00^{AB}	401.33±9.02^{ABC}	224.00±4.00^{A}	149.33±3.21^{A}	116.66±5.51^{A}	84.00±3.00^{A}	28.00±1.73^{AB}
12	135.33±3.51^{BC}	275.33±1.53^{A}	308.00±4.36^{A}	518.00±5.29^{A}	200.66±4.04^{AB}	112.00±1.73^{A}	107.33±0.58^{A}	42.00±3.00^{A}	32.66±1.53^{AB}
15	130.66±1.15^{C}	168.00±1.73^{B}	256.66±3.21^{A}	434.00±2.65^{AB}	177.33±2.52^{AB}	126.00±3.00^{A}	74.66±2.08^{A}	46.66±2.31^{A}	51.33±0.58^{AB}
18	65.33±2.52^{D}	102.66±1.15^{C}	182.00±2.65^{BC}	322.00±3.61^{C}	168.00±1.73^{AB}	116.66±2.08^{A}	56.00±2.65^{A}	46.66±2.52^{A}	28.00±2.00^{AB}
21	51.33±0.58^{D}	126.00±2.65^{C}	186.66±2.31^{BC}	364.00±2.65^{B}	172.66±4.04^{AB}	130.66±2.52^{A}	102.66±3.06^{A}	93.33±4.16^{A}	37.33±2.08^{AB}
24	42.00±1.73^{D}	112.00±1.73^{C}	168.00±1.73^{BC}	284.66±2.52^{C}	177.33±5.51^{AB}	135.33±2.52^{A}	65.33±2.08^{A}	32.66±0.58^{A}	18.66±1.53^{B}
รวม (เซลล์/กรัม/วัน)	1050^{b}	1432^{b}	1656^{ba}	2940^{a}	1386^{b}	989^{bc}	681^{c}	452^{cd}	308^{d}

หมายเหตุ: ค่าในแนวตั้งของแต่ละความเค็มที่กำหนดด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ค่าในแนวนอนของแถวสุดท้ายที่กำหนดด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 13 จำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 15 นาที



ภาพที่ 14 อัตราการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 15 นาที

3.2 ความเค็มระดับต่าง ๆ ร่วมกับระยะเวลาผึ่งแห้ง 30 นาที

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 30 นาที ที่ระดับความเค็ม 0 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 116.66±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 9 มีปริมาณเท่ากับ 224.00±2.65 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 12 มีจำนวนเท่ากับ 93.33±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมง มีจำนวน 1,246 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 4) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 9 มีความแตกต่างกับชั่วโมงที่12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4 - ภาพที่ 16)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 30 นาที ที่ระดับความเค็ม 5 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 233.33±1.15 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 6 มีปริมาณเท่ากับ 261.33±2.52 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 มีจำนวนเท่ากับ 116.66±3.79 เซลล์/กรัม/ชั่วโมงเมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองจำนวน 1,395 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 4) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 3และ6 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเป็นช่วงที่มีสปอร์ปล่อยออกมามากที่สุด ซึ่งปริมาณจะแตกต่างกับสปอร์ในชั่วโมงที่ 9, 12, 15, 18, 21 และ24 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4 - ภาพที่ 16)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 30 นาที ที่ระดับความเค็ม 10 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 182.00±3.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมงปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 340.66±3.21 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 163.33±1.53 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีจำนวน 1,801 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 4) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 9 ไม่มีความแตกต่างกับในชั่วโมงที่ 6 แต่มีความแตกต่างกับชั่วโมงอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4 - ภาพที่ 16)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 30 นาที ที่ระดับความเค็ม 15 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 345.33±3.51 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 564.66±9.61เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 15 เท่ากับ 312.66±6.66 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมง มีจำนวน 3,308 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 4) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 9 ที่ให้จำนวนสูงสุดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับปริมาณสปอร์ที่ชั่วโมงที่ 6 และ12 (ตารางที่ 4 - ภาพที่ 16)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 30 นาที ที่ระดับความเค็ม 20 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรกเท่ากับ 158.66±3.06 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 6 เท่ากับ 238.00±4.58เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 126.00±3.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีค่าเท่ากับ 1,610 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 4) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในทุกช่วงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในชั่วโมง 24 ที่ให้จำนวนสปอร์น้อยที่สุดเท่านั้น (ตารางที่ 4 - ภาพที่ 16)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 30 นาที ที่ระดับความเค็ม 25 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 88.66±2.52 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงที่ได้จำนวนสปอร์น้อยที่สุด ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 12 เท่ากับ 177.33±2.52 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1,171 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 4) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในชั่วโมง 3 ที่ให้จำนวนสปอร์น้อยที่สุดเท่านั้น (ตารางที่ 4 - ภาพที่ 16)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 30 นาที ที่ระดับความเค็ม 30 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 93.33±4.04 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 12 เท่ากับ 144.66±1.53เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และน้อยที่สุด

ในช่วงชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 60.66±2.31 เซลล์/กรัม/ชั่วโมงเมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีจำนวนเท่ากับ 826 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 4) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในชั่วโมง 24 ที่ให้จำนวนสปอร์น้อยที่สุดเท่านั้น (ตารางที่ 4 - ภาพที่ 16)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 30 นาที ที่ระดับความเค็ม 35 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 74.66±2.08 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 15 เท่ากับ 107.33±2.08 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 18 เท่ากับ 32.66±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 574 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 4) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในทุกช่วงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในชั่วโมง 18 ที่ให้จำนวนสปอร์น้อยที่สุดเท่านั้น (ตารางที่ 4 - ภาพที่ 16)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 30 นาที ที่ระดับความเค็ม 40 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 37.33±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 12 เท่ากับ 65.33±2.08เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 18.66±1.15 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีค่าอยู่ที่ 350 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 4) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าพบว่าปริมาณสปอร์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในชั่วโมง 24 ที่ให้จำนวนสปอร์น้อยที่สุดเท่านั้น (ตารางที่ 4 - ภาพที่ 16)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ผ่านการผึ่งแห้ง 30 นาที ก่อนจะนำลงเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 psu พบว่า ปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองสูงสุดที่ระดับความเค็ม 15 psu ซึ่งแตกต่างจากระดับความเค็มอื่นๆอย่างชัดเจน (ภาพที่ 15) มีปริมาณสปอร์รวมเท่ากับ 3,308 เซลล์/กรัม/วัน มีความแตกต่างกับปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ปล่อยออกมาที่ความเค็มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าที่ระดับความเค็ม 40 psu เป็นกลุ่มที่มีปริมาณสปอร์รวมน้อยที่สุดและแตกต่างจากความเค็มในกลุ่มอื่น ๆ อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4 - ภาพที่ 15) เช่นเดียวกับการทดลองของระดับความเค็มร่วมกับการผึ่งแห้งสาหร่ายไส้ไก่เป็นเวลา 15 นาที และเมื่อพิจารณาปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ระดับความเค็ม 15 psu พบว่าสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 และมีปริมาณสูงสุดในชั่วโมง 9 มีปริมาณสปอร์เท่ากับ 564.66±9.61 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง หลังจากนั้นสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่มีปริมาณลดลง แต่พบว่าในชั่วโมงที่ 18 สปอร์มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 16)

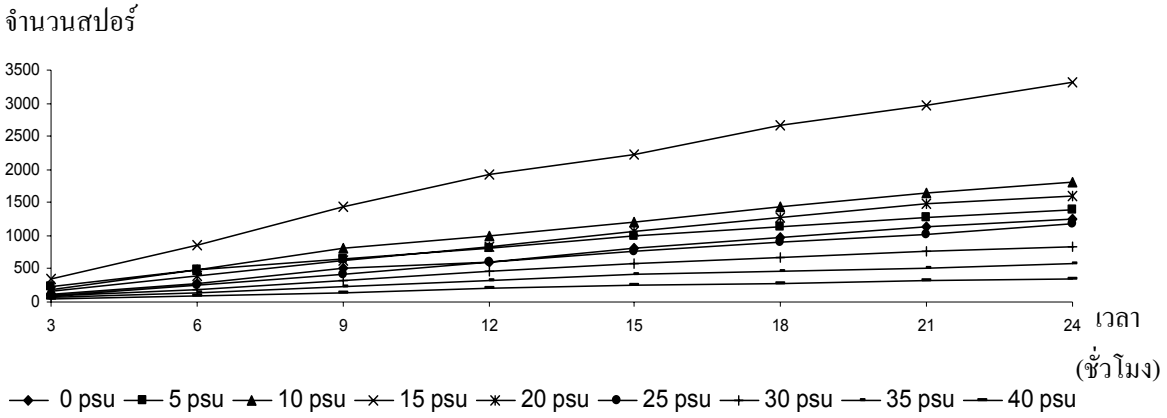
เมื่อพิจารณาการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ปล่อยออกมาทุก 3 ชั่วโมง ตลอดการทดลอง พบว่า ที่ความเค็ม 15 psu ที่ให้จำนวนสปอร์รวมสูงสุดนั้น มีอัตราการปล่อยสปอร์สูงตลอดการทดลอง และสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 564.66±9.61 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ต่ำสุดที่ชั่วโมงที่ 15 เท่ากับ 312.66 ±6.66 เซลล์/กรัม /ชั่วโมง และที่ความเค็ม 40 psu ที่ให้จำนวนสปอร์รวมต่ำที่สุดพบว่าอัตราการปล่อยสปอร์สูงสุดที่ 12 ชั่วโมง เท่ากับ 65.33±2.08 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดที่ชั่วโมงที่ 24 เพียง 18.66±1.15 เซลล์/กรัม /ชั่วโมง (ตารางที่ 4) อัตราการปล่อยสปอร์ของทุกระดับความเค็มพบว่า ช่วงที่จำนวนสปอร์สูงสุดอยู่ระหว่างชั่วโมงที่ 6 ถึงชั่วโมงที่ 12 และอัตราการปล่อยจะลดลงในชั่วโมงที่ 15 เป็นต้นไป จนสิ้นสุดการทดลองที่ 24 ชั่วโมง โดยจะเห็นได้ชัดเจนที่สุดที่ระดับความเค็ม 15 psu สำหรับระดับความเค็มอื่น ๆ อัตราการปล่อยสปอร์มีความสม่ำเสมอ และใกล้เคียงกันแต่ละช่วง ไม่มีความแตกต่างกันนอย่างชัดเจน ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 16)

ตารางที่ 4 อัตราการปล่อยสปอร์และจำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆร่วมกับการผึ่งแห้ง 30 นาที

