บทที่ 2
การตรวจสอบเอกสาร

2.1 ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva (Enteromorpha) intestinalis*

สาหร่ายไส้ไก่ เรียกกันภาษาอังกฤษว่า green laver หรือภาษาญี่ปุ่นว่า อาโอโนริ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ulva (Enteromorpha) intestinalis* มีรูปร่างเป็นท่อหรือหลอด ต้นทัลลัส ตั้งเป็นพุ่ม สูง 6-50 เซนติเมตร กว้าง 1-2 มิลลิเมตร มีสีเหลืองอมเขียว มีความหนาเพียง 1 ชั้นเซลล์ เซลล์เรียงตัวไม่เป็นระเบียบเมื่อดูจากที่ผิว ส่วนโคนต้นมีรากเล็กๆ ยึดเกาะ ส่วนโคนแคบโดยทั่วไปมีความกว้าง 1-2 มิลลิเมตร ต้นขยายใหญ่ขึ้นตอนปลายจนมีความกว้างได้ถึง 2 เซนติเมตร บริเวณส่วนโคนอาจมีหรือไม่มีการแตกแขนง ส่วนโคนมีที่ยึดเกาะเป็นรูปกลมท่อมักจะคอดหรือบิดเบี้ยว ตอนล่างของท่อจะสอบเข้า ส่วนตอนปลายมักจะพองออก เซลล์ที่ผิวเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ มีหลายเหลี่ยมหรือเป็นรูปทรงกลม มีขนาด 8-18 ไมโครเมตร คลอโรพลาสต์เป็นรูปกลมหรือรูปไข่ ส่วนใหญ่มักจะพบเป็นรูปถ้วย ที่มีเม็ดแป้งอยู่เป็นจำนวนมาก ต้นอ่อนอาจเรียบต้นแก่มีรอยยับย่นคล้ายไส้ไก่ สีเขียวเหลืองหรือเขียวเข้ม สาหร่ายชนิดนี้ที่เจริญเต็มที่มีความยาวมากอาจยาวถึง 150 เซนติเมตร หรือมีความกว้างได้ถึง 2 เซนติเมตร ท่อมีการหลุดออกจากต้นแม่ได้ง่ายและสามารถเจริญเติบโตได้ (ยุวดี, 2549; Prud'homme van Reine and Trono, 2001)

2.2 อนุกรมวิธานของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva (Enteromorpha) intestinalis*

การจัดลำดับทางอนุกรมวิธานตาม (Cavalier-Smith, 1998)

Phylum : Chlorophyta

Subphylum : Chlorophytina

Class : Ulvophyceae

Order : Ulvales

Family : Ulvaceae

Genus : *Ulva*

Species : *U. intestinalis*

2.3 วงจรชีวิตของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva (Enteromorpha) intestinalis*

สาหร่ายไส้ไก่มักเกิดขึ้นตลอดทั้งปีต่อเนื่องกัน แม้มีวงจรชีวิตสั้น วงจรชีวิตของสาหร่ายไส้ไก่เป็นแบบฤดูเดียวแบบสลับ คือระยะแกมีโตไฟต์สลับกับระยะสปอโรไฟต์ ระยะแกมีโตไฟต์จะสร้างแกมีตมีความยาว 6-7 ไมครอน รูปยาว และรูปไข่ มีหนวดสองเส้น และมีจุดรับแสง 1 อัน ทั้งแกมีตเพศผู้และแกมีตเพศเมียที่มีรูปร่างเหมือนกัน แต่เมื่อแกมีตคอนจูเกตกันจะมีพฤติกรรมเป็นแบบหนีแสง เมื่อได้ไซโกตจะเจริญเป็น ระยะสปอโรไฟต์ซึ่งเมื่อถึงระยะสืบพันธุ์จะสร้างเป็นซูโอสปอแรน

เจียม และมีการปล่อยซูโอสปอร์ รูปร่างคล้ายแกมีตแต่มีหนวด 4 เส้น และมีขนาดใหญ่กว่าแกมีต (9-10 um) ซูโอสปอร์เจริญขึ้น ระยะแกมีโตไฟต์ แต่ถ้าแกมีตเพศผู้และเพศเมียไม่คอนจูเกตกันจะเข้าสู่ขบวนการที่เรียกว่า parthenogenesis โดยแกมีตจะเกาะที่ยึดเกาะ ทิ้ง หนวด รูปร่างกลม บางครั้งมีขนาดเล็กกว่าไซโกต ผลผลิตของพาทีโนเจนนีซิสต์ที่แก่เต็มที่จะปล่อยสปอร์มีหนวด 4 เส้น ซึ่งสปอร์เหล่านั้นจะเกาะกับที่ยึดเกาะต่างๆ และจะเจริญเติบโตต่อไป (Ohno,1997)

