บทที่ 5

อภิปรายผลการทดลอง

5.1 การปรับและขยายพันธุ์สาหร่ายในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ระดับต่างๆ

การทดลองพบว่า อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่าย ที่ขยายพันธุ์จากอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 1 กรัมต่อลิตร(อาหารสูตรควบคุม) ไปยังอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์สูงขึ้นคือ 10 20 และ 30 กรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดทุกขั้นตอนการปรับและขยายพันธุ์สาหร่าย ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก

1. วิธีการปรับเชื้อที่ค่อย ๆเพิ่มความเค็มเป็นขั้นๆอย่างมีระบบ โดยมีการเพิ่มโซเดียมคลอไรด์ขึ้นขั้นละ 10 กรัมต่อลิตร ทำให้สาหร่ายสามารถที่จะปรับตัวตามโซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มโซเดียมคลอไรด์ในระดับที่สูงเกิน ความสามารถของสาหร่ายที่จะปรับตัวได้ในทันทีทันใดอาจเป็นสาเหตุทำให้สาหร่ายชะงักการเจริญเติบโต ดังเช่นการทดลองของ Batterton และคณะ (1971) ที่รายงานว่า Agmenellum quadruplicatum ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จะมีการสังเคราะห์แสงลดลงทันทีเมื่อมีการย้ายจากอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 18 กรัมต่อลิตร ไปอยู่ในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 70 กรัมต่อลิตร แสดงว่าการที่ความเค็มเพิ่มขึ้นในระดับที่ต่างจากระดับเดิมมาก ๆ จะทำให้สาหร่ายหยุดชะงักการเจริญเติบโตได้ แต่จะสามารถมีการเจริญอย่างปกติอีกครั้งหนึ่ง หลังจากที่เปลี่ยนไปอยู่ในอาหารที่มีความเค็มสูงขึ้นเป็นเวลาหลายชั่วโมง

2. สาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ TH-S-02 ที่ใช้ในการทดลองนี้น่าจะเป็นสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเค็ม จึงทำให้สามารถเจริญเติบโตในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์สูงถึง 30 กรัมต่อลิตรได้

ผลการทดลองครั้งนี้ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Chiu และคณะ (1980) ที่ใช้ S. platensis ซึ่งได้รับจากศาตราจารย์ Su แห่งมหาวิทยาลัยแห่งชาติไต้หวัน(Taiwan National University) พบว่าสาหร่ายสายพันธุ์นี้สามารถทนโซเดียมคลอไรด์ได้ใกล้เคียงกับสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ TH-S-02 คือสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีโซเดียม

คลอไรด์ตั้งแต่ 0 ถึง 30 กรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามจากทดลองของ Riccardi และคณะ ซึ่งอ้างโดย Reed (1985) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของ S. platensis ลดลงถึงร้อยละ 50 เมื่อเลี้ยงในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์มากกว่า 18.7 กรัมต่อลิตรขึ้นไป และจะมีการเจริญเติบโตเพียงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมคลอไรด์เป็น 52.5 กรัมต่อลิตร เช่นเดียวการทดลองของ Watanabe และคณะ (1977) ที่ใช้ S. platensis ซึ่งระบุว่าเป็นสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์น้ำจืด จะไม่เจริญเติบโตเลยหากเลี้ยงในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์สูงกว่า 10 กรัมต่อลิตร

อย่างไรก็ตามจากผลการปรับสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ TH-S-02 ให้อยู่ในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 1 10 20 และ 30 กรัมต่อลิตร โดยเพิ่มโซเดียมคลอไรด์ขั้นละ 10 กรัมต่อลิตรทุก 4 วันนี้ เชื่อว่า สาหร่ายในอาหารทั้ง 4 สูตรอยู่ในสภาพพร้อมที่จะนำไปใช้ในการทดลองเรื่องผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ทั้งนี้เพราะเชื้อทุกเชื้อได้มีโอกาสปรับตัวในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ระดับต่าง ๆในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกันก่อนทำการทดลอง

5.2 <u>การศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทอง</u>

ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน จากการทดลองทั้ง 3 รอบของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารสูตร 3 และ 4 ซึ่งมีโซเดียมคลอไรด์ 20 และ 30 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ น้อยกว่าสาหร่ายในอาหาร สูตรที่ 1 (อาหารสูตรควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าโซเดียมคลอไรด์ตั้งแต่ 20 กรัมต่อลิตร ขึ้นไป มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ต่ำกว่าสาหร่ายในอาหารสูตร 1 ซึ่งต่างจากผลการทดลองเรื่องการปรับและการขยายพันธุ์สาหร่ายในอาหารที่มีความเค็มในระดับต่างๆ ทั้งนี้อธิบายได้ว่า ผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการเลี้ยง ดังเห็นได้จากภาพที่ 4.3 ความแตกต่างระหว่างอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายในอาหารสูตรต่าง ๆ เริ่มปรากฏตั้งแต่รอบแรก แม้จะไม่แตกต่างทางสถิติ และจะมีความแตกต่างเด่นชัดมากขึ้นจนเกิดความแตกต่างทางสถิติในรอบที่ 2 และ 3 และค่าเฉลี่ยจากการทดลองทั้ง 3 รอบ ก็แสดงว่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ของสาหร่ายในอาหารสูตรที่ 3 และ 4 มีค่าต่ำกว่าสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงสาหร่ายในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ตั้งแต่ 20 กรัมต่อลิตร ขึ้นไปเป็นเวลานานขึ้น อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน จะมีค่าลดลงต่ำกว่าสาหร่ายในอาหารสูตรควบคุม