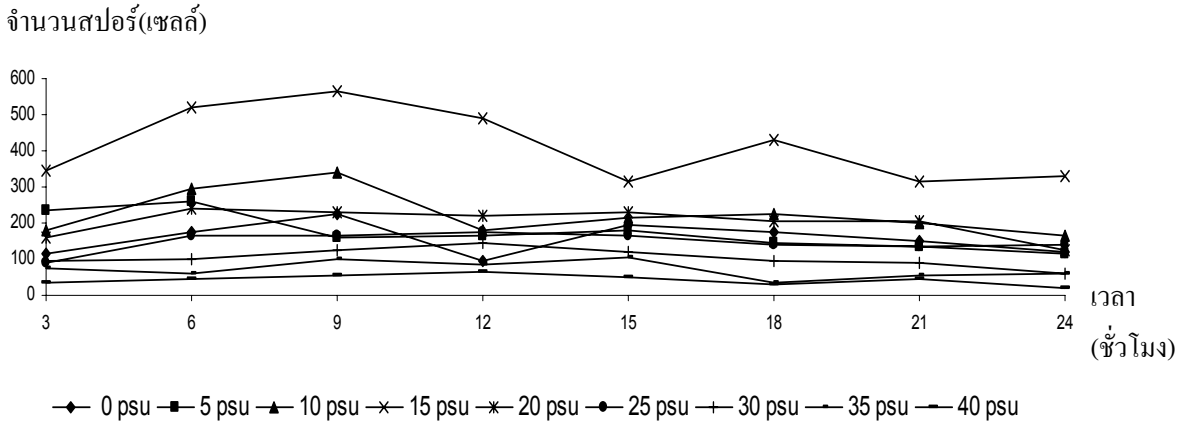
เวลา(ชั่วโมง)	จำนวนสปอร์ (เซลล์/กรัม/ชั่วโมง) ความเค็ม(psu)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
3	116.66±0.58^{B}	233.33±1.15^{A}	182.00±3.00^{D}	345.33±3.51^{B}	158.66±3.06^{AB}	88.66±2.52^{B}	93.33±4.04^{AB}	74.66±2.08^{A}	37.33±0.58^{AB}
6	172.66±2.08^{AB}	261.33±2.52^{A}	294.00±3.61^{AB}	518.00±4.58^{A}	238.00±4.58^{A}	163.33±2.52^{A}	98.00±3.00^{AB}	60.66±0.58^{A}	46.66±1.53^{AB}
9	224.00±2.65^{A}	158.66±1.53^{B}	340.66±3.21^{A}	564.66±9.61^{A}	228.66±3.51^{A}	163.33±4.73^{AB}	126.002.65^{A}	98.00±1.73^{A}	56.00±2.00^{AB}
12	93.33±0.58^{C}	163.33±1.53^{B}	182.00±4.36^{C}	490.00±4.58^{A}	219.33±1.53^{A}	177.33±2.52^{A}	144.66±1.53^{A}	84.00±1.73^{A}	65.33±2.08^{A}
15	196.00±4.58^{AB}	182.00±1.00^{B}	214.66±4.93^{BC}	312.66±6.66^{B}	228.66±4.04^{A}	163.33±3.51^{A}	121.33±3.06^{AB}	107.33±2.08^{A}	51.33±3.79^{AB}
18	172.66±4.62^{AB}	144.66±2.52^{B}	224.00±5.29^{B}	429.33±12.50^{B}	205.33±4.04^{AB}	140.00±3.00^{AB}	93.33±2.31^{AB}	32.66±0.58^{B}	28.00±1.73^{AB}
21	149.33±2.08^{B}	135.33±2.89^{B}	200.66±2.31^{C}	317.33±5.69^{B}	205.33±2.08^{AB}	135.33±4.73^{AB}	88.66±3.21^{AB}	56.00±2.65^{AB}	46.66±2.52^{AB}
24	121.33±2.31^{BC}	116.66±3.79^{B}	163.33±1.53^{C}	331.33±8.50^{B}	126.00±3.00^{B}	140.00±6.00^{AB}	60.66±2.31^{B}	60.66±3.21^{AB}	18.66±1.15^{B}
รวม (เซลล์/กรัม/วัน)	1246.00^{b}	1395.33^{b}	1801.33^{b}	3308.67^{a}	1610.00^{b}	1171.33^{ab}	826.00^{c}	574.00^{c}	350.00^{d}

หมายเหตุ: ค่าในแนวตั้งของแต่ละความเค็มที่กำหนดด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ค่าในแนวนอนของแถวสุดท้ายที่กำหนดด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 15 จำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 30 นาที



ภาพที่ 16 การปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 30 นาที

3.3 ความเค็มระดับต่างๆร่วมกับระยะเวลาผึ่งแห้ง 45 นาที

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 45 นาที ที่ระดับความเค็ม 0 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ102.66±2.08 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 256.66±1.53 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 88.66±2.52 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีค่าเท่ากับ 1,171 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 5) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 9 ที่ได้จำนวนสูงสุด มีความแตกต่างกับทุกช่วงชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในช่วงชั่วโมงที่ 15 ที่ให้ปริมาณสปอร์เท่ากับ 200.66±5.86 (ตารางที่ 5 - ภาพที่ 18)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 45 นาที ที่ระดับความเค็ม 5 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 214.66±2.08 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 6 เท่ากับ 261.33±1.15 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 74.66±2.08 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีค่าเท่ากับ 1,246 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 5) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าชั่วโมงที่ 3 กับ 6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทั้งสองระดับความเค็มมีความแตกต่างกับชั่วโมงที่ 9, 15, 18, 21 และ 24 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5 - ภาพที่ 18)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 45 นาที ที่ระดับความเค็ม 10 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 154.00±1.73 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 331.33±4.04 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 21 เท่ากับ 116.66±1.53 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมงมีจำนวน 1,451 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 5) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าชั่วโมงที่ 9 ที่ได้จำนวนสปอร์สูงสุดแตกต่างกับทุกช่วงชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5 - ภาพที่ 18)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 45 นาที ที่ระดับความเค็ม 15 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 308.00±5.29 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์เพิ่มขึ้น

สูงสุดที่ชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 508.66±8.50 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 21 เท่ากับ 289.33±3.79 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมง มีจำนวน 2,963 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 5) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่า แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ให้จำนวนสปอร์สูง อยู่ในชั่วโมงที่ 6, 9 และ 12 มีความแตกต่างทางสถิติ กับช่วงชั่วโมงที่ 3, 15, 18, 21 และ 24 เป็นกลุ่มที่ให้จำนวนสปอร์ต่ำกว่า (ตารางที่ 5 - ภาพที่ 18)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 45 นาที ที่ระดับความเค็ม 20 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 121.33±2.31 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 172.66±3.21 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 121.33±3.79 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีจำนวน 1,292 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 5) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่าปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ในแต่ละช่วงการทดลองในชั่วโมงที่ 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 มีความแตกต่างกับปริมาณสปอร์ที่ชั่วโมงที่ 3 และ 24 ที่ให้จำนวนน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5 - ภาพที่ 18)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 45 นาที ที่ระดับความเค็ม 25 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรกของการศึกษา และมีการปล่อยอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดที่ 24 ชั่วโมง โดยมีปริมาณสปอร์เฉลี่ย 3 ชั่วโมงแรกเท่ากับ 65.33±1.53 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงที่ได้ปริมาณสปอร์น้อยที่สุด สปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 163.33±5.51 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 966 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 5) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ในแต่ละช่วงไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5 - ภาพที่ 18)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 45 นาที ที่ระดับความเค็ม 30 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 65.33±3.51 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 12 เท่ากับ 116.66±2.08 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 60.66±2.31 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีจำนวน 700 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 5) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติ ใน

แต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 9 และ12 แตกต่างกับชั่วโมงอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5 - ภาพที่ 18)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 45 นาที ที่ระดับความเค็ม 35 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก แรกเท่ากับ 60.66±1.53 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และเพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 15 เท่ากับ 84.00±1.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 21 เท่ากับ 32.66±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีจำนวน 462 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 5) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 15 ที่ให้ปริมาณสูงที่สุด ไม่แตกต่างทางสถิติกับชั่วโมงที่ 9 สำหรับในชั่วโมง 21 ที่ให้ปริมาณสปอร์ต่ำที่สุด ไม่แตกต่างทางสถิติกับชั่วโมงที่ 6, 18, และ24 (ตารางที่ 5 - ภาพที่ 18)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 45 นาที ที่ระดับความเค็ม 40 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 28.00±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 70.00±2.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 14.00±1.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีค่าอยู่ที่ 312 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 5) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในทุกชั่วโมงไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นในชั่วโมงที่ 24 ที่ได้ปริมาณน้อยที่สุดเท่านั้นที่มีความแตกต่างกับชั่วโมงที่ 9 และ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5 - ภาพที่ 18)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ผึ่งแห้งที่ 45 นาที ก่อนจะนำลงเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 psu พบว่าปริมาณสปอร์โดยรวมตลอดการทดลองมีปริมาณสูงสุดที่ระดับความเค็ม 15 psu เท่ากับ 2,963 เซลล์/กรัม/วัน ซึ่งมีความแตกต่างกับปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ปล่อยออกมาที่กลุ่มระดับความเค็มในกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่กลุ่มระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 20 psu ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับกลุ่มความเค็มที่ 25, 30 และ35 ก็ไม่มีความแตกต่างกัน โดยยกเว้นที่ระดับความเค็ม 40 psu มีปริมาณสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่น้อยที่สุดเท่ากับ 312 เซลล์/กรัม/วัน ที่มี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับความเค็มระดับอื่นๆ และมีเพียงที่ 35 psu เท่านั้นที่ไม่แตกต่าง (ตารางที่ 5)

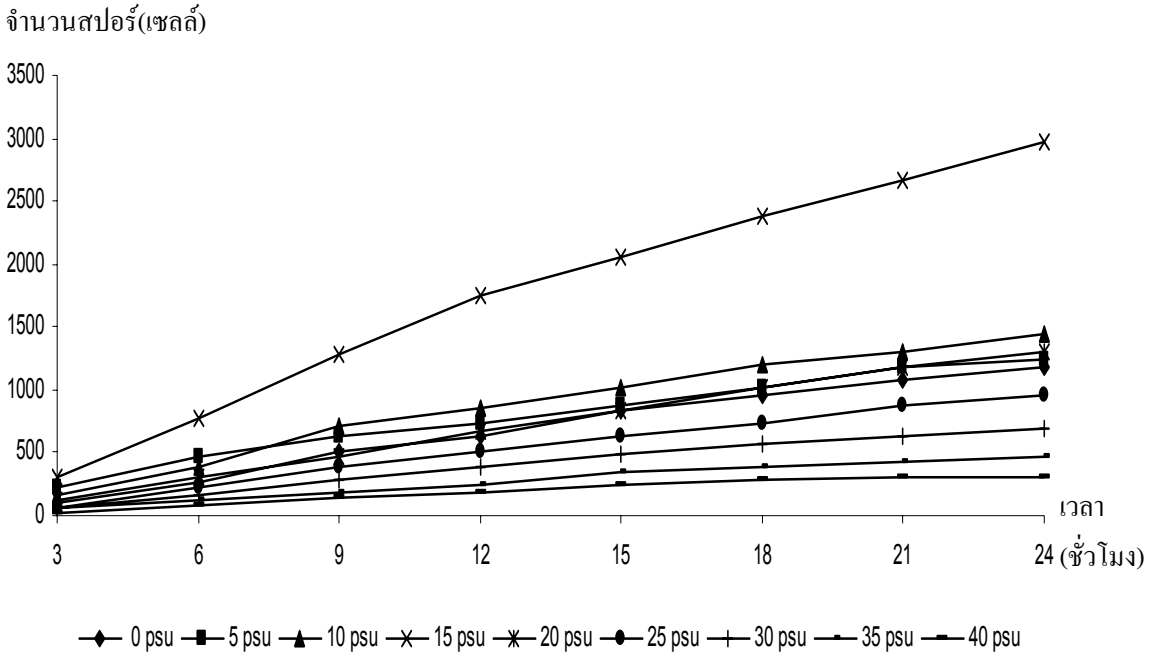
สำหรับปริมาณสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ในทุกระดับความเค็ม มีอัตราการปล่อยสปอร์เพิ่มขึ้น โดยจำนวนสปอร์สาหร่ายไส้ไก่สะสมมากที่สุดที่ระดับความเค็ม 15 psu ซึ่งแตกต่างจากระดับความเค็มอื่น ๆ อย่างชัดเจน และสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ระดับความเค็ม 40 psu มีจำนวนสปอร์น้อยที่สุด (ภาพที่ 17) เช่นเดียวกับการทดลองที่ผึ่งแห้งสาหร่ายไส้ไก่เป็นเวลา 15 และ 30 นาที เมื่อพิจารณาปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ พบว่าปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ผึ่งแห้งที่ 45 นาทีนั้นคล้ายกับการการผึ่งแห้งสาหร่ายไส้ไก่ 30 นาที และที่ระดับความเค็ม 15 psu พบว่าปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 และมีปริมาณสูงสุดในชั่วโมง 9 มีปริมาณสปอร์เท่ากับ 508.66±8.50 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง (ภาพที่ 18) เมื่อพิจารณาช่วงชั่วโมง ที่พบการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่สูง พบว่าอยู่ในช่วงชั่วโมงที่ 6 ถึงชั่วโมงที่ 12 หลังจากนั้น อัตราการปล่อยสปอร์ก็จะลดต่ำลงจนสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งที่ระดับความเค็มอื่นๆ ก็เป็นไปในลักษณะเดียวกัน แต่มีอัตราการปล่อยสปอร์แต่ละช่วงใกล้เคียงกันมาก จึงไม่เห็นความแตกต่างชัดเจนเหมือนกับที่ความเค็ม 15 psu (ตารางที่ 5 - ภาพที่ 18) และจำนวนสปอร์รวมที่สาหร่ายปล่อยออกมาตลอดการทดลอง พบว่า ทุกระดับความเค็มมีจำนวนสปอร์ใกล้เคียงกันในแต่ละช่วงเวลาอย่างสม่ำเสมอ ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง ยกเว้นที่ระดับความเค็ม 15 psu เท่านั้น ที่ให้จำนวนสปอร์สูงและแตกต่างอย่างชัดเจนตลอดการทดลอง (ภาพที่ 17-18)