2.4 นิเวศวิทยาของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva (Enteromorpha) intestinalis*

เป็นสาหร่ายสีเขียวที่มีแพร่กระจายอยู่ทั่วโลก พบขึ้นบนพื้นโคลนหรือบนก้อนหิน ขึ้นในแหล่งน้ำพบในความเค็มกว้าง มักจะเกิดในเขตน้ำกร่อย สามารถเจริญอยู่ได้ในน้ำที่มีความเค็มต่ำและทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงกว้าง และบริเวณปากแม่น้ำตั้งแต่เขตน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งสามารถทนต่อการผึ่งแห้งขณะน้ำลงได้ ไปจนถึงเขตต่ำกว่าระดับน้ำลงต่ำสุด นอกจากนี้ยังพบในบ่อเลี้ยงปลา สาหร่ายชนิดนี้ชอบขึ้นในที่ที่มีธาตุอาหารสูง (Prud'homme van Reine and Trono 2001)

2.5 การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva (Enteromorpha) intestinalis*

ทวีปเอเชียมีการนำสาหร่ายสกุลนี้มาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ในประเทศญี่ปุ่น เกาหลี อินเดีย และอินโดนีเซีย โดยในประเทศญี่ปุ่นจะมีการเพาะเลี้ยงบนเส้นเชือกเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหาร เนื่องจากสาหร่ายไส้ไก่มีกรดอะมิโนอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้ สารสกัดจากสาหร่ายชนิดนี้ยังมีคุณสมบัติทางการแพทย์ โดยเป็น ยาปฏิชีวนะ สารต้านแบคทีเรีย รา และเนื้องอก เป็นต้น และมีการแนะนำให้บริโภคสาหร่ายไส้ไก่เนื่องจากมีองค์ประกอบของสารอาหารที่เหมาะสม เช่นแร่ธาตุ กรดอะมิโนที่จำเป็น และ เยื่อใย คุณค่าสารอาหารของสาหร่ายไส้ไก่ ประกอบด้วย โปรตีน 19.5 ไขมัน 0.3 คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ 58.1 คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ 6.8 และเถ้า 15.2 % น้ำหนักแห้ง และยังมีแร่ธาตุที่สำคัญได้แก่ แคลเซียม 910 ฟอสฟอรัส 800 เหล็ก 35 โซเดียม 570 โพแทสเซียม 3,500 มิลลิกรัม % น้ำหนักแห้ง (Aguilera - Morales *et al.* 2005)

สำหรับประเทศไทยได้มีการนำสาหร่ายไส้ไก่มาเลี้ยงร่วมกับกุ้งกุลาดำ (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2550) และได้มีการส่งเสริมให้เลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากพบว่าในบ่อที่มีสาหร่ายไส้ไก่เป็นจำนวนมากจะมีสัตว์และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กซึ่งเป็นอาหารธรรมชาติอย่างอุดมสมบูรณ์

ประยูร และคณะ (2549) รายงานว่า ในบ่อที่มีสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*) เจริญเติบโตประมาณ 30% ของพื้นที่บ่อ เมื่อปล่อยลูกกุ้งกุลาดำลงไปเลี้ยง กุ้งจะมีการเจริญเติบโตดีโดยไม่ต้องให้อาหารจนกว่าสาหร่ายไส้ไก่ในบ่อหมดไป ซึ่งใช้เวลาประมาณ 50 วัน จึงเริ่มให้อาหาร สามารถผลิตกุ้งกุลาดำได้ขนาดใหญ่และมีต้นทุนต่ำ

2.6 ปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva (Enteromorpha)* spp.

ปัจจัยและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม แสง คุณภาพน้ำ และพวกสัตว์หน้าดิน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ โดยจะมีการศึกษาในเรื่องปัจจัยต่างๆ เช่น

Martins *et al.* (1999) รายงานว่าสาหร่ายไส้ไก่ที่เก็บมาจากเขตน้ำกร่อย Mondego Portugal ตะวันตก เจริญเติบโตได้ดี ที่ความเค็ม 15 และ 25 psu และมีการเจริญเติบโตต่ำ เมื่อความเค็มกว่า 5 หรือสูงกว่า 25 psu ดังนั้นสาหร่ายไส้ไก่จึงมักพบสาหร่ายชนิดนี้ได้ในแหล่งน้ำทั่วไป ที่มีธาตุอาหารสูง