ค่าเฉลี่ยผลผลิตและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน จากการทดลองทั้ง 3 รอบของสาหร่ายในอาหารทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งต่างจากอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด

ต่อวัน ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องจากค่าผลผลิตและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันเป็นค่าที่คำนวณได้จากค่าน้ำหนักแห้งและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในวันแรกและวันสุดท้าย (วันที่ 5) ของการทดลองในแต่ละรอบ ส่วนค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน นั้นคำนวณจากระยะเวลาที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตสูงสุด ซึ่งเป็นวันแรกของการทดลอง จึงเป็นไปได้ว่าเมื่อระยะเวลายาวนานขึ้น สาหร่ายในอาหารแต่ละสูตรมีโอกาสที่จะปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม และสามารถเจริญเติบโตได้ดี จนในที่สุดมีผลผลิต และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ใกล้เคียงกัน แต่การศึกษาของ Terekhova และคณะ(1986) ก็พบว่า S. platensis สามารถเจริญเติบโตในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 5.85 กรัมต่อลิตร และเมื่อเพิ่มโซเดียมคลอไรด์เป็น 23.4 กรัมต่อลิตร อย่างฉับพลัน การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง

ส่วนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ผลผลิต ของสาหร่ายในอาหารแต่ละสูตร มีค่าใกล้เคียงกันระหว่างการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ยกเว้นอาหารสูตรที่ 4 แสดงว่าโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1 ถึง 20 กรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ TH-S-02 แต่อย่างใด ซึ่งต่างจากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ซึ่งเริ่มมีแนวโน้มลดลงเมื่อเลี้ยงในรอบที่ 3 ในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์มากกว่า 10 กรัมต่อลิตร แสดงว่าโซเดียมคลอไรด์มีอิทธิพลต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ เอ มากกว่าผลผลิตของสาหร่าย เมื่อมีระยะเวลาการเลี้ยงนานขึ้น

จากการสังเกตและวัดรูปร่างของสาหร่ายในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ทั้ง 4 ระดับพบว่าโซเดียมคลอไรด์ตั้งแต่ 10 กรัมต่อลิตร ขึ้นไปมีผลทำให้ trichome ยาวขึ้น แต่ไม่มีผลต่อระยะห่างระหว่างเกลียวและเส้นผ่าศูนย์กลางเกลียว ทั้งนี้อาจอธิบายได้ว่าที่ระดับโซเดียมคลอไรด์สูงๆมีส่วนยับยั้งการแบ่งเซลล์ดังเช่นการทดลองของ Battertan และคณะ (1971) ที่กล่าวว่าการเลี้ยง Coccochloris elabans และ Agmenellum quadruplicatum ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดหนึ่งในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 100 กรัมต่อลิตร พบว่าสาหร่ายทั้ง 2 ชนิดนี้มีลักษณะเซลล์เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย และมีขนาดของเซลล์ใหญ่ขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 18 กรัมต่อลิตร สอดคล้องกับผลการทดลองกับเชื้อ TH-S-02 ซึ่งพบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ตั้งแต่ 20 กรัมต่อลิตรขึ้นไปเซลล์จะมีใหญ่ขึ้น ในเรื่องนี้ Richmond (1986) กล่าวว่าสิ่งมีชีวิตในน้ำทั่วไปเมื่ออยู่ในสภาพที่มีสารละลายเกลือสูง เซลล์จะมีการสะสมสารบางชนิดเพื่อทำให้ของเหลวภายในเซลล์มีความเข้มข้นมากกว่าสภาพแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำจากเซลล์สู่ภายนอก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าเซลล์สาหร่ายมีขนาดใหญ่ขึ้น จึงอาจเนื่องจากการสะสมสารบางชนิดภายในเซลล์มากจนกระทั่งมีความเข้มข้นมากกว่าอาหารภายนอก จึงทำให้น้ำแพร่เข้าสู่เซลล์ เกี่ยวกับผลของความเค็มต่อการสร้างและสะสมสารบางชนิด

ใน S. platensis Warr และคณะ (1985) พบว่า S. platensis ที่เลี้ยงในอาหารที่มีความเค็มไม่เกิน 45 ส่วนในพันส่วนสาหร่ายจะมีการปรับตัวต่อแรงดันออสโมซิส โดยการสร้างและสะสมสารคาร์โบไฮเดรทน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ได้แก่ กลูโคซิลกลีเซอรอล (glucosylglycerol) เพิ่มขึ้น(S. platensis อยู่ในความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วนจะมีกลูโคซิลกลีเซอรอลประมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง)เช่นเดียวกับการทดลองของ Reed และคณะ(1985) ที่พบว่าความเข้มข้นของกลูโคซิลกลีเซอรอล ใน S. platensis ผันแปรแบบเป็นเส้นตรงกับความเค็มภายนอก โดยจะมีการสะสมกลูโคซิลกลีเซอรอลสูงสุดคือ 243.3 มิลลิโมล์ต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง เมื่ออยู่ในอาหารที่มีเกลือสมุทร 52.5 กรัมต่อลิตร นอกจากกลูโคซิลกลีเซอรอลแล้ว ทรีฮาโลส (trehalose) ก็เป็นสารคาร์โบไฮเดรทน้ำหนักโมเลกุลต่ำอีกชนิดหนึ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงตามระดับความเค็มในอาหารที่สาหร่ายเจริญเติบโต โดย Warr และคณะ (1985) กล่าวว่าพบทรีฮาโลสใน S. platensis ในอาหารที่มีความเข้มข้นเกลือต่ำ โดยจะพบทรีฮาโลสเพียงไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนักแห้ง ถ้าสาหร่ายอยู่ในอาหารที่มีความเค็มเพียงครึ่งหนึ่งของน้ำทะเล และในสภาพที่มีความเค็มเท่ากับความเค็มน้ำทะเล สัดส่วนของทรีฮาโลสต่อกลูโคซิลกลีเซอรอลจะผันแปรตามอุณหภูมิ โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จะมีทรีฮาโลสประมาณร้อยละ 31 ของสารคาร์โบไฮเดรทน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และเมื่ออุณหภูมิลดลงเหลือ 20 องศาเซลเซียส ทรีฮาโลสจะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 9 เท่านั้น นอกจากนี้ Warr และคณะ ยังพบอีกว่าถ้า S. platensis ถูกเลี้ยงในสภาพที่มีความเค็มต่ำ (hypo-osmotic shock)ภายในเซลล์จะมีการสะสมกลูโคซิลกลีเซอรอลลดลง แต่จะมีการสะสมไกลโคเจน(glycogen) เพิ่มขึ้น นอกจากการสะสมสารต่างๆดังกล่าวข้างต้นใน S. platensis ซึ่งเป็นสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์น้ำจืดแล้ว Gabbay และคณะ (1985) ยังรายงานถึงการสะสมไกลซีนเบทาอีน (glycinebataine) ในสาหร่าย s. subsalsa ซึ่งเป็นสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์น้ำเค็ม โดยพบว่าปริมาณไกลซีนเบทาอีนจะเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า ในสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารที่มีความเค็มต่ำ (hyposaline medium) เมื่อนำไปเลี้ยงในอาหารที่มีความเค็มสูง (hypersaline medium)

ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งคือ โซเดียมคลอไรด์มีผลต่อคุณสมบัติการลอยตัวของสาหร่ายเกลียวทอง นอกเหนือจากปัจจัยอื่นๆที่ Richmond (1986) อ้างถึง Rijin และ Shilo ซึ่งกล่าวว่าแสง คาร์บอนไดออกไซด์ และธาตุอาหารมีอิทธิพลต่อการลอยตัวของ Oscillatoria จากการทดลองเรื่องผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ TH-S-02 นี้ พบว่าสาหร่ายที่อยู่ในอาหารสูตรควบคุมส่วนใหญ่จะจับกันเป็นฝ้าอยู่ที่ผิวของสารอาหาร ในสภาพที่ไม่มีการหมุนเวียนของน้ำ ต่างจากสาหร่ายในอาหารสูตรที่ 2 ซึ่งพบว่ามีการตกตะกอนบางส่วน ส่วนสาหร่ายในอาหารสูตรที่ 3 และ 4 จะจมอยู่ก้นขวด จนสังเกตเห็นอาหารเลี้ยงสาหร่ายใส การที่สาหร่ายจมอยู่ก้นขวดนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจากความเค็มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสภาพที่แตกต่างจากธรรมชาติ

ของสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ที่ใช้ ความเค็มทำให้ gas vacuole ในเซลล์สาหร่ายแฟบ (collapse) ซึ่ง Richmond (1986) อธิบายว่าการแฟบของ gas vacuole เนื่องจากการเพิ่มแรงเต่งภายในเซลล์สาหร่าย (cell turgor pressure) จะเห็นได้ว่าคำอธิบายดังกล่าวนี้สอดคล้องกับผลการทดลอง กล่าวคือเป็นไปได้ว่าแรงเต่งที่เกิดขึ้นภายในเซลล์สาหร่ายเกิดขึ้นเนื่องจากการสะสมสารคาร์โบไฮเดรทโมเลกุลต่ำ เพื่อทำให้ความเข้มข้นภายในเซลล์มากกว่าภายนอกจึงมีการแพร่ของน้ำจากภายนอกเข้าสู่เซลล์ ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อความเค็มที่เพิ่มขึ้นในอาหารเลี้ยงสาหร่าย

5.3 <u>การเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในตัวอย่างน้ำที่ 1</u>

จากผลการทดลองที่พบว่า อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ผลผลิต และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ที่เฉลี่ยจากการทดลองทั้ง 3 รอบของสาหร่ายเชื้อที่ 2 3 และ 4 ซึ่งปรับให้อยู่ในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 10 20 และ 30 กรัมต่อลิตรตามลำดับ ก่อนนำมาเลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 ทั้งก่อนและหลังลดความกระด้างมีค่าใกล้เคียงกับสาหร่ายเชื้อที่ 1(เชื้อควบคุม) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงอาจกล่าวได้ว่าการเลี้ยงสาหร่ายในตัวอย่างน้ำที่ 1 ทั้งก่อนและหลังลดความกระด้าง ไม่มีความจำเป็นต้องปรับสาหร่ายให้อยู่ในความเค็มระดับต่าง ๆ ก่อนนำมาเลี้ยง อย่างไรก็ตามการเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อในตัวอย่างน้ำที่ 1 นั้น แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ผลผลิต และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ที่น่าสนใจดังนี้

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 ก่อนลดความกระด้างในการทดลองรอบที่ 3 ลดลงจากรอบที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.11) ซึ่งสอดคล้องกับกราฟการเจริญเติบโตของสาหร่าย (ภาพที่ 4.12) ทั้งนี้อธิบายได้ว่าปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายทุกเชื้อในรอบนี้ คือตะกอนซึ่งเกิดจากสารเคมีในอาหารเลี้ยงสาหร่ายสูตรของ Zarrouk ตกตะกอนกับแคลเซียม แมกนีเซียม ที่มีอยู่เป็นปริมาณมากในน้ำ ปริมาณตะกอนในรอบที่ 3 มีมากกว่ารอบที่ 2 และ 1 ตามลำดับ เนื่องจากเป็นตะกอนที่เกิดจากการเตรียมอาหารเลี้ยงสาหร่ายในรอบที่ 3 นั่นเอง และตะกอนที่ติดมากับเชื้อสาหร่ายที่ใช้เป็นสาหร่ายตั้งต้นที่กรองจากรอบที่ 2 ปริมาณตะกอนที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้สาหร่ายมีโอกาสได้รับแสงน้อยลง ประกอบกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายในสภาพที่อาหารเกิดการตกตะกอน อาจเป็นสาเหตุให้สาหร่ายขาดธาตุอาหารบางอย่าง และเมื่อเลี้ยงสาหร่ายในสภาพเช่นนี้เป็นเวลานานขึ้น สาหร่ายจึงมีการเจริญเติบโตลดลง

ผลผลิตของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมทุกรอบของการทดลอง สนับสนุนข้อสังเกตที่ว่าการเตรียมอาหารเลี้ยงสาหร่ายด้วยตัวอย่างน้ำที่ 1 ก่อนลดความกระด้างจะมีตะกอนเกิดขึ้น ดังจะเห็นได้ชัดเจนว่า ผลผลิตของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารที่เตรียมจากน้ำกลั่นมีค่าน้อยกว่า (ภาพที่ 4.14) ทั้งๆที่ค่า อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ของสาหร่ายชุดควบคุมมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อ (ภาพที่ 4.11)

ส่วนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ในรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อในรอบที่ 2 มีค่าสูงกว่ารอบที่ 1 และ 3 มาก เนื่องจากถ้าพิจารณาข้อมูลที่ใช้คำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ภาคผนวก ง.ตารางที่ 2-18) จะเห็นว่า คลอโรฟิลล์เอ ของสาหร่ายในวันแรกของการเลี้ยงในรอบที่ 1 สูงกว่ารอบที่ 2 อย่างเห็นได้ชัด ส่วนค่าคลอโรฟิลล์ เอ ของสาหร่ายในวันสุดท้ายของการเลี้ยงสาหร่ายในรอบที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นเมื่อคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน} = \frac{\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในวันสุดท้ายของการเลี้ยงแต่ละรอบ}}{\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในวันแรกของการเลี้ยงแต่ละรอบ}} \times \text{เวลา}$$

จึงทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน แตกต่างกันมากต่างจากสาหร่ายชุดควบคุมซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ใกล้เคียงกันทั้ง 3 รอบ เนื่องจากค่าคลอโรฟิลล์ เอ ของสาหร่ายในวันแรกของการเลี้ยงสาหร่ายในแต่ละรอบมีค่าใกล้เคียงกัน และคลอโรฟิลล์ เอ ของสาหร่ายในวันสุดท้ายของการเลี้ยงสาหร่ายในแต่ละรอบก็มีค่าใกล้เคียงกันด้วย ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ในรอบที่ 3 ของสาหร่ายทุกเชื้อต่ำกว่ารอบอื่น ๆ น่าจะมีสาเหตุจากการเจริญเติบโตที่ต่ำ เพราะค่า คลอโรฟิลล์ เอ ของสาหร่ายในวันสุดท้ายของการเลี้ยงสาหร่ายในรอบนี้ ต่ำกว่ารอบ 1 และ 2 อย่างเห็นได้ชัด

สำหรับการเลี้ยงสาหร่ายในตัวอย่างน้ำที่ 1 หลังลดความกระด้างพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ผลผลิต และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อ ในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 มีค่าใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างจากสาหร่ายชุดควบคุมมากนัก แสดงให้เห็นว่าเมื่อลดความกระด้างแล้ว สาหร่ายมีการเจริญเติบโตได้ดีเทียบเท่าได้กับชุดควบคุม และการเลี้ยงสาหร่ายเป็นระยะเวลานานไม่ทำให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ผลผลิต และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันลดลง อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาการคำนวณค่าปริมาณ

คลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน เนื่องจากคลอโรฟิลล์ เอ ของสาหร่ายในวันแรกของการเลี้ยงในแต่ละรอบมีค่าใกล้เคียงกันนั่นเอง

5.4 การเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในตัวอย่างน้ำที่ 2

การเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 10 20 และ 30 กรัมต่อลิตร (เชื้อที่ 2 3 และ 4) ก่อนนำมาเลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ทั้งก่อนและหลังลดความกระด้าง พบว่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ผลผลิต และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ที่เฉลี่ยจากการทดลองทั้ง 3 รอบมีค่าใกล้เคียงกับสาหร่ายเชื้อที่ 1 (เชื้อควบคุม) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงอาจกล่าวได้ว่าการเลี้ยงสาหร่ายในตัวอย่างน้ำที่ 2 ทั้งก่อนและหลังลดความกระด้างไม่มีความจำเป็นต้องปรับสาหร่ายให้อยู่ในความเค็มระดับต่างๆ ก่อนนำมาเลี้ยง อย่างไรก็ตามการเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อในตัวอย่างน้ำที่ 2 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ผลผลิตและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ที่น่าสนใจดังนี้

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้างในรอบที่ 2 สูงกว่ารอบที่ 1 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.25) ต่างจากกราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้างในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 (ภาพที่ 4.26) ซึ่งพบว่า O.D. ที่เพิ่มขึ้นจากการเลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 5 วัน(O.D. ในภาคผนวก ง.ตารางที่ ง-6) มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 รอบ อธิบายได้ว่าในการทดลองรอบที่ 2 การเจริญเติบโตของสาหร่ายเกิด lag phase ที่เด่นชัด lag phase ที่เกิดขึ้นนี้คาดว่ามีสาเหตุจากคุณสมบัติของตัวอย่างน้ำที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากสาหร่ายชุดควบคุมซึ่งเลี้ยงในอาหารสูตรของ Zarrouk ที่เตรียมจากน้ำกลั่นซึ่งเลี้ยงอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกันกับสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อ ไม่แสดงระยะ lag phase ในการทดลองรอบนี้ และการที่เกิด lag phase ในวันแรกดังกล่าวทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน มีค่าสูงกว่ารอบอื่นๆ

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า ผลผลิต ในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้าง (ภาพที่ 4.28)ในรอบที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกับรอบที่ 3 และต่ำกว่ารอบที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ แตกต่างจากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ที่มีความผันแปรมากในแต่ละรอบ และไม่แสดงแนวโน้มใดๆ อย่างชัดเจนอาจอธิบายได้ว่า ถ้าพิจารณาข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหา ผลผลิตและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่

เพิ่มขึ้นต่อวัน(ภาคผนวก ง.ตาราง ง-13 และ ง-20) จะเห็นว่าน้ำหนักแห้งและ คลอโรฟิลล์ เอ ของสาหร่ายในวันแรกของการเลี้ยงในรอบที่ 1 2 และ 3 มีค่าที่ผันแปรมาก ดังนั้นเมื่อคำนวณหาผลผลิต และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน จึงทำให้ค่าต่างกันมาก

สำหรับการเลี้ยงสาหร่ายในตัวอย่างน้ำที่ 2 หลังลดความกระด้างพบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ผลผลิต และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อ (ภาพที่ 4.28 และ 4.30 ตามลำดับ) ในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 มีค่าผันแปรที่ไม่แสดงแนวโน้มอย่างชัดเจนเช่นเดียวกับการเลี้ยงสาหร่ายในตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้าง กล่าวคือรอบที่ 2 ผลผลิตต่ำกว่ารอบที่ 1 และ 3 ตรงกันข้ามกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ที่มีค่าสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัดอธิบายได้ว่าตัวอย่างน้ำที่ 2 แม้จะลดความกระด้างลงแล้ว ความกระด้างยังคงสูงอยู่คือมีค่า 203 มิลลิกรัมต่อลิตร คำนวณในรูป $CaCO_3$ ประกอบกับค่าคลอรินิตี้ที่มีค่าสูงคือ 12.3 กรัมต่อลิตร จึงมีผลทำให้ผลผลิต และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ผันแปรมาก อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 2 (ทั้งก่อนและหลังลดความกระด้าง)กับการเลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 แล้วจะพบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตช้ากว่า ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากคุณสมบัติตัวอย่างน้ำที่ 2 ที่มีความกระด้างรวมสูงถึง 761 มิลลิกรัมต่อลิตร คำนวณในรูปของ $CaCO_3$ สำหรับตัวอย่างน้ำที่ 2 ก่อนลดความกระด้าง และความกระด้างรวม 203 มิลลิกรัมต่อลิตรคำนวณในรูปของ $CaCO_3$ หลังลดความกระด้าง และมีความเข้มข้นของคลอไรด์ 12.3 กรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเรื่องการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโต พบว่าปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในอาหารที่ระดับมากกว่า 20 กรัมต่อลิตร หรือถ้าคิดเป็นปริมาณคลอไรด์จะเท่ากับ 12 กรัมต่อลิตร จะทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตลดลงและต่ำกว่าชุดควบคุมที่มีปริมาณโซเดียมคลอไรด์เพียง 1 กรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.5 <u>การเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในตัวอย่างน้ำที่ 3</u>

จากผลการทดลองพบว่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ผลผลิต และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ที่เฉลี่ยจากการทดลองทั้ง 3 รอบ ของสาหร่ายเชื้อที่ 2 3 และ 4 ซึ่งปรับให้อยู่ในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 10 20 และ 30 กรัมต่อลิตรตามลำดับก่อนนำมาเลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 ทั้งก่อนและหลังลดความกระด้างมีค่าใกล้เคียงกับสาหร่ายเชื้อที่ 1 (เชื้อควบคุม) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จึงอาจกล่าวได้ว่า ไม่มีความจำเป็นในการปรับสาหร่ายให้อยู่ในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ระดับต่างๆ ก่อนนำมาเลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 ถ้าพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันผลผลิต และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน เป็นรอบๆ

จะพบว่าค่า อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ของสาหร่ายทุกเชื้อในตัวอย่างน้ำที่ 3 ก่อนลดความกระด้างมีแนวโน้มลดลง เมื่อเลี้ยงเป็นเวลายาวนานขึ้นโดยเฉพาะสาหร่ายเชื้อที่ 4 ซึ่งมีค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันในรอบที่ 3 ต่ำกว่ารอบแรกอย่างมีนัยสำคัญ อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันของสาหร่ายเชื้อที่ 3 ที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 หลังลดความกระด้างมีค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวันลดลงอย่างมีนัยสำคัญในรอบที่ 3 เช่นกัน แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายที่ปรับให้อยู่ในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์สูงๆ เมื่อนำมาเลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 ทั้งก่อนและหลังลดความกระด้างจะมีการเจริญเติบโตลดลง

แต่หากพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันในรอบที่ 1 2 และ 3 ของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อ (ภาพที่ 4.44) ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายแต่ละเชื้อแตกต่างกันมากในการทดลองรอบแรกของการเลี้ยงในน้ำตัวอย่าง 3 ก่อนลดความกระด้างความแตกต่างที่เกิดขึ้นดังกล่าวเกิดจากค่าคลอโรฟิลล์ เอ ของสาหร่ายในวันสุดท้ายของแต่ละเชื้อแตกต่างกันมาก โดยมีค่าเรียงลำดับจากน้อยไปมากดังนี้ คือ เชื้อที่ 1 2 3 4 ตามลำดับ ในขณะที่คลอโรฟิลล์ เอ ของสาหร่ายในวันแรก มีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อในรอบที่ 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการปรับสาหร่ายให้อยู่ในโซเดียมคลอไรด์ระดับต่าง ๆ มีผลต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ เอ ในรอบแรกเท่านั้น โดยพบว่าสาหร่ายที่ปรับให้อยู่ในโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับสูงขึ้นจะมีการสร้างคลอโรฟิลล์ เอ มากขึ้นในรอบที่ 2 และ 3 หลังจากนั้นในรอบที่ 2 และสาหร่ายจะมีการปรับตัวให้มีการสร้างคลอโรฟิลล์ เอ ได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันมากขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเลยในการทดลองทั้ง 3 รอบ

ค่าผลผลิตของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อ ในรอบแรกของการเลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 ก่อนลดความกระด้างมีลักษณะเช่นเดียวกับค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน คือมีค่าเรียงจากน้อยไปหามากในเชื้อที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ ส่วนในรอบที่ 2 ค่าผลผลิตของเชื้อที่ 2 สูงกว่าเชื้ออื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

อย่างไรก็ตามในรอบที่ 3 กลับพบว่าสาหร่ายเชื้อที่ 2 มีค่าผลผลิตต่ำกว่าเชื้ออื่นๆ ค่อนข้างมากทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักแห้งของสาหร่ายในวันแรก ในภาคผนวก ง.ตารางที่ ง-15 พบว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักแห้งของสาหร่ายในวันแรกเชื้อนี้มีค่าสูงกว่าเชื้ออื่นๆ มาก จึงทำให้ผลผลิตที่คำนวณได้มีค่าต่ำไปด้วย อย่างไรก็ตามแม้ว่าค่า ผลผลิตของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อจะแตกต่างกันในทุกรอบตลอดระยะเวลาการทดลองทั้ง 3 รอบ แต่เมื่อนำค่าดังกล่าวมาเฉลี่ยกลับพบว่าสาหร่ายทุกเชื้อจะมีค่าผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อนำตัวอย่างน้ำที่ 3 ไปลดความกระด้างแล้ว ค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ผลผลิต และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายทั้ง 4 เชื้อ ในการทดลองทุกรอบรวมทั้งค่าเฉลี่ยจากการทดลองทั้ง 3 รอบ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการลดความกระด้างมีส่วนทำให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายในการทดลองทั้ง 3 รอบ มีค่าใกล้เคียงกันมากยิ่งขึ้น ส่วนแนวโน้มค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ผลผลิต และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวันของสาหร่ายในการทดลองรอบที่ 1 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแสดงให้เห็นว่าสาหร่ายเชื้อ TH-S-02 ที่ปรับให้อยู่ความเค็มระดับต่างๆ สามารถเลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 หลังลดความกระด้างได้ แม้จะเลี้ยงเป็นเวลานาน อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ผลผลิต และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน จะไม่ลดลง

5.6 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในน้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การติดตามการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาจากค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดต่อวัน ผลผลิต และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน แต่ในการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในน้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือนี้ เลือกใช้เฉพาะค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน เนื่องจากการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เป็นวิธีที่มีการรบกวนจากตะกอนน้อยกว่าการติดตามการเจริญเติบโตด้วยวิธีอื่น จึงเป็นค่าที่เชื่อถือได้มากกว่า และเนื่องจากค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอเริ่มต้น ของการทดลองแต่ละรอบมีความแตกต่างค่อนข้างมาก ซึ่งความแตกต่างนี้มีผลต่อการคำนวณค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ดังนั้นเพื่อลดความแตกต่างของค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ซึ่งเกิดจากการที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้นที่แตกต่างกันในแต่ละรอบ จึงนำค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน จากการทดลอง 3 รอบ เปรียบเทียบกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ของสาหร่ายชุดควบคุมที่ทดลองในช่วงเวลาเดียวกัน โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$Chl.ax = Rel.Chl.a(Sn) / Rel.Chl.a(C)$$

Rel.Chl.a(Sn) หมายถึง ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน

Rel.Chl.a(C) หมายถึง ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ของสาหร่ายชุดควบคุมที่ทดลองในช่วงเวลาเดียวกัน

ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งสรุปได้ดังนี้ ถ้าเปรียบเทียบระหว่างค่า Chl.ax ของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารซึ่งเตรียมจากน้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือก่อนลดความกระด้าง จะเห็นได้ว่า Chl.ax ของสาหร่ายในตัวอย่างน้ำที่ 1 และ 2 มีค่าสูงกว่าสาหร่ายในตัวอย่างน้ำที่ 3 ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 1 และ 2 มีการสร้างคลอโรฟิลล์ เอ มากกว่าสาหร่ายในตัวอย่างน้ำที่ 3 ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเจริญเติบโตที่ดีกว่า แต่หากพิจารณาคุณสมบัติทางเคมีของตัวอย่างน้ำดังตารางที่ 4.8 จะเห็นว่าตัวอย่างน้ำที่ 1 และ 2 มีค่าความกระด้างรวมและคลอรินิตี้สูงกว่าตัวอย่างน้ำที่ 3 ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าการที่สาหร่ายที่เลี้ยงในตัวอย่างน้ำที่ 3 เจริญเติบโตต่ำ น่าจะเป็นผลจากคุณสมบัติอื่นๆนอกเหนือจากความกระด้างและคลอรินิตี้

ส่วนการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารที่เตรียมจากตัวอย่างน้ำทั้ง 3 แห่ง หลังลดความกระด้างมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการเลี้ยงสาหร่ายในตัวอย่างน้ำก่อนลดความกระด้าง คือ สาหร่ายทุกเชื้อในตัวอย่างน้ำที่ 1 และ 2 ยังคงมีค่า Chl.ax สูงกว่าสาหร่ายในตัวอย่างน้ำที่ 3 เป็นที่น่าสังเกตว่าตัวอย่างน้ำที่ 3 แม้จะนำไปลดความกระด้างจนเหลือ 103 มิลลิกรัมต่อลิตร คำนวนในรูป $CaCO_3$ ซึ่งต่ำกว่าตัวอย่างน้ำที่ 1 และ 2 ที่มีความกระด้างเท่ากับ 189 และ 203 กรัมต่อลิตรคำนวณในรูป $CaCO_3$ จึงเป็นการยืนยันข้อสังเกตที่ว่าน่าจะเป็นคุณสมบัติอื่นๆของตัวอย่างน้ำที่ 3 ที่มีผลทำให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายต่ำ นอกเหนือจากค่าคลอรินิตี้และความกระด้าง

ดังนั้นในการเลือกน้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง นอกจากจะพิจารณาคุณสมบัติของน้ำในด้านคลอรินิตี้และความกระด้างแล้ว ยังต้องพิจารณาคุณสมบัติข้ออื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายควบคู่ไปด้วย

5.7 แนวทางการใช้น้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง

การปรับสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ TH-S-02 ให้อยู่ในอาหารสูตรของ Zarrouk ที่มีโซเดียมคลอไรด์ 1 10 20 และ 30 กรัมต่อลิตร เพื่อหาระดับโซเดียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการเตรียมสาหร่ายเกลียวทองเพื่อเลี้ยงในน้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 3 ตัวอย่าง

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในน้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ตัวอย่างน้ำ	Chl.ax				
	สาหร่ายเชื้อ				
	C	1	2	3	4
1 ก่อนลดความกระด้าง	1	0.790	0.838	0.771	0.753
2 ก่อนลดความกระด้าง	1	0.912	0.834	0.808	1.017
3 ก่อนลดความกระด้าง	1	0.606	0.562	0.602	0.608
1 หลังลดความกระด้าง	1	1.081	1.193	1.156	1.084
2 หลังลดความกระด้าง	1	1.021	0.951	0.956	0.966
3 หลังลดความกระด้าง	1	0.768	0.750	0.709	0.760

หมายเหตุ : Chl.ax หมายถึง $\frac{\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน}}{\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ของสาหร่ายชุดควบคุม}}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากแหล่งต่าง ๆ กัน คือ

1. น้ำบาดาลบ้านบวร ตำบลแดงใหญ่ อ.เมือง จ.ขอนแก่น (คลอริริดี้ เท่ากับ 3.8 กรัมต่อลิตร ความกระด้างรวมก่อนและหลังลดความกระด้าง 855 และ 189 กรัมต่อลิตร คำนวณในรูป $CaCO_3$ ตามลำดับ)

2. น้ำจากอ่างเก็บน้ำหนองบ่อ ตำบลบรบือ อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม (คลอรินิดี้เท่ากับ 12.3 กรัมต่อลิตร ความกระด้างรวมก่อนและหลังลดความกระด้าง 761 และ 203 กรัมต่อลิตร คำนวณในรูป $CaCO_3$ ตามลำดับ)

3. น้ำบาดาลอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา (คลอรินิดี้ เท่ากับ 1 กรัมต่อลิตร ความกระด้างรวมก่อนและหลังลดความกระด้าง 445 และ 103 กรัมต่ออลิตร คำนวณในรูป $CaCO_3$ ตามลำดับ)

พบว่าเชื้อสาหร่ายที่ปรับให้อยู่ในความเค็มทั้ง 4 ระดับ เมื่อเลี้ยงในตัวอย่างน้ำทั้ง 3 ตัวอย่างมีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน จึงอาจกล่าวได้ว่าไม่มีความจำเป็นที่จะต้องปรับสาหร่ายให้อยู่ในความเค็มต่าง ๆ ก่อนนำมาเลี้ยงในน้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตของสาหร่ายทุกเชื้อมีค่าค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดลองมีความกระด้างค่อนข้างสูงจึงมีแคลเซียมและแมกนีเซียมมาก ประกอบกับอาหารที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายสูตร Zarrouk มีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 8.3 ซึ่งความเป็นกรด-ด่างระดับนี้รูปแบบของคาร์บอนซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดระบบบัฟเฟอร์ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไบคาร์บอเนต และเมื่อสาหร่ายมีการเจริญเติบโต ความเป็นกรด-ด่างจะเพิ่มขึ้นเป็นเหตุให้รูปแบบของคาร์บอนเปลี่ยนไป พบว่าที่ความเป็นกรด-ด่างประมาณ 9.0 คาร์บอนจะอยู่ในรูปคาร์บอเนต (ซึ่งเป็นรูปที่ละลายน้ำได้น้อยมาก) มากกว่าร้อยละ 40 เช่นเดียวกับฟอสฟอรัสที่พบว่าจะมีการเปลี่ยนรูปแบบตามการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง โดยพบว่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 7.1 ไฮโดรเจนฟอสเฟต ซึ่งเป็นรูปที่ละลายน้ำได้จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปฟอสเฟตซึ่งละลายน้ำได้น้อยกว่า

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทอง (8.3-10.5) เป็นระดับที่เอื้ออำนวยต่อการเกิดตะกอนของ แคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$) แมกนีเซียมฟอสเฟต ($Mg_3(PO_4)_2$) แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) ตะกอนเหล่านี้ทำให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายลดลงเนื่องจากลดการส่องผ่านของแสงทำให้สาหร่ายได้รับแสงน้อยลง และยังทำให้สาหร่ายไม่สามารถใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังทำให้คุณภาพของสาหร่ายลดลง (เนื่องจากมีการปนเปื้อนของตะกอนในเนื้อสาหร่าย)

ดังที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่าปัญหาการใช้น้ำเค็มจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองไม่ได้เกิดจากระดับคลอรินีตี้แต่อย่างไร แต่กลับกลายเป็นค่าความกระด้างที่ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดตะกอนนั่นเอง จากการทดลองนี้พบว่าการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองด้วยอาหารที่เตรียมจากน้ำที่มีความกระด้างต่ำ (หลังลดความกระด้าง) จะช่วยลดปัญหาการเกิดตะกอนของน้ำตัวอย่างกับสารเคมีที่ใช้เตรียมอาหาร ทำให้ความหนาแน่นของสาหร่ายซึ่งวัดในรูป O.D. น้ำหนักแห้ง และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่วิเคราะห์ไม่ถูกรบกวนจากตะกอน

แนวทางการแก้ปัญหาการเกิดตะกอนจากการใช้น้ำจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองอาจทำได้โดย ลดปริมาณสารเคมีที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดตะกอนได้แก่ โซเดียมไบคาร์บอเนต และโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต โดยลดลงเหลือระดับที่สาหร่ายยังคงเจริญเติบโตได้อย่างปกติและไม่เกิดตะกอน การลดสารเคมีดังกล่าวยังเป็นการลดต้นทุนอีกด้วย ดังเช่นการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ต่างๆดังนี้

ในปี 1974 Ikenouye ใช้น้ำเค็มจาก Sulaibiya เลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองโดยลดปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตในระดับต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่าแม้จะลดโซเดียมไบคาร์บอเนตลงเหลือ 5 กรัมต่อลิตร สาหร่ายยังคงเจริญเติบโตได้อย่างปกติ แต่มีปัญหาสาหร่ายจับกันเป็นก้อนบ้าง เช่นเดียวกับการทดลองของ Becker และคณะ (1982) พบว่าการลดโซเดียมไบคาร์บอเนตลงเหลือ 4.5 กรัมต่อลิตรสาหร่ายยังคงมีการเจริญเติบโตได้ดีเทียบเท่ากับการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 9.0 และ 8.0 กรัมต่อลิตร แต่จากการทดลองของ Vonshak และคณะ (1983) พบว่าการลดโซเดียมไบคาร์บอเนตลงต่ำกว่า 8 กรัมต่อลิตรในการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในบ่อกลางแจ้งขนาด 100 ตารางเมตรจะเกิดการปนเปื้อนจากสาหร่ายชนิดอื่น รวมทั้งโปรโตซัว

Materassi และคณะ (1984) พบว่าหากมีการลดฟอสเฟตลงเหลือ 0.1 ถึง 0.2 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร สาหร่ายยังคงมีการเจริญเติบโตอย่างปกติ แต่การลดปริมาณฟอสเฟตลงมีข้อควรระวังเกี่ยวกับการปนเปื้อนจากสาหร่ายชนิดอื่น เนื่องจากการทดลองของ Goldstein และคณะ (1981) พบว่าการลดฟอสเฟตลงเหลือ 80 มิลลิกรัมต่อลิตรในอาหารเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในบ่อกลางแจ้งก่อให้เกิดการเจริญของไดอะตอมอย่างรวดเร็ว