ตารางที่ 5 อัตราการปล่อยสปอร์และจำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆร่วมกับการผึ่งแห้ง 45 นาที

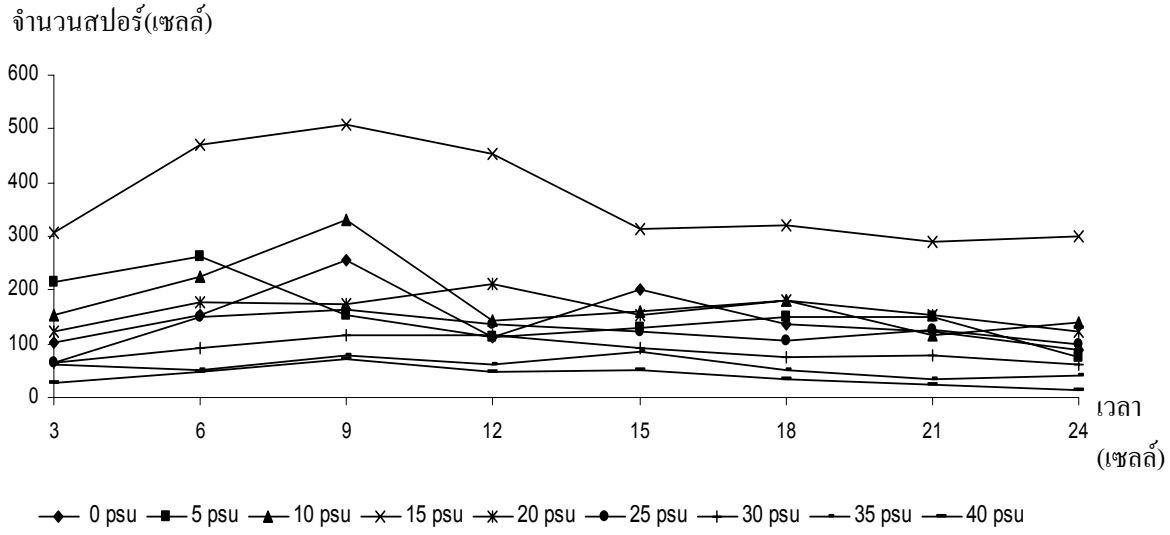
	จำนวนสปอร์ (เซลล์/กรัม/ชั่วโมง)								
	ความเค็ม (psu)								
เวลา(ชั่วโมง)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
3	1026.66±20.8^{C}	2146.66±20.8^{A}	1540.00±1.73^{BC}	3080.00±5.29^{B}	1213.33±2.31^{B}	653.33±1.53^{A}	653.33±3.51^{C}	606.66±1.53^{B}	280.00±0.58^{AB}
6	1540.00±2.00^{B}	2613.33±1.15^{A}	2240.00±4.00^{B}	4713.33±5.03^{A}	1773.33±8.08^{A}	1493.33±1.15^{A}	933.33±3.06^{B}	513.33±0.58^{BC}	466.66±0.58^{AB}
9	2566.66±1.53^{A}	1540.00±1.73^{B}	3313.33±4.04^{A}	5086.66±8.50^{A}	1726.66±3.21^{A}	1633.33±5.51^{A}	1166.66±1.53^{A}	793.33±2.08^{A}	700.00±2.00^{A}
12	1120.00±2.00^{B}	1120.00±2.00^{BC}	1446.66±2.52^{BC}	4526.66±5.13^{A}	2100.00±2.65^{A}	1353.33±4.73^{A}	1166.66±2.08^{A}	606.66±2.52^{B}	466.66±2.31^{AB}
15	2006.66±5.86^{ABC}	1306.66±1.15^{B}	1586.66±1.53^{B}	3126.66±4.04^{B}	1540.00±2.00^{A}	1213.33±1.53^{A}	933.33±4.73^{B}	840.00±1.00^{A}	513.33±1.15^{A}
18	1353.33±2.52^{B}	1493.33±4.62^{B}	1820.00±3.61^{B}	3220.00±4.36^{B}	1820.00±2.00^{A}	1073.33±3.06^{A}	746.66±1.15^{BC}	513.33±1.15^{BC}	326.66±2.52^{AB}
21	1213.33±1.15^{B}	1493.33±2.52^{B}	1166.66±1.53^{C}	2893.33±3.79^{B}	1540.00±4.58^{A}	1260.00±3.61^{A}	793.33±2.89^{BC}	326.66±0.58^{C}	233.33±2.08^{AB}
24	886.66±2.52^{C}	746.66±2.08^{C}	1400.00±3.46^{C}	2986.66±7.02^{B}	1213.33±3.79^{B}	980.00±4.00^{A}	606.66±2.31^{C}	420.00±2.65^{BC}	140.00±1.00^{B}
รวม (เซลล์/กรัม/วัน)	1171^{b}	1246^{b}	1451^{b}	2963^{a}	1292^{b}	966^{bc}	700^{f}	462^{cd}	312^{d}

หมายเหตุ: ค่าในแนวตั้งของแต่ละความเค็มที่กำหนดด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ค่าในแนวนอนของแถวสุดท้ายที่กำหนดด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 17 จำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 45 นาที



ภาพที่ 18 อัตราการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 45 นาที

3.4 ความเค็มระดับต่างๆร่วมกับระยะเวลาผึ่งแห้ง 60 นาที

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 60 นาที ที่ระดับความเค็ม 0 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 60.67±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์สูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 154.00±4.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 60.66±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีจำนวน 700 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 6) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในแต่ละช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6 - ภาพที่ 20)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 60 นาที ที่ระดับความเค็ม 5 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ116.66±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์มีจำนวนสูงสุดชั่วโมงที่ 6 เท่ากับ 158.66±3.06 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 42.00±1.73 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองเท่ากับ 695 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 6) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 6 มีปริมาณสปอร์แตกต่างจากสปอร์ในชั่วโมงอื่นๆ ยกเว้นชั่วโมงที่ 3 ที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6 - ภาพที่ 20)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 60 นาที ที่ระดับความเค็ม 10 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ88.66±2.08 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 186.66±3.06 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 21 เท่ากับ 60.66±1.53 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมง มีจำนวน 821 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 6) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 6 และ9 มีความแตกต่างกับชั่วโมงที่ 3, 12, 15, 18, 21 และ 24 ชั่วโมง อย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6- ภาพที่ 20)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 60 นาที ที่ระดับความเค็ม 15 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ182.00±2.65 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 270.66±4.04 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 15 เท่ากับ 135.33±2.08 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีค่าอยู่ที่

1,652 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 6) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 9 ที่ให้ปริมาณสปอร์สูงสุด แตกต่างกับช่วงชั่วโมงที่ 15 ที่ให้ปริมาณสปอร์ต่ำสุดอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6- ภาพที่ 20)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 60 นาที ที่ระดับความเค็ม 20 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ88.66±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 12 เท่ากับ 154.00±3.61เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 65.33±1.53 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีจำนวน 854 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 6) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 12 ที่ให้จำนวนสปอร์สูงที่สุด แตกต่างกับชั่วโมงที่ 21 ที่ให้จำนวนสปอร์ต่ำสุด อย่างนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6 - ภาพที่ 20)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 60 นาที ที่ระดับความเค็ม 25 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ42.00±1.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 98.00±2.65 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 3 เท่ากับ 42.00±1.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีจำนวน 560 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 6) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 9 ที่ให้จำนวนสปอร์สูงสุด แตกต่างกับชั่วโมงที่ 3 ที่ให้จำนวนสปอร์ต่ำสุดอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6 - ภาพที่ 20)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 60 นาที ที่ระดับความเค็ม 30 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 37.33±1.53 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 12 เท่ากับ 70.00±1.73 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 12 เท่ากับ 32.66±1.15 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีค่าอยู่ที่ 392 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 6) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในทุกชั่วโมงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6 - ภาพที่ 20)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 60 นาที ที่ระดับความเค็ม 35 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรก เท่ากับ 46.66±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์เพิ่มขึ้น

สูงสุดในชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 56.00±1.73 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 21 เท่ากับ 18.66±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 24 ชั่วโมง มีค่าอยู่ที่ 298 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 6) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในทุกชั่วโมงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (ตารางที่ 6 - ภาพที่ 20)

ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่เมื่อนำมาผึ่งแห้งเป็นเวลา 60 นาที ที่ระดับความเค็ม 40 psu พบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรกเท่ากับ 14.00±1.00 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง สปอร์เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 15 เท่ากับ 37.33±1.15 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงชั่วโมงที่ 24 เท่ากับ 9.33±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดเป็นปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีค่าเท่ากับ 191 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 6) เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณสปอร์ในชั่วโมงที่ 15ที่ได้จำนวนสปอร์สูงสุด มีความแตกต่างกับชั่วโมงที่ 24 ที่ได้จำนวนสปอร์ต่ำที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6 - ภาพที่ 20)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ผึ่งแห้งที่ 60 นาที ก่อนจะนำลงเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 psu พบว่าปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลองมีปริมาณสูงสุดที่ระดับความเค็ม 15 psu เช่นเดียวกับการทดลองผึ่งแห้งสาหร่ายไส้ไก่ที่ 15, 30 และ 45 นาที โดยมีปริมาณสปอร์รวมตลอดการทดลอง 1,652 เซลล์/กรัม/วัน ซึ่งมีความแตกต่างกับปริมาณสปอร์ที่ปล่อยออกมาที่กลุ่มระดับความเค็มในกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณสปอร์รวมระดับความเค็ม 0, 5, 10, 20 และ 25 psu ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับกลุ่มความเค็มที่ 25, 30 และ 35 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไสไก่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อน 95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณสปอร์ในกลุ่มระดับความเค็ม 40 psu มีจำนวนน้อยที่สุด และมีความแตกต่างกับกลุ่มระดับความเค็มอื่น ๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นที่ ความเค็ม 35 psuโดยมีปริมาณสปอร์รวมน้อยที่สุด 191 เซลล์/กรัม/วัน (ตารางที่ 6)

สำหรับปริมาณสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ในทุกระดับความเค็มมีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยปริมาณสปอร์รวมมีปริมาณมากที่สุดที่ระดับความเค็ม 15 psu ซึ่งแตกต่างจากระดับความเค็มอื่น ๆ อย่างชัดเจน และปริมาณสปอร์ที่ระดับความเค็ม 40 psu มีปริมาณสปอร์น้อยที่สุด มีความแตกต่าง

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับทุกความเค็ม ยกเว้นที่ความเค็ม 35 psu ที่ไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับการทดลองที่ผึ่งแห้งเป็นเวลา 15, 30 และ 45 นาที (ภาพที่ 19) เมื่อพิจารณาปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ พบว่า ปริมาณสปอร์ที่ผึ่งแห้งที่ 60 นาทีนั้นคล้ายกับการการผึ่งแห้งสาหร่ายไส้ไก่ 30 และ 45 นาที จำนวนสปอร์ที่ได้ใกล้เคียงกันทุกระดับความเค็ม ยกเว้นที่ 15 psu เท่านั้นที่ให้จำนวนสูงแตกต่างจากทุกระดับความเค็มตลอดการทดลอง (ภาพที่ 19) สำหรับที่ระดับความเค็ม 15 psu พบว่าปริมาณสปอร์เพิ่มขึ้นตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 และมีปริมาณสูงสุดในชั่วโมง 9 มีปริมาณสปอร์ 270.66±4.04 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง หลังจากนั้นปริมาณสปอร์มีปริมาณลดลง แต่พบว่าในชั่วโมงที่ 24 สปอร์มีปริมาณเพิ่มขึ้นอีกครั้ง (ภาพที่ 20)

เมื่อพิจาณาอัตราการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ปล่อยออกมาทุก 3 ชั่วโมง ตลอดการทดลอง พบว่า ที่ความเค็ม 15 psu ให้จำนวนสปอร์รวมมากที่สุด เท่ากับ 1,652 เซลล์/กรัม/วัน จำนวนสปอร์สูงสุดที่ชั่วโมงที่ 9 เท่ากับ 270.66±4.04 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดที่ชั่วโมงที่ 15 เท่ากับ 135.33±2.08 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และที่ความเค็ม 40 psu ซึ่งให้จำนวนสปอร์รวมต่ำที่สุดเท่ากับ 191 เซลล์/กรัม/วัน ให้จำนวนสปอร์สูงสุดที่ 15 ชั่วโมง เท่ากับ 37.33±1.15 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง และต่ำสุดที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 9.33±0.58 เซลล์/กรัม/ชั่วโมง จากอัตราการปล่อยสปอร์ที่ให้จำนวนต่ำในทุกช่วงเวลาของการทดลอง ส่งผลให้จำนวนสปอร์รวมที่ความเค็ม 40 psu มีจำนวนน้อยที่สุด เมื่อครบ 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 6) อัตราการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายทุกระดับความเค็ม ช่วงชั่วโมงที่พบสปอร์จำนวนมาก คือชั่วโมงที่ 6 ถึงชั่วโมงที่ 12 และลดลงที่ชั่วโมงที่ 15 โดยจะเห็นได้ชัดเจนที่สุดที่ความเค็ม 15 psu (ภาพที่ 20)

จากการศึกษาข้างต้นที่พบว่า การผึ่งแห้งสาหร่ายไส้ไก่ เป็นเวลา15-60 นาที สามารถเพิ่มการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายได้จำนวนมาก และมีความแตกต่างกับสาหร่ายที่ไม่ผ่านการผึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะเวลาที่ให้ผลการปล่อยสปอร์ ออกมาจำนวนมากที่สุดคือ การผึ่งแห้ง 30 นาที ได้ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายตลอดการทดลองเท่ากับ 4,879 เซลล์/กรัม/วัน นอกจากนี้การศึกษาเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ 8 ระดับความเค็ม คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, และ 40 psu พบว่าสามารถกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายได้เช่นกัน โดยระดับความเค็มที่ให้จำนวนสปอร์สูงที่สุดในการศึกษาครั้งนี้คือ 40 psu เท่ากับ 1880 เซลล์/กรัม/วัน และเมื่อนำทั้ง 2 ปัจจัยมาใช้กระตุ้นให้สาหร่ายไส้ไก้ปล่อยสปอร์ร่วมกัน โดยนำสาหร่ายไส้ไก่ที่ผ่านการผึ่งแห้ง 4 ระยะเวลา คือ 15, 30, 45, และ 60 นาที จากนั้นนำไปเลี้ยงในน้ำความเค็มต่างๆตั้งแต่ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, และ 40 psu พบว่า ระยะเวลาในการผึ่งแห้งที่ให้จำนวนสปอร์มากที่สุดคือ 30 นาที ระดับความเค็มที่ให้จำนวนสปอร์มากที่สุดในทุกระยะการผึ่งแห้งตั้งแต่ 15, 30, 45, และ 60 นาที

ตามลำดับ คือระดับความเค็ม 15 psu จำนวนสปอร์เท่ากับ 2,940, 3,308, 2,963 และ1,652 เซลล์/กรัม/วัน และระดับความเค็มที่ให้จำนวนสปอร์น้อยที่สุดในทุกระยะการผึ่งแห้งตั้งแต่ 15, 30, 45, และ 60 นาที ตามลำดับ คือ 40 psu เท่ากับ 308, 350, 312 และ191 เซลล์/กรัม/วัน จึงสรุปได้ว่าเมื่อนำปัจจัยที่มีผลในการกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายทั้ง 2 ปัจจัย คือการผึ่งแห้ง และการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็ม มาศึกษาร่วมกันพบว่าระยะเวลาผึ่งแห้งที่ให้จำนวนสปอร์ดีที่สุดคือ 30 นาที ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับการผึ่งแห้งสาหร่ายไส้ไก่เพียงอย่างเดียว แต่ระดับความเค็มที่ได้จำนวนสปอร์ดีที่สุดคือ 15 psu ให้ผลแตกต่างกับการใช้การเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายเพียงอย่างเดียวคือ 40 psu

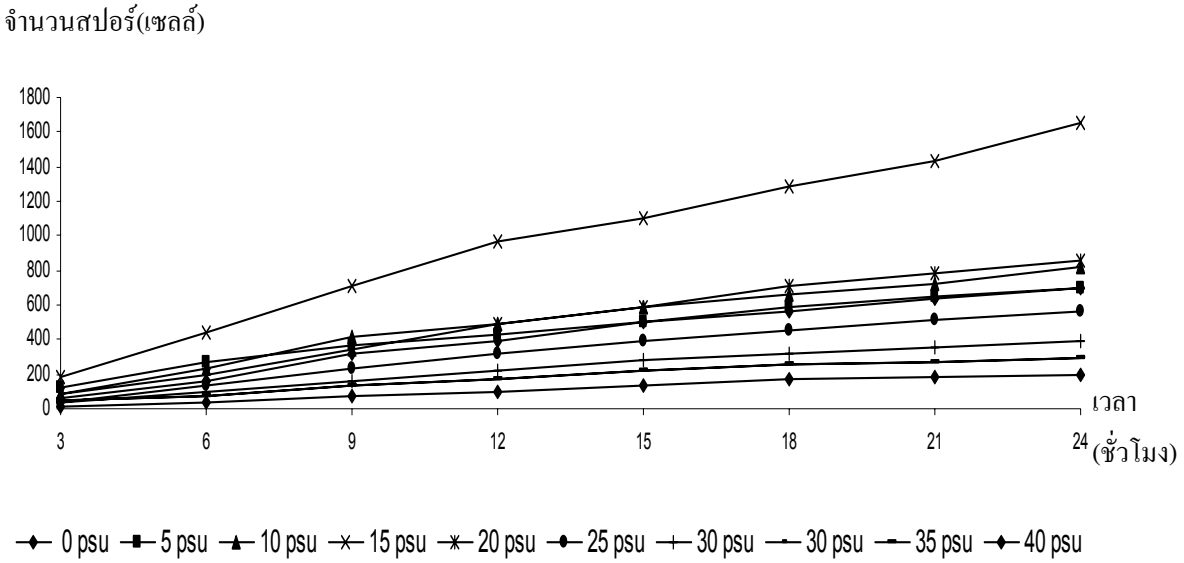
จากการศึกษาครั้งนี้ ปัจจัยที่ดีที่สุดในการกระตุ้นสาหร่ายไส้ไก่ให้ปล่อยสปอร์ได้จำนวนมากที่สุดคือ การผึ่งแห้งเพียงอย่างเดียว รองลงมาคือการใช้การผึ่งแห้งเป็นเวลา 30 นาทีร่วมกับระดับความเค็ม 15 psu และที่ให้จำนวนสปอร์น้อยที่สุดคือการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มเพียงอย่างเดียว ดังนั้นหากเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจในการขยายพันธุ์สาหร่ายไส้ไก่ด้วยการกระตุ้นให้สาหร่ายปล่อยสปอร์เพิ่มขึ้น วิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้คือ การผึ่งแห้งสาหร่ายเป็นเวลาประมาณ 30 นาที เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายต่อการนำไปใช้เพียงนำทัลลัสของสาหร่ายขึ้นมาผึ่งแห้งไว้ที่ขอบบ่อประมาณ 30 นาที แล้วนำกลับไปลงเลี้ยงในบ่ออีกครั้ง หลังจากผ่านการผึ่งแห้งสปอร์ภายในทัลลัสของสาหร่ายจะถูกกระตุ้นให้ปล่อยออกมาได้เป็นจำนวนมาก และมากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงไว้ในบ่อตลอดเวลา สปอร์ของสาหร่ายที่ถูกกระตุ้นให้ปล่อยออกมา จะสามารถเจริญเติบโตอยู่ภายในบ่อเพาะเลี้ยงต่อไปได้ โดยไม่ต้องเคลื่อนย้ายบ่อเพาะเลี้ยงสปอร์ อย่างการใช้การเปลี่ยนแปลงความเค็มเป็นสิ่งกระตุ้น หรือการใช้ปัจจัยในการกระตุ้นเช่น การใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นสาหร่ายให้ปล่อยสปอร์ โดย Fletcher (1989) ได้ทดลองใช้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการกระตุ้นสาหร่าย *Enteromorpha prolifera* จากการนำสาหร่ายที่เก็บจากธรรมชาติ มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำทะเล จากนั้นกระตุ้นเซลล์สาหร่ายโดยใช้เสียงเป็นตัวกระทำ (sonication) สองครั้ง เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำทัลลัสไปใส่ในกระดาษซับน้ำ เพื่อให้น้ำออกอย่างรวดเร็ว นำสาหร่ายไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน เมื่อครบระยะเวลานำสาหร่ายไปใส่ในน้ำทะเล ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ช่วงระยะเวลา 1-3 วัน สาหร่าย *E. prolifera* จะปล่อยสปอร์ออกมาจำนวนมาก เห็นได้ว่าวิธีอื่นๆมีขั้นตอนในการนำไปปฏิบัติหลายขั้นตอน และต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆจำนวนมาก ซึ่งเป็นการยากสำหรับเกษตรกรในการนำไปใช้ แต่การใช้วิธีการผึ่งแห้งนอกจากสามารถนำไปปฏิบัติได้ง่ายและสะดวกแล้ว ยังเป็นวิธีที่ประหยัดต้นทุนได้อีกด้วย

ตารางที่ 6 อัตราการปล่อยสปอร์และจำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆร่วมกับการผึ่งแห้ง 60 นาที

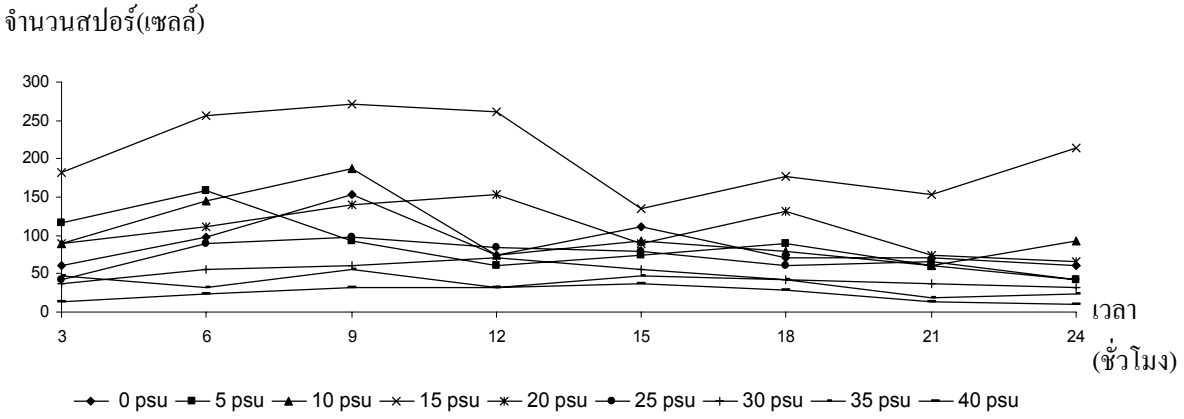
	จำนวนสปอร์ (เซลล์/กรัม/ชั่วโมง)								
	ความเค็ม (psu)								
เวลา(ชั่วโมง)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
3	60.67±0.58^{A}	116.66±0.58^{AB}	88.66±2.08^{B}	182.00±2.65^{AB}	88.66±0.58^{AB}	42.00±1.00^{B}	37.33±1.53^{A}	46.66±0.58^{A}	14.00±1.00^{B}
6	98.00±1.73^{A}	158.66±3.06^{A}	144.66±2.08^{A}	256.66±2.52^{A}	112.00±4.00^{AB}	88.66±2.08^{A}	56.00±1.73^{A}	32.66±0.58^{A}	23.33±1.15^{AB}
9	154.00±4.58^{A}	93.33±1.53^{BC}	186.66±3.06^{A}	270.66±4.04^{A}	140.00±4.00^{AB}	98.00±2.65^{A}	60.66±1.53^{A}	56.00±1.73^{A}	32.66±0.58^{A}
12	74.66±1.15^{A}	60.66±1.53^{C}	74.66±0.58^{B}	261.33±0.58^{A}	154.00±3.61^{A}	84.00±2.00^{AB}	70.00±1.73^{A}	32.66±0.58^{A}	32.66±0.58^{A}
15	112.00±3.46^{A}	74.66±1.15^{C}	93.33±1.15^{B}	135.33±2.08^{B}	88.66±2.52^{AB}	79.33±2.89^{AB}	56.00±1.73^{A}	46.66±1.53^{A}	37.33±1.15^{A}
18	70.00±2.65^{A}	88.66±2.52^{BC}	79.33±2.52^{B}	177.33±3.06^{B}	130.66±3.06^{AB}	60.66±1.15^{AB}	42.00±1.00^{A}	42.00±0.58^{A}	28.00±1.73^{AB}
21	70.00±1.73^{A}	60.66±2.08^{C}	60.66±1.53^{B}	154.00±1.73^{B}	74.66±2.08^{B}	65.33±2.08^{AB}	37.33±2.08^{A}	18.66±0.58^{A}	14.00±1.00^{B}
24	60.66±0.58^{A}	42.00±1.73^{C}	93.33±3.06^{B}	214.66±1.15^{AB}	65.33±1.53^{B}	42.00±1.58^{B}	32.66±1.15^{A}	23.33±0.58^{A}	9.33±0.58^{C}
รวม (เซลล์/กรัม/วัน)	700^{b}	695^{b}	821^{b}	1652^{a}	854^{b}	560^{b}	392^{c}	298^{dc}	191^{d}

หมายเหตุ: ค่าในแนวตั้งของแต่ละความเค็มที่กำหนดด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ค่าในแนวนอนของแถวสุดท้ายที่กำหนดด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



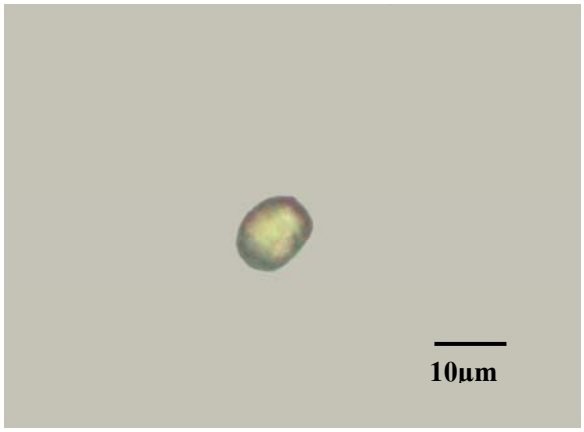
ภาพที่ 19 จำนวนสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 60 นาที



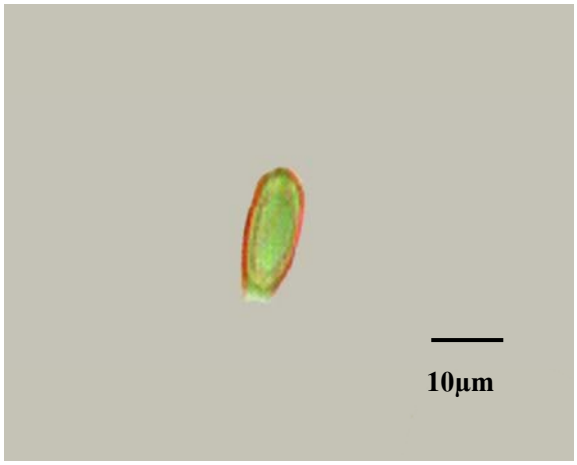
ภาพที่ 20 อัตราการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ที่ชักนำด้วยความเค็มระดับต่างๆ ร่วมกับการผึ่งแห้ง 60 นาที

4. ศึกษาการเจริญเติบโตของสปอร์

เมื่อนำสาหร่ายมากระตุ้นให้เกิดการปล่อยสปอร์ พบว่า ลักษณะของสปอร์ที่อายุ 1 วัน ค่อนข้างกลม ใส สังเกตได้ยากในช่วงแรกและหลังจากนั้นสีของสปอร์จึงเข้มขึ้น จนสามารถมองเห็นได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8-10 ไมโครเมตร (ภาพที่ 21)เมื่อสปอร์พัฒนาและเจริญเติบโตขึ้นเป็นต้นอ่อน ที่อายุ 3 วัน ลักษณะของต้นอ่อนมีความกว้างประมาณ 5-10 ไมโครเมตร และยาวประมาณ 20 ไมโครเมตร บริเวณส่วนเซลล์ล่างสุดที่คาดว่าจะพัฒนาไปเป็นส่วนยึดเกาะกับพื้น (holdfast) สามารถเห็นได้ชัดเจนขึ้นในช่วงนี้ โดยมีความกว้าง ประมาณ 3 ไมโครเมตร ค่าการเจริญของต้นอ่อนที่เพิ่มขึ้นจากวันแรก โดยวัดจากความยาวที่เพิ่มขึ้นคิดเป็น 65 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 22) และในช่วง 1-3 วันแรกของการเจริญเติบโต ต้นอ่อนมีอัตราการเจริญที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย เท่ากับ 2.7 ไมโครเมตรต่อวัน

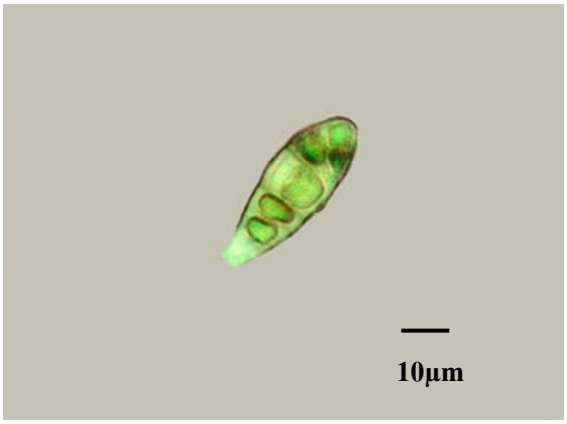


ภาพที่ 21 ต้นอ่อนของสาหร่ายไส้ไก่อายุ 1 วัน

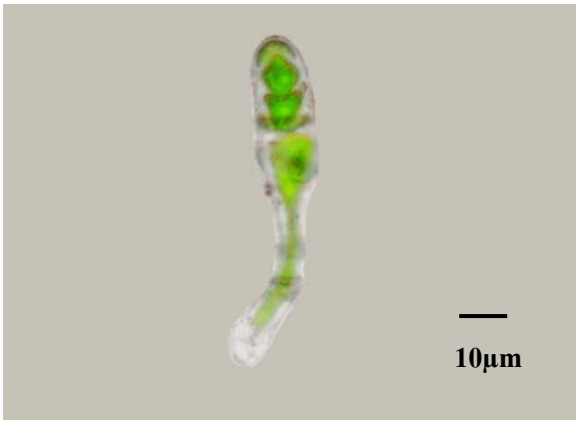


ภาพที่ 22 ต้นอ่อนของสาหร่ายไส้ไก่ อายุ 3 วัน

เมื่อต้นอ่อน อายุ 7 วัน พบว่า มีการแบ่งจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้น โดยเรียงตัวต่อกันในแนวยาวของทัลลัส และการจัดเรียงไม่เป็นระเบียบ ประมาณ 6-10 เซลล์ และมีขนาดเพิ่มมากขึ้นที่ความกว้างเท่ากับ 7-15 ไมโครเมตร และยาวประมาณ 35 ไมโครเมตร จำนวนเซลล์ที่เพิ่มและเซลล์ที่ขยายขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ค่าการเจริญเพิ่มขึ้นจากวันที่ 3 คิดเป็น 42.8 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 23) และต้นอ่อนมีอัตราการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ย ประมาณ 1.7 ไมโครเมตรต่อวัน เมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่สอง ต้นอ่อนที่อายุ 14 วัน เซลล์มีการแบ่งจำนวนเพิ่มมากขึ้น จะมีการยืดขยายขนาดออกอย่างชัดเจน โดยเฉพาะบริเวณโคนทัลลัสขนาดของต้นอ่อน ความกว้างของทัลลัส ประมาณ 5-15 ไมโครเมตร ยาวประมาณ 55 ไมโครเมตร ความยาวที่เพิ่มขึ้นคิดเป็น 36.4 เปอร์เซ็นต์ จากต้นอ่อนในวันที่ 7 เมื่อวัดขนาดเซลล์เฉพาะบริเวณโคน พบว่า มีความยาวคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ ของความยาวตลอดทั้งทัลลัส มีความยาวประมาณ 25-30 ไมโครเมตร และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นวันละ 0.5 ไมโครเมตร (ภาพที่ 24)

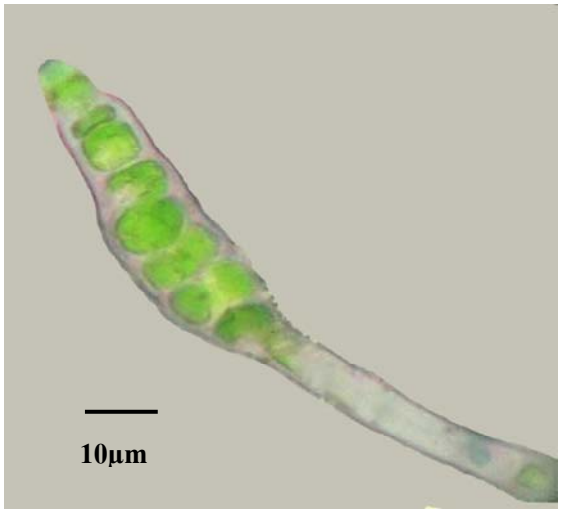


ภาพที่ 23 ต้นอ่อนของสาหร่ายไส้ไก่ อายุ 7 วัน

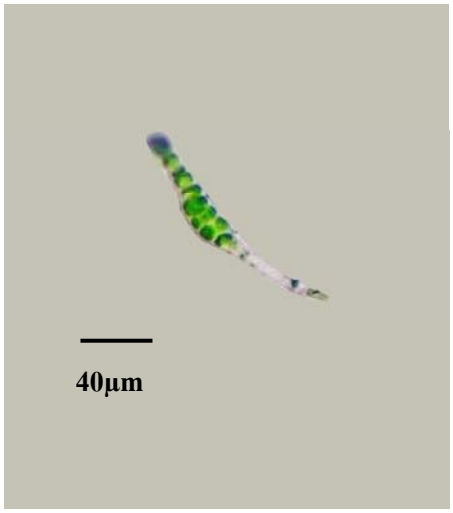


ภาพที่ 24 ต้นอ่อนของสาหร่ายไส้ไก่ อายุ 14 วัน

เมื่อต้นอ่อนอายุ 20 วัน เป็นช่วงที่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์เกิดขึ้นอย่างชัดเจน ขนาดของเซลล์เดิมมีขนาดใหญ่ขึ้นประมาณ 2-5 ไมโครเมตร แต่ละเซลล์เรียงต่อกันในแนวยาวของทัลลัส และการจัดเรียงไม่เป็นระเบียบ ประมาณ 10-13 เซลล์ แต่เซลล์บริเวณโคนทัลลัสที่ยืดยาวออก มีความยาวเพิ่มขึ้นประมาณ 40 ไมโครเมตร มีความกว้างประมาณ 7-10 ไมโครเมตร แต่ช่วงปลายที่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์มีขนาดกว้างประมาณ 10-15 ไมโครเมตร ความยาวตลอดทัลลัสประมาณ 90 ไมโครเมตร การเจริญที่เพิ่มขึ้นคิดเป็น 38.2 เปอร์เซ็นต์ จากวันที่ 14 (ภาพที่ 25) และมีอัตราการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.2 ไมโครเมตรต่อวัน หลังจากวันที่ 20 ต้นอ่อนมีการเจริญเติบโต โดยการขยายขนาดของเซลล์ เมื่อต้นอ่อนอายุครบ 30 วัน ทัลลัสมีความกว้างประมาณ 10-15 ไมโครเมตร โดยบริเวณโคนทัลลัสจะคอดและแคบกว่าบริเวณปลาย มีความกว้างเท่ากับ 5-10 ไมโครเมตร และความยาวตลอดทัลลัส ประมาณ 122 ไมโครเมตร ความยาวที่เพิ่มขึ้นจากวันที่ 20 ถึงวันที่ 30 คิดเป็น 20.0 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอัตรการเจริญเติบโตเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.37 ไมโครมตรต่อวัน แต่ละเซลล์เรียงต่อกันในแนวยาวของทัลลัส และการจัดเรียงของเซลล์ไม่เป็นระเบียบ จำนวน 12-18 เซลล์ (ภาพที่ 26)



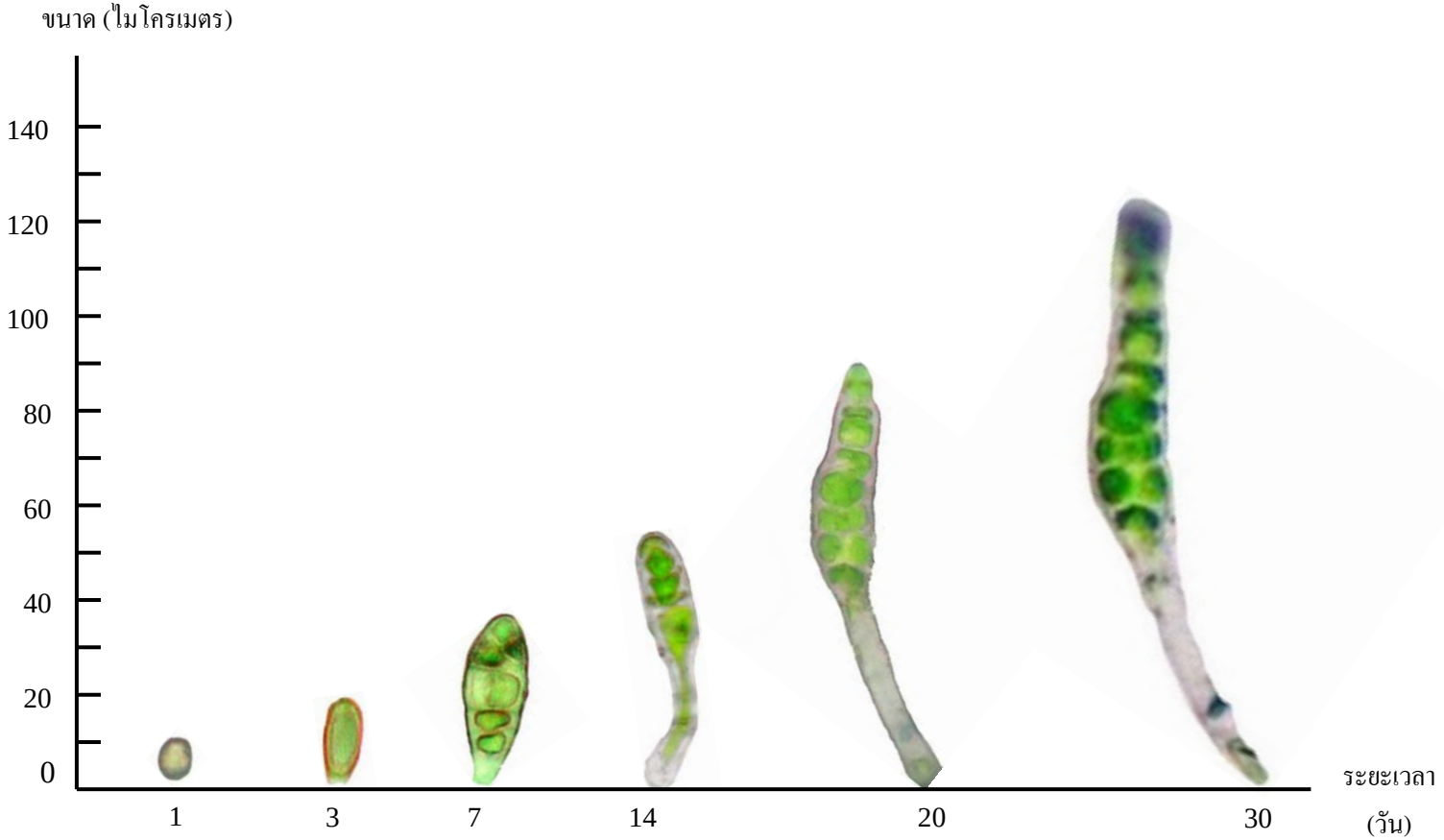
ภาพที่ 25 ต้นอ่อนของสาหร่ายไส้ไก่ อายุ 20 วัน



ภาพที่ 26 ต้นอ่อนของสาหร่ายไส้ไก่ อายุ 30 วัน

จากการพัฒนาของสปอร์ตั้งแต่วันแรกจนครบ 30 วัน พบว่า ในช่วงสัปดาห์แรกสปอร์มีการเปลี่ยนแปลงทางสัญฐานไปเป็นต้นอ่อนของสาหร่ายอย่างชัดเจน โดยจะเห็นเซลล์บริเวณโคนที่เจริญไปเป็นส่วนยึดเกาะกับพื้นของสาหร่าย และพบว่าช่วงสัปดาห์แรกนี้ ต้นอ่อนมีอัตราการเจริญสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์อื่น ๆ โดยมีค่าการเจริญเท่ากับ 2.7 ไมโครเมตร/วัน และในช่วงนี้ต้นอ่อนมีการเพิ่มจำนวนเซลล์รวมถึงการขยายขนาดของเซลล์ให้กว้างและยาวมากขึ้น เมื่อค่าการเจริญ จึงมีค่าสูงสุดกว่าช่วงสัปดาห์อื่นถึง 65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 2 และ 3 ค่าการเจริญของต้นอ่อนที่เพิ่มขึ้น จากการเพิ่มจำนวนเซลล์ แต่พบว่าอัตราการเจริญที่วัดจากความยาวลดลงจากสัปดาห์แรกเหลือเพียง 1.7 และ 0.5 ไมโครเมตรต่อวันตามลำดับ และเมื่อครบ 30 วัน ขนาดของเซลล์ขยายใหญ่ขึ้นจากวันที่ 20 อัตราการเจริญจึงเพิ่มขึ้นเป็น 1.37 ไมโครเมตรต่อวัน และลักษณะของสาหร่ายไส้ไก่ต้นใหม่ ที่ได้จากการกระตุ้นให้สาหร่ายปล่อยสปอร์ แล้วนำไปเลี้ยงศึกษาการพัฒนาของสปอร์ พบว่าสามารถพัฒนาและเจริญเติบโตเป็นสาหร่ายไส้ไก่ทัลลัสขนาดเล็กได้อย่างปกติ (ภาพที่ 27) จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าสาหร่ายในสกุล *Enteromorpha* และ *Ulva* มีขนาดของเซลล์สืบพันธุ์ใกล้เคียงกัน เช่น Verlaque *et. al*. (2002) ศึกษาเกี่ยวกับ รูปร่างลักษณะ และการสืบพันธุ์ของ *Ulva pertusa* พบว่าระยะแกมมีทที่ประกอบด้วยหนวดสองเส้น มีขนาดประมาณ 10 ไมโครเมตร นอกจากนี้ Lin *et. al*. (2008) ศึกษาเกี่ยวกับ ความหลากหลายในการสืบพันธุ์ของ *E. prolifera* พบว่า แกมมีทของสาหร่ายชนิดนี้ทั้งที่เป็นเพศผู้และเพศเมีย มีตาสีแดงหนึ่งตา และเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ ทั้งสองเพศประกอบด้วย หนวดสองเส้นขนาดของแกมมีทประมาณ 5-7 ไมโครเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Rusig and Cosson. (2001) เกี่ยวกับการกระตุ้นสาหร่ายไส้ไก่ (*U. intestinalis*) ให้ปล่อยโพรโทพลาสต์ออกมา โดย

การปรับสารละลายจำพวกเอนไซม์ ภายในเซลล์ของสาหร่ายให้แตกต่างกัน จึงเกิดแรงดันออสโมติกร่วมกับการย่อยสลายผนังเซลล์ด้วยเอนไซม์สังเคราะห์ เป็นผลให้โพรโทพลาสต์ ของสาหร่ายถูกปล่อยออกมา และสามารถนำไปเพาะเลี้ยงต่อให้เจริญเป็นสาหร่ายต้นเต็มวัยได้ พบว่า โพรโทพลาสต์ที่ออกมาในระยะแรกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-15 ไมโครเมตร และจะเริ่มพัฒนาการเจริญโดยเริ่มสร้างผนังเซลล์ใหม่ ภายใน 36 ชั่วโมง และประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของโพรโทพลาสต์ที่มีความสมบูรณ์จะสามารถสร้างผนังเซลล์ขึ้นใหม่ภายใน 3 วัน หลังจากสร้างผนังเซลล์ได้สมบูรณ์ สาหร่ายจึงจะเริ่มมีการแบ่งเซลล์ สามารถมองเห็นเป็นเส้นสายของทัลลัสต้นใหม่ มีขนาดประมาณ 1-2 มิลลิเมตรใช้ระยะเวลาประมาณ 15 -30 วัน สามารถมองเห็นทัลลัสได้ด้วยตาเปล่า หลังจากทัลลัสอายุมากกว่า 2 เดือน ความยาวของทัลลัสจะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2 เซนติเมตร สาหร่ายจะมีความแข็งแรงสามารถเคลื่อนย้ายได้ เช่นเดียวกับต้นอ่อนของสาหร่าย ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าจะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเมื่อต้นอ่อนมีอายุมากกว่า 30 วัน ดังนั้น หากต้องการเคลื่อนย้ายต้นอ่อนที่เกิดจากสปอร์ควรให้ต้นอ่อนยึดเกาะกับพื้นผิวได้อย่างสมบูรณ์และมีความแข็งแรง จะสามารถลดอัตราตายของต้นอ่อนให้น้อยลง



ภาพที่ 27 การพัฒนาของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*)

5. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในการศึกษา

คุณสมบัติของน้ำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้นำมาจาก 3 แหล่ง คือ น้ำจากบ่อต้นพ่อแม่พันธุ์ของสาหร่ายที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ น้ำในถังพักสาหร่ายก่อนนำมากระตุ้นการปล่อยสปอร์ และน้ำที่ใช้เลี้ยงขณะทดลองการปล่อยสปอร์ของสาหร่าย พบว่า ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำจากทั้ง 3 แหล่ง พบประมาณ 3.96-5.79 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดเบสหรือพีเอช ประมาณ 7.29-8.33 อุณหภูมิประมาณ 28.7-31.13 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นด่างประมาณ 171.92-320.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความกระด้างประมาณ 2071.03-3389.39 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียรวมประมาณ 0.11-2.74 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์ประมาณ 0.11-0.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนเตรทประมาณ 0.06-0.19 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยตลอดการศึกษาไม่มีคุณสมบัติใดของน้ำมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และเนื่องจากน้ำทั้งสามแหล่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน จึงทำให้สาหร่ายเจริญได้อย่างปกติตลอดการทดลอง (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 คุณสมบัติของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่

คุณสมบัติของน้ำ	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	บ่อสาหร่าย	ถังพักสาหร่าย	น้ำที่ใช้ปล่อยสปอร์
ออกซิเจนละลายน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.41±038[a]	5.16±0.25[a]	4.41±0.45[a]
ค่าความเป็นกรดเบส หรือพีเอช	7.91±0.18[a]	8.10±0.23[a]	7.44±0.15[a]
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30.35±0.78[a]	28.81±0.18[a]	30.11±0.16[a]
ความเป็นด่าง(มิลลิกรัมต่อลิตร)	280.00±40.63[a]	243.76±43.32[a]	230.38±58.46[a]
ความกระด้าง(มิลลิกรัมต่อลิตร)	3099.07±290.32[a]	2542.40±250.08[a]	2342.76±271.73[a]
แอมโมเนียรวม(มิลลิกรัมต่อลิตร)	1.21±1.04[a]	1.95±0.79[a]	1.07±0.96[a]
ไนไตรท์(มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.55±0.12[a]	0.26±0.23[a]	0.19±0.08[a]
ไนเตรท(มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.16±0.02[a]	0.13±0.06[a]	0.09±0.03[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรที่ไม่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$)

สรุป

1. ศึกษาการชักนำของความเค็มที่มีต่อการปล่อยสปอร์

การเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายให้สูงขึ้น มีผลทำให้สาหร่ายไส้ไก่ปล่อยสปอร์ได้จำนวนมากขึ้น ที่ความเค็ม 40 psu ให้จำนวนสปอร์ได้มากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ กับที่ระดับความเค็ม 25, 30 และ35 psu ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงความเค็มน้ำอย่างกะทันหันจากปกติที่สาหร่ายอยู่ เป็นสิ่งกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายให้เพิ่มมากขึ้นได้ โดยจะพบการปล่อยสปอร์ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงแรกของการทดลอง และอัตราการปล่อยสปอร์จะเพิ่มขึ้นสูงสุดอยู่ในช่วง 6 ถึง 12 ชั่วโมง หลังจากระดับความเค็มของน้ำสูงขึ้น

2. ศึกษาการชักนำของการผึ่งแห้งที่มีผลต่อการปล่อยสปอร์

การผึ่งแห้งสาหร่ายไส้ไก่เป็นเวลา 15-60 นาที มีผลต่อการปล่อยสปอร์ของสาหร่าย และทำให้สาหร่ายปล่อยสปอร์ได้มากกว่าสาหร่ายที่ไม่ผ่านการผึ่งแห้ง โดยสาหร่ายที่ผ่านการผึ่งแห้ง 30 นาที ให้จำนวนสปอร์ได้มากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสาหร่ายที่ผ่านการผึ่งแห้ง 15 และ 45 นาที ดังนั้นการการผึ่งแห้งสาหร่ายไส้ไก่เป็นเวลา15-45 นาที สามารถกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายได้เป็นจำนวนมาก เมื่อนำสาหร่ายใส้ไก่ที่ผ่านการผึ่งแห้งลงเลี้ยง

3. ศึกษาการชักนำของความเค็มร่วมกับการผึ่งแห้งที่มีการปล่อยสปอร์

การศึกษาการชักนำของความเค็มร่วมกับการผึ่งแห้งที่มีการปล่อยสปอร์ โดยนำทั้ง 2 ปัจจัยมาใช้กระตุ้นให้สาหร่ายไส้ไก่ปล่อยสปอร์ร่วมกัน พบว่า ระยะเวลาในการผึ่งแห้งที่ให้จำนวนสปอร์มากที่สุดคือ 30 นาที ระดับความเค็มที่ให้จำนวนสปอร์มากที่สุดในทุกระยะการผึ่งแห้ง คือ 15 psu และระดับความเค็มที่ให้จำนวนสปอร์น้อยที่สุดในทุกระยะการผึ่งแห้ง คือ 40 psu จึงสรุปได้ว่าเมื่อนำปัจจัยที่มีผลในการกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายทั้ง 2 ปัจจัย คือการผึ่งแห้ง และระดับความเค็ม มาศึกษาร่วมกันพบว่าระยะเวลาผึ่งแห้งที่ให้จำนวนสปอร์ดีที่สุดคือ 30 นาที ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับการผึ่งแห้งสาหร่ายไส้ไก่เพียงอย่างเดียว แต่ระดับความเค็มที่ได้จำนวนสปอร์ดีที่สุดคือ 15 psu ให้ผลแตกต่างกับการใช้ระดับความเค็มกระตุ้นการปล่อยสปอร์ของสาหร่ายเพียงอย่างเดียวคือ 40 psu

ดังนั้นการชักนำของความเค็มร่วมกับการผึ่งแห้งที่มีการปล่อยสปอร์ที่ได้ผลดีที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผึ่งแห้งเป็นเวลา 30 นาทีที่ระดับความเค็ม 15 psu

4. ศึกษาการเจริญเติบโตของสปอร์

การพัฒนาสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยความเค็ม และการผึ่งแห้ง พบว่า เมื่อสปอร์เริ่มลงเกาะและเจริญเป็นต้นอ่อน ที่อายุ 1 วัน มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวกลมใส และเริ่มเปลี่ยนรูปร่างโดยมีการยืดยาวออกในวันที่ 3 และเห็นลักษณะที่ยึดเกาะกับพื้นชัดเจน จากนั้น ในวันที่ 7 เซลล์ของต้นอ่อนจะแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้น มีขนาดกว้างประมาณ 5-10 ไมโครเมตร และยาวประมาณ 20-30 ไมโครเมตร ในวันที่ 14 ต้นอ่อนมีการพัฒนาและเจริญยืดยาวขึ้น โดยเฉพาะบริเวณโคนของต้นอ่อน จนทำให้ต้นอ่อนมีขนาดกว้างประมาณ 5-10 ไมโครเมตร และยาวประมาณ 30-50 ไมโครเมตร มีลักษณะคล้ายกับสาหร่ายต้นเต็มวัยมากขึ้น จากนั้นสาหร่ายจะแบ่งจำนวนเซลล์และขยายขนาดเซลล์ขึ้นเรื่อย ๆ เมื่ออายุ 30 วัน ต้นอ่อนจะมีความยาวเพิ่มมากขึ้นถึง 120-150 ไมโครเมตร

ข้อเสนอแนะ

สาหร่ายไส้ไก่ที่นำมาใช้กระตุ้นการปล่อยสปอร์ด้วยวิธีต่างๆนั้น เกษตรกรต้องเลือกสาหร่ายในระยะที่มีการสร้างสปอร์ บนทัลลัสของสาหร่าย จึงจะประสบความสำเร็จ ในการกระตุ้นให้สาหร่ายปล่อยสปอร์ หากใช้วิธีสังเกตจากลักษณะภายนอกอาจต้องมีความชำนาญ หรือมีความรู้เกี่ยวกับระยะสืบพันธุ์ของสาหร่ายพอสมควร ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาระยะเวลาในการสร้างสปอร์บนทัลลัสของสาหร่าย ว่าใช้เวลาเลี้ยงนานเพียงใด สาหร่ายจึงจะมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ เพื่อจะได้นำสาหร่ายมาใช้กระตุ้นการปล่อยสปอร์ หรือนำมาขยายพันธุ์เพิ่มขึ้นได้ต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์. 2527. **สาหร่าย**. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จริยาวดี สุริยพันธุ์. 2551. **การศึกษาสัตว์หน้าดิน แพลงก์ตอน และสิ่งมีชีวิตอิงอาศัย ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) ร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริยาวดี สุริยพันธุ์, ชัชรี แก้วสุรลิขิต, ชนัดดา เกตุมา, ชลอ ลิ้มสุวรรณ, นิติ ชูเชิด, สาธิต ประเสริฐศรี, เดชานาท ทองพิทักษ์ และ ประยูร หงส์รัตน์. 2551**. ผลของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) ต่อสัตว์หน้าดินในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius)** น. 210-219. *ใน* การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, 29 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ 2551.

ชนัดดา เกตุมา, ชัชรี แก้วสุรลิขิต, จริยาวดี สุริยพันธุ์, ชลอ ลิ้มสุวรรณ, นิติ ชูเชิด, สาธิต ประเสริฐศรี, เดชานาท ทองพิทักษ์ และ ประยูร หงส์รัตน์. 2551. **ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ.** น.200 - 209. *ใน* การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, 29 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ 2551.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ พรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547. **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย.** สนับสนุนการจัดพิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนม์พรรษา 5 ธันวาคม พ.ศ. 2547. บริษัทเมจิค พับลิเคชั่น จำกัด.

ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และ เยาวลักษณ์ อัมพรรัตน์. 2529. **รายงานการวิจัยและวิเคราะห์สถานภาพและศักยภาพการผลิต และการใช้สาหร่ายทะเล รวมทั้งความต้องการในงานวิจัย และพัฒนาในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ.

นิคม ละอองศิริวงศ์. 2546. การวิเคราะห์น้ำ, น.63-148. *ใน* นิคม ละอองศิริวงศ์ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, บรรณาธิการ. **วิธีวิเคราะห์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (Methoo of Water Analysis for Coastal Aquaculture).** สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง.

บุปผา ทิพย์พินิจ. 2533**. ปริมาณและช่วงเวลาการปล่อยคาร์โปสปอร์ของสาหร่ายวุ้นสองชนิดในสกุลโพลีคาเวอร์โนซา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประยูร หงส์รัตน์, ชลอ ลิ้มสุวรรณ, นิติ ชูเชิด และชัชรี แก้วสุรลิขิต. 2549. **การเลี้ยงกุ้งกุลาดำร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่.** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 15 น.

เปี่ยมศักดิ์ มานะเศวต. 2525. **แหล่งน้ำกับปัญหามลภาวะ.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ พรหมานนท์ และสุชาติ เตชนราวงศ์. 2532. การเจริญพันธุ์ของคาร์โปสปอร์ของสาหร่ายผมนาง. **วารสารการประมง**, 42(5): 425-433.

ไพโรจน์ พรหมานนท์ และ สุชาติ เตชนราวงศ์. 2534. การทดลองเพาะพันธุ์สาหร่ายวุ้น. **วารสารการประมง**, 44(5): 429-445.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง.** สถาบันประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

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

รุ่งนภา พิทักษ์ตันสกุล. 2543. **ความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดในแหล่งน้ำยูโทรฟิคและสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของ *Microcystis aeruginosa* Kutzing.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2539. **คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน.** คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สิริ ทุกข์วินาศ. 2546. การเตรียมบ่ออย่างไรจึงเลี้ยงกุ้งทะเลได้ผล. **วารสารการประมง** 56(6): 16น.

Abbott, I.A. and J.M. Huisman. 2004. **Marine Green and Brown Algae of the Hawiian Islands**. Bishop Museum Press, Honolulu.

American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environmental Federation (APHA, AWWA และ WPCF). 1995. **Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater.** American Public Health Association, Washington, D.C.

Bold, H.C. and M.J. Wynne. 1978. **Introduction to the Algae**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Boyd, C.E. 1982. **Water Quality Management for Fish Pond Culture.** Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam.

Boyer, E.K. and P. Fong. 2005. Macroalgal-mediated transfers of water column nitrogen to intertidal sediments and salt marsh plants. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 321: 59-69.

Chapman, V.J. and D. J. Chapman. 1980. **Seaweed and Their Uses**. 3rd ed. The Camelot Press, London.

Cohen, R.A. and P. Fong. 2004. Nitrogen uptake and assimilation in *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link (Chlorophyta): using ^{15}N to determine preference during simultaneous pulses of nitrate and ammonium. **J. Exp. Mar. Bio. Ecol**. 309**:** 67–77.

Critchley, A.T. and M. Ohno. 1998. **Seaweed Resources of the World**. Kanagawa International Fisheries Training Centre, Japan International Cooperation Agency, Yokosuka.

Dillon, P.S., J.S. Maki, and R. Mitchell. 1989. Adhesion of *Enteromorpha* swarmers to microbial films. **Micro. Ecol.** 17: 39-47.

Duke, C. S., B. E. Lapointe and J. Ramus. 1986. Effects of light on growth, RuBPCase activity, and chemical composition of *Ulva* species (Chlorophyta). **J. Phycol.** 22: 362-370.

Fletcher, R.L. 1989. A bioassay technique using the marine fouling alga *Enteromorpha*. Int. **Biodeterior**. 25:407-422.

Fong, P., B.E. Katharyn, D.S. Julie and J.B. Zedler. 1996. Salinity stress, nitrogen competition, and facilitation: what controls seasonal succession of two opportunistic green macroalgae?. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 206: 203-221.

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

Friedlander, M. and C.J. Dawes. 1984. Study on spore release and sporeling growth from carpospores of *Gracilaria foliifera* (Forsskal) Borgesen var. angustissima (Harver) Taylor I. Growth response. **Aquat. Bot.** 19: 221-232.

Hattori, T. and Y. Shizuri. 1996. A screening method for antifouling substances using spores of the fouling macroalga *Ulva conglobata*. **Fish Sci.** Tokyo. 62: 955–958

Hayden, H.S., J. Blomster, C.A. Maggs, P.C. Silva, M.J. Stanhope and J.R. Waaland. 2003. Linnaeus was right all along: *Ulva* and *Enteromorpha* not distinct genera. **Eur. J. Phycol.** 38: 277-294.

Kamer, K., K.A. Boyle and P. Fong. 2001. Macroalgal bloom dynamics in a highly eutrophic southern California estuary. **Estuaries** 24: 623-635.

Kim, D.H. 1970. Economic important seaweeds in Chile- I. *Gracilaria*. **Bot. Mar.** 13: 140-162.

Kim, K.Y. and I.K. Lee. 1996. The gremling growth of *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophyta) in laboratory culture under different combinations of irradiance and salinity and temperature and salinity. **Phycologia** 35: 327-331.

Lavery, P.S. and A.J. McComb. 1991. Macroalgal–sediment nutrient interactions and their importance to macroalgal nutrition in a eutrophic estuary. **Estuar. Coast. Shelf Sci.** 32: 281–295.

Lewmanomont, K. and H. Ogawa. 1995. **Common Seaweeds and Seagrasses of Thailand**. Integrated Promotion Technology, Bangkok.

Lin, A., S. Shen., J.Wang and B. Yan. 2008. Reproduction diversity of *Enteromorpha prolifera*. **J. Integra. Plant Biol**. 50(5): 622-629

Lobban, C.S., P.J. Harrison. 1994**. Seaweed Ecology and Physiology**. Cambridge University Press. New York.

Lotze, H. K. and B. Worm. 2002. Complex interactions of climatic and ecological controls on macroalgal recruitment. **Limnol. Oceanogr.** 47: 1734-1741.

Martins, I., O.M. José., F.R. Morgens and J.C. Marques. 1999. The effect of salinity on the growth rate of the macroalgae *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophyta) in the Mondego estuary (west Portugal). **Acta Oecol.** 20: 259–265.

Martins, I. and J.C. Marques. 2002. A model for the growth of opportunistic macroalgae (*Enteromorpha* sp.) in tidal estuaries. **Estuar. Coast. Shelf Sci.** 55: 247-257.

Mc Comb, A.J. and R.J. Lukatelich. 1995. The Peel-Harvey estuarine system, western Australia. pp 5-17. *In*: A. J.McComb, (Ed.), **Eutrophic Shallow Estuaries and Lagoons**. CRC Press, Boca Raton.

Moralesa, A. M., M.C. Valdesa, S.C. Domínguez, B.G. Acostaa and F.G. Plerez. 2005. Chemecal composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. As a potential food source. **J. Food Compo. Analy.** 18: 79-88.

Ohno, M. and A.T. Critchley. 1993. **Seaweed Cultivation and Marine Ranching**. Kanagawa International Fisheries Training Center, Japan International Cooperation Agency.

Olivier, M., G. Desrosiers, A. Caron, C. Retiere and A. Calliou. 1997. Juvenile growth of *Nereis diversicolor* (O.F. Müller) feeding on a range of marine vascular and macroalgae plant sources under experimental conditions. . **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 208: 1-12.

Pioma, L., V. Clavero, J.J. Izquierdo, A. Aviiés, J. Becerra and F.X. Niell. 2004. Influence of macrophytes on sediment phosphorus accumulation in a eutrophic estuary (Palmones River, Sonthern Spain). **Aqua. Bot.** 80: 103-113.

Rao, U.M. 1976**.** Spore liberation in *Gracilaria corticata* J. Agardh growing at Mandapam. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 21: 91-98.

Rusig, A.M. and J. Cosson. 2001. Plant regeneration from protoplasts of *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophyta, Ulvophyceae) as seedstock for macroalgal culture. **J. Appl. Phycol.** 13: 103–108.

Schories, D. 1995. Sporulation of *Enteromorpha* spp. (Chlorophyta) and overwintering of spores in sediments of the Wadden Sea, island Sylt, North Sea. *Neth.* **J. Aquat. Ecol.** 29:341–7.

Segawa, S., E.Ogata and T. Sawada. 1955a. Studie on the carpospore liberation in *Gracilaria verrucosa* (Huds) Papenf. II. On the mechanism of carpospore liberation. **Gakugei J.** 15 (2): 235-243.

Segawa, S., E.Ogata and T. Sawada. 1955b. Studie on the carpospore liberation in *Gracilaria verrucosa* (Huds) Papenf. I**.** Carpospore liberation accompanied with the half-drying. **Gakugei J.** 15(2): 245-254.

Sousa, A.I., I. Martins, A.I. Lillebe, M.R. Flindt and M.A. Pardal. 2007. Influence of salinity, nutrients and light on the germination and growth of *Enteromorpha* sp. spores. . **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 341: 142-150.

Trainor, F.B. 1978. **Introductory Phycology.** John Wiley and Sons Inc. New York.

Verlaque, M., T. Belsher and J.M. Deslous-Paoli. 2002. Morphology and reproduction of Asiatic *Ulva pertusa* (Ulvales, Chlorophyta) in Thau lagoon (France, Mediterranean Sea). **Algol.** 23(4): 301-310

Vymazal, J. 1995. **Algae and Element Cycling in Wetlands.** Boca Raton: Lewis.

Waaland, J.R. 1977. **Common Seaweed of the Pacific Coast**. Pacific Search Press.

Wennhage, H. and L. Pihl. 1994. Substratum selection by juvenile plaice (*Plauronectes platessa* L.): impact of benthic microalgae and filamentous macroalgae. **Netherlands J. of Sea Research** 32: 343-351.

Wheeler, P.A. and B.R. Björnsäter. 1992. Seasonal fluctuations in tissue nitrogen, phosphorus and N : P for five macroalgae species common to the Pacific northwest coast. **J. Phycol.** 28: 1-6.

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวทิพวรรณ ไกรวิลาศ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	27 มีนาคม 2525
สถานที่เกิด	อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร
ประวัติการศึกษา	วท.บ.(ผลิตกรรมชีวภาพ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-