สุวรรณา และ คณะ (2550) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ *Enteromorpha clathrata* (Roth) Greville 1830 ในน้ำทะเลที่ความเค็ม 9 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ส่วนในพัน ตามลำดับ ระดับละ 3 ซ้ำ เติมอากาศและปุ๋ยสูตรของกิลลาร์ด : F/2 ผูกติดกับตะกว้าในถังพลาสติกกลมปริมาตรน้ำ 40 ลิตร พบว่าสาหร่ายไส้ไก่ มีการเจริญเติบโตได้ดีอยู่ที่ระดับความเค็ม 15, 25 และ 15 ส่วนในพัน โดยระยะเวลาที่ให้ผลผลิตสูงสุดในการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10, 25 และ 15 วัน มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดเป็น 95.82±6.82 กรัม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยมีค่าเป็น 3.7216±0.4543 กรัมต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีค่าเป็นร้อยละ 26.78±0.80 ต่อวัน

Krista and Peggy (2000) ได้ทำการศึกษาความผันแปรของความเค็มในธรรมชาติ จากปัจจัยภายนอก โดยเอาสาหร่ายไส้ไก่จากเขตน้ำกร่อยมาทิ้งไว้ในน้ำที่ความเค็ม 25 psu เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยไม่ให้อาหาร หลังจากนั้นนำสาหร่ายไส้ไก่นำไปเลี้ยงที่ความเค็ม 0, 5, 15 และ 25 psu และให้อาหาร 1, 5, 11 และ 23 วัน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะกลับมาเลี้ยงที่ความเค็มเดิม 25 psu ทำเช่นนี้มากกว่า 24 วัน พบว่าสาหร่ายไส้ไก่ที่สัมผัสกับน้ำความเค็ม 0 และ 5 psu ทำให้เสียเม็ดสีไป มวลชีวภาพของน้ำหนักแห้งและเปียกลดลง และเพิ่มอัตราส่วนของน้ำหนักแห้ง : น้ำหนักสด และลดการดึงไนโตรเจน ฟอสฟอรัสจากน้ำและมีการสะสมของแอมโมเนียในน้ำที่ลดความเค็มลง 1 วัน และส่งผลกระทบต่อความเค็มน้อยที่สุด ส่วนการทดสอบที่ทุกระดับความเค็ม มวลชีวภาพของสิ่งมีชีวิตเพิ่มขึ้นเมื่อมีความถี่ของการสัมผัสความเค็มเพิ่มขึ้น สรุปคือ ความเค็มที่ต่ำหรือน้อยมีผลทำให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่น้อยลง และสาหร่ายไส้ไก่สามารถทนต่อการผึ่งแห้งที่ 0 psu แต่ได้ในช่วงเวลาที่จำกัดและทนได้ประมาณ 1 และ 5 วัน

ชนัดดา และ คณะ (2549) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* Linnaeus ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ตั้งแต่ในช่วงเริ่มเตรียมบ่อหลังจากการเก็บเกี่ยว โดยไม่นำเลนจากก้นบ่อออก สูบน้ำจากบ่อพักน้ำ เข้ามาในบ่อเลี้ยงขนาด 4 ไร่ จากนั้นนำสาหร่าย *U. intestinalis* มาขยายพันธุ์ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ ประเมินมวลชีวภาพของสาหร่ายทุก 10 วัน ก่อนปล่อยลูกกุ้งและเลี้ยงจนกระทั่งสาหร่ายหมดจากบ่อทดลอง ผลจากการศึกษาพบว่า มวลชีวภาพของสาหร่าย *U. intestinalis* ทั้ง 3 บ่อทดลอง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) บ่อทดลองที่ 1

และบ่อทดลองที่ 3 สาหร่ายเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 60 วันแรก จนกระทั่ง มีมวลชีวภาพสูงสุด ในวันที่ 84 และจะลดลง จนไม่มีสาหร่ายในวันที่ 150 ของการทดลอง ส่วนในบ่อทดลองที่ 2 มีมวลชีวภาพสูงสุดในวันที่ 52 ของการทดลอง และสาหร่ายหมดจากบ่อในวันที่ 112 ปริมาณ NH^{+}_{3}-N, NO_4^{-}-N, และ PO^{3-}_{4} –P ในน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของสาหร่าย *U. intestinalis* เมื่อปริมาณ NH^{+}_{3}–N เพิ่มขึ้น มวลชีวภาพของสาหร่ายเพิ่มขึ้น ปริมาณสารอินทรีย์ในดินและไนโตรเจนรวม ไม่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโต ของสาหร่าย *U. intestinalis* แต่ฟอสฟอรัสรวมในดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของ *U. intestinalis*

จริยาวดี และ คณะ (2547) ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบปริมานสัตว์หน้าดินในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ หรือบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ ดำเนินการโดยเก็บตัวอย่างดินทุก 10 วัน ตั้งแต่เริ่มการเตรียมบ่อ และหลังจากปล่อยลูกกุ้งรวม เป็นเวลาทั้งสิ้น 124 วัน ผลการศึกษาพบสัตว์หน้าดิน 9 กลุ่ม ใน 3 Phylum Arthropoda, Order Diptera และกลุ่มหอยสองฝา ใน Phylum Mollusca ในบ่อทดลองพบกลุ่มหอยสองฝา และมีปริมาณมากกว่าในบ่อควบคุม ปริมาณสัตว์หน้าดินในบ่อทดลองมากกว่าบ่อควบคุม โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สัตว์หน้าดินใน Class Bivalvia Phylum Mollusca และ Phylum Annelida ในบ่อควบคุมมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงเตรียมบ่อ และมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนรวมในดินอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่บ่อทดลอง ปริมาณสัตว์หน้าดินที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ในบ่ออย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะกลุ่มหอยสองฝาที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ และลดลงหลังจากปล่อยกุ้งกุลาดำลงเลี้ยง

Franciane and Pellizzari (2007) ได้ทำการศึกษา สาหร่ายสีเขียวชนิด *Gayralia sp.* ที่มีความสำคัญทางทิศใต้ของบราซิล และได้พิจารณา เรื่องการเพาะเลี้ยง ชนิด ทางชีววิทยา ของสาหร่ายบางชนิด ที่ยังไม่รู้จักดีพอ โดยศึกษาสาหร่าย 2 ชนิด โดยดูจากรูปตัดทางด้านส่วนนอก และส่วนในของสาหร่าย และได้แสดงรูปแบบการพัฒนาการ ของทัลลัสสาหร่าย เป็นสาหร่ายที่ไร้เพศ และในสาหร่ายชนิด *Gayralia sp.*1 ลักษณะคือจะมีการพัฒนาการโดยมีการขยายของ monostromatic เป็นใบพายโดยตรง ส่วนในสาหร่าย *Gayralia sp.*2 มีลักษณะเกิดเป็นรูปถุง อยู่ระหว่างตรงกลาง ก่อนจะมีการขยาย monostromatic เป็นใบพาย สาหร่ายทั้งสองชนิดจะมีความแตกต่างของขนาด และเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์ และได้ทำการศึกษาอิทธิพล ที่สาหร่ายทั้งสองชนิด สามารถเจริญเติบโตได้ โดยสามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 16-30 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 50-100 μmol $m^{-2}s^{-1}$ และความเค็มอยู่ที่ 5-40 ส่วนในพัน และสาหร่ายสามารถทนทานและมีอัตราการเจริญเติบโต สูงสุด ที่อุณหภูมิ 21.5 องศาเซลเซียส แสง 100 μmol $m^{-2}s^{-1}$

Millner และคณะ (1979) ได้ศึกษาการกระตุ้นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) พบว่าการตัดสาหร่ายไส้ไก่เป็นชิ้นเล็กขนาด 1-2 มิลิเมตร สาหร่ายสามารถปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้เร็วขึ้น

Hiraoka and Oka (2007) ได้ทำการศึกษาวิธีการกระตันการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่าย *Ulva Prolifera* ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงในน้ำทะเลลึกที่ได้จากทะเลลึกกว่า 300 m ทางตะวันตกของ

Japan โดยมีการกระตุ้นโดยการตัดทัลลัสของสาหร่ายที่มีความยาว 1-2 ม และหลังจาก 3 วัน สาหร่ายมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ มีการสร้างสปอร์กว่า 10^4 ต่อ มล และเริ่มมีการเจริญเติบโตเกาะติดและรวมกลุ่มบรรจุ 10-100 สปอร์ ครั้งแรกความยาวของเส้นของกลุ่มเท่ากับ 5 มม และเมื่อสปอร์ได้จำนวน 500 ลิตร ก็ย้ายไปไว้ในถังกลางแจ้ง โดยให้อากาศต่อเนื่อง และการเลี้ยงในน้ำทะเลจะมีอัตราการแลกเปลี่ยน 3 ปริมาตรต่อวัน ผลของค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตต่อวันในถัง โดยตลอดทั้งปีได้ 37% ขึ้นกับอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลง