บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา สายพันธุ์ TISTR 8222 ในครั้งนี้ พบว่า ปัจจัยหลักในการเพาะเลี้ยง ได้แก่ ปริมาณแสงสว่าง (3,620-3,980 ลักซ์) ซึ่งมีความจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ของสาหร่ายขนาดเล็ก เพื่อการผลิตผลผลิตชีวมวล (Biomass) โดยไม่จำเป็นต้องมีแหล่งคาร์บอน (Carbon Source) ซึ่งจากการทดลองเพิ่มแหล่งคาร์บอนในรูปของซีโอดี พบว่า ไม่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กได้ นอกจากนี้ธาตุอาหารรองก็มีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็ก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม ซึ่งเป็นส่วนประกอบในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง (อาหารสูตรซาร์รุค) และสามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ที่อุณหภูมิห้อง (26-30°C)

1. ปริมาณผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนาที่ใช้ในการทดลองเมื่อทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 27 วัน มีค่าเท่ากับ 1,731, 1,996, และ 1,637 mg/L โดยมีอัตราการ เพิ่มผลผลิตชีวมวลเท่ากับ 52.0, 61.5, และ 47.7 mg/L/d สำหรับชุดการทดลองที่มีสารอินทรีย์ (ซีโอดี) เป็นส่วนประกอบในอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง 120, 220, และ 320 mg/L ตามลำดับ ซึ่งการเพิ่มสารอินทรีย์ในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กที่ใช้ในการทดลอง

2. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนาร่วมกับแบคทีเรีย โดยใช้ระบบบำบัดแบบเปิดและแบบเปิดเติมอากาศ เมื่อทำการบำบัดเป็นระยะเวลา 19 วัน โดยใช้น้ำเสียที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ได้แก่ การบำบัดซีโอดี มีค่าร้อยละ 80, 82, 87, 83 การบำบัดทีเคเอ็น มีค่าร้อยละ 84, 91, 89, 40 และการบำบัดฟอสฟอรัส มีค่าร้อยละ 32, 38, 25, 43 สำหรับชุดการทดลองที่ 1-4 ตามลำดับ สำหรับชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีประสิทธิภาพการบำบัด ได้แก่ การบำบัดซีโอดี มีค่าร้อยละ 79, 78, 83, 86 การบำบัดทีเคเอ็น มีค่าร้อยละ 85, 89, 80, 51 และการบำบัดฟอสฟอรัส มีค่าร้อยละ 31, 0, 0, 22 สำหรับชุดการทดลองที่ 1-4 ตามลำดับ

3. การเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา โดยการตกตะกอนด้วย $FeCl_3$ และ Alum ควรใช้สารเคมีดังกล่าวในปริมาณที่เหมาะสม ได้แก่ 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 การศึกษาปริมาณผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา สายพันธุ์ TISTR 8222

จากผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา สายพันธุ์ TISTR 8222 ในห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 27 วัน โดยแบ่งเป็นชุดการทดลอง 3 ชุด ที่มีการเติมสารอินทรีย์ (กลูโคส) ในรูปของซีโอดี

ลงไปในอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง (อาหารสูตรซาร์รุค) ในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ 120, 220, และ 320 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทำการเพาะเลี้ยงภายใต้อุณหภูมิห้อง (26-30°C) ที่ช่วงของความเข้มของแสง (แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์) 3,620-3,980 ลักซ์ และเติมอากาศเป็นช่วง ๆ ละ 30 นาที จำนวน 3 รอบ/วัน พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของทั้งสามชุดการทดลอง (1,731, 1,996, และ 1,637 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ (จงกล พรมยะ และคณะ. 2544) ที่มีผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กเท่ากับ 1.03 ± 0.08 g/L (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของชุดควบคุมที่ใช้อาหารสูตรซาร์รุคที่ไม่มีการเติมสารอินทรีย์ในการเพาะเลี้ยงก็มีค่าใกล้เคียงกับทั้ง 3 ชุดการทดลองเช่นกัน (1,814 มิลลิกรัมต่อลิตร) อย่างไรก็ตาม หลังจากทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กดังกล่าวเป็นระยะเวลา 27 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth) ของสาหร่ายขนาดเล็กที่ทำการเพาะเลี้ยงในทุกชุดการทดลอง มีค่าไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายเกลียวทองเพื่อการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสุราแช่พื้นบ้าน (สุจยา ฤทธิศร. 2551) ที่พบว่าค่าอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายแตกต่างจากชุดควบคุม นอกจากนี้อัตราการเพิ่มผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนาที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ (52.0, 61.5, 47.7, และ 55.4 mg/L/d สำหรับชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, และชุดควบคุม ตามลำดับ) โดยจากผลการศึกษาการผลิตแคโรทีนอยด์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูไลนา พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดของสาหร่าย มีค่าเท่ากับ 0.285 วัน$^{-1}$ และอัตราการแบ่งตัวเท่ากับ 2.432 วัน จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 24 วัน (ไพรินทร์ กปิลานนท์ และคณะ. 2539)

ข้อมูลการเพิ่มขึ้นของผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในครั้งนี้ สามารถนำมาวิเคราะห์และแสดงเป็นสมการที่ใช้ประมาณการปริมาณผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กดังกล่าวได้หลังจากทำการเพาะเลี้ยงได้ 5 วัน ซึ่งเป็นช่วงของการปรับตัวของสาหร่ายให้เข้ากับสภาพแวดล้อม โดยแบ่งการพิจารณาเป็น 2 กรณี คือ ในกรณีที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงสูตรซาร์รุกแบบปกติ ($y = 71.5x - 460.96$; $R^2 = 0.9848$) และในกรณีที่มีสารอินทรีย์ (กลูโคส) เป็นส่วนประกอบในอาหารเพาะเลี้ยงสูตรซาร์รุกในปริมาณต่าง ๆ ดังนี้ 120 mg/L ($y = 63.996x - 362.61$; $R^2 = 0.9863$) 220 mg/L ($y = 78.029x - 482.81$; $R^2 = 0.9854$) และ 320 mg/L ($y = 64.82x - 463.9$; $R^2 = 0.9849$) ซึ่งในงานวิจัยที่ผ่านมาก็มีการใช้สมการถดถอยเช่นกัน โดยใช้ในการทำนายปริมาณคาร์บอนในเซลล์ สำหรับการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่ายขนาดเล็ก (สมรลักษณ์ แจ่มแจ้ง. 2542)

5.2.2 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา สายพันธุ์ TISTR 8222

1) การบำบัดทีเคเอ็น

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นในน้ำเสียที่ผ่านการฆ่าเชื้อของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา สายพันธุ์ TISTR 8222 เป็นระยะเวลา 19 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่สามารถบำบัดทีเคเอ็นได้มากที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 2 (T2; ชุดทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์) โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 91 (แผนภูมิที่ 36 ก) ซึ่งโดยทั่วไปการกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียโดยสาหร่ายขนาดเล็ก ส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการนำไนโตรเจนเข้าสู่เซลล์ (Assimilation) ของสาหร่ายขนาดเล็ก สังเกตได้จากการลดลงของปริมาณไนโตรเจนในทุกชุดการทดลอง ทั้งนี้ การเพิ่มแสงประดิษฐ์ในชุดการทดลองที่ 2 (T2) ส่งผลให้สาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนาสามารถสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น โดยการใช้สารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำเสียเป็นแหล่งพลังงาน และทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นในน้ำเสียของชุดการทดลองดังกล่าวมีค่าสูง และเนื่องจากสาหร่ายขนาดเล็กสามารถใช้ไนเตรทที่เกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่น (Nitrification Process) เป็นอาหารได้โดยตรง จึงเป็นเหตุให้ชุดทดลองที่มีการเติมอากาศและใช้น้ำเสียที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (T1 และ T3) มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนสูงเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ ไนโตรเจนที่อยู่ในน้ำเสียในรูปของแอมโมเนียม ยังสามารถเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียอิสระและถูกขับออกจากน้ำเสียไปสู่บรรยากาศได้โดยกระบวนการเปลื้องแอมโมเนีย (Ammonia Stripping) สอดคล้องกับค่าพีเอชในทุกชุดการทดลอง (T1-T4) ที่มีค่าสูงตลอดระยะเวลาการทดลอง (9.82-9.84; SD = 0.06-0.08, 9.83-9.85; SD = 0.04, 9.84; SD = 0.02-0.04, และ 9.80-9.84; SD = 0.03-0.07) อย่างไรก็ตาม กระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นที่จัดเป็นกระบวนการหลักในการบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสีย ไม่จัดเป็นกระบวนการบำบัดไนโตรเจนสำหรับการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ของสาหร่ายขนาดเล็กในทุกชุดการทดลอง เป็นปัจจัยที่ยับยั้งไม่ให้เกิดกระบวนการดังกล่าวขึ้น

2) การบำบัดฟอสฟอรัส

ผลการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา สายพันธุ์ TISTR 8222 เป็นระยะเวลา 19 วัน ชี้ให้เห็นว่า ในกรณีที่มีเพียงสาหร่ายขนาดเล็กทำหน้าที่บำบัดน้ำเสีย ประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าไม่สูงมากนัก (ร้อยละ 37-58) อย่างไรก็ตาม เมื่อทดลองบำบัดน้ำเสียจริงที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีเพียงบางชุดการทดลองที่สามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ (T4; ชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ และ T1; ชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์) ทั้งนี้ การบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยทั่วไปเกิดขึ้นได้จากกลไกการตกตะกอน (Precipitation) การดูดซับ (Adsorption) และการดูดซึมและนำไปใช้ (Uptake) (Zuthi, M.F.R., 2013) โดยในการศึกษาครั้งนี้

สาหร่ายขนาดเล็กสามารถนำฟอสฟอรัสไปใช้ (Uptake) ได้เพียงบางส่วน เนื่องจากยังคงเหลือฟอสฟอรัสปริมาณหนึ่งในน้ำทิ้งจากระบบ อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลองมีค่าเพียง 10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่สาหร่ายขนาดเล็กจะนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต ซึ่งผลการศึกษาการบำบัดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (แผนภูมิที่ 38 ก) ชี้ให้เห็นว่า สาหร่ายขนาดเล็กมีการนำฟอสฟอรัสบางส่วนไปใช้ โดยที่การเพิ่มแสงประดิษฐ์และการเติมอากาศเพิ่มเข้าไปในระบบ ไม่ได้ช่วยเพิ่มปริมาณการนำฟอสฟอรัสไปใช้ของสาหร่ายขนาดเล็ก ดังจะเห็นได้จากชุดการทดลองที่มีการนำฟอสฟอรัสทั้งหมดไปใช้ในปริมาณสูงที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 4 (T4; ชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มแสงประดิษฐ์ไม่ได้ช่วยให้การนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ของสาหร่ายขนาดเล็กเพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากชุดการทดลองที่ 2 (T2; ชุดทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์) ไม่มีประสิทธิภาพในการบำบัดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 4 (T4; ชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ) สามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ (แผนภูมิที่ 38 ข) และจากการที่ชุดการทดลองที่ 3 ซึ่งเป็นชุดการทดลองที่ใช้แสงสว่างตามธรรมชาติและมีการเติมอากาศเพิ่มเข้าไปในระบบ ไม่สามารถบำบัดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ (T3; ชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ) แต่ชุดการทดลองที่ 1 (T1; ชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์) มีประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด ทำให้ได้ข้อสังเกตเพิ่มเติมว่า การบำบัดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อดังกล่าวนี้ มาจากการบำบัดร่วมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย เนื่องจากการเติมอากาศ (Aeration) เพิ่มเข้าไปในระบบในชุดการทดลองที่ 3 (T3) อาจส่งผลให้เกิดการขัดขวางกลไกการตกตะกอน (Precipitation) ของฟอสฟอรัสในน้ำเสีย และยับยั้งการทำงานร่วมของจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่กำจัดฟอสฟอรัส (Anaerobic Bacteria) สำหรับการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อในชุดการทดลองที่ 1 (T1; ชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์) (แผนภูมิที่ 38 ข) อาจเกิดขึ้นเนื่องมาจากการเพิ่มแสงประดิษฐ์เข้าไปในระบบที่มีการเติมอากาศ เป็นการช่วยปรับสภาพแวดล้อมให้มีความเหมาะสมมากขึ้นสำหรับการทำงานของสาหร่ายขนาดเล็ก สไปรูไลนา (3,610-3,880 ลักซ์, อุณหภูมิ 28-30ºC) จึงส่งผลให้เกิดการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้บางส่วนในชุดการทดลองดังกล่าว

3) การบำบัดซีโอดี

จากผลการทดลองที่พบว่า ชุดการทดลองที่มีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีในน้ำเสียที่ผ่านการ Autoclave สูงที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 3 (T3; ชุดทดลองแบบเปิดเติมอากาศที่ใช้แสงธรรมชาติ) โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 87 (แผนภูมิที่ 40 ก) ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave พบว่า ชุดการทดลองที่สามารถบำบัดซีโอดีได้สูงที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 4

(T4; ชุดทดลองแบบเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ) ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 86 โดยในชุดการทดลองที่ 2 ที่ใช้น้ำเสียที่ไม่ผ่านการ Autoclave (T2; ชุดทดลองแบบเปิดที่มีการเพิ่มแสงประดิษฐ์) มีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 78 (แผนภูมิที่ 40 ข) โดยจากข้อมูลการนำสารอินทรีย์ไปใช้ของสาหร่ายขนาดเล็กและการบำบัดซีโอดีของแบคทีเรียที่แสดงในรูปของผลผลิตชีวมวลร่วมที่วัดในรูปของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Integrated Biomass; TSS) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าในชุดทดลองที่ใช้น้ำเสียที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าดังกล่าวสูงกว่า (มีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีสูงกว่า) ในชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ซึ่งจากผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีในน้ำเสียของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนาดังกล่าวข้างต้น ชี้ให้เห็นว่า การบำบัดที่เกิดขึ้นในระบบเป็นการบำบัดร่วมระหว่างสาหร่ายขนาดเล็กและแบคทีเรียในระบบ โดยแบคทีเรียในระบบมาจากแบคทีเรียที่ปนมากับน้ำเสียที่ใช้ทดลอง แบคทีเรียในอากาศที่ปนเปื้อนเข้ามาในระบบระหว่างการทดลอง เนื่องจากระบบบำบัดเป็นระบบเปิด และอาจเกิดการปนเปื้อนเข้ามาในระบบในระหว่างการเติมอากาศได้เช่นกัน อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลอง พบว่า การเพิ่มการเติมอากาศเข้าไปในระบบไม่ช่วยให้ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีสูงขึ้น ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายขนาดเล็กน่าจะเพียงพอสำหรับแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน ทั้งนี้ การบำบัดซีโอดีของสาหร่ายขนาดเล็กมาจากการใช้สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย เช่น กลูโคส อะซิเตต ตามความสมดุลของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

5.2.3 การเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา สายพันธุ์ TISTR 8222

หลังจากทำการทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนาในห้องปฏิบัติการ แล้วจึงทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กดังกล่าวด้วยวิธีจาร์เทส โดยเลือกใช้ $FeCl_3$ และ Alum ซึ่งพบว่า ปริมาณ $FeCl_3$ และ Alum ที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนาที่วัดในรูปของปริมาณการลดลงของค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดและค่าความขุ่นมีค่าไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ต้องใช้ปริมาณ Alum สำหรับการตกตะกอนมากกว่า คือ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (แผนภูมิที่ 42 และ 43) ซึ่งจากการศึกษาผลของสารตกตะกอนที่มีต่อการเก็บเกี่ยวสาหร่ายและการเจริญหลังการเก็บเกี่ยวสาหร่าย 4 ชนิด คือ *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus* และ *Closterium acerorum* โดยใช้สารตกตะกอน 4 ชนิด คือ สารส้ม เฟอริคคลอไลด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ พบว่า ชนิดและระดับความเข้มข้นของสารตกตะกอนที่ทำให้การเจริญของ *Spirulina platensis* ดีที่สุด คือ เฟอริคคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm. (ยุวดี อินสำราญ. 2543) ดังนั้น การใช้ $FeCl_3$ เพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และหากใช้ในปริมาณที่เหมาะสม (Optimum Dose) ก็จะไม่กระทบกับการเจริญของสาหร่ายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต

5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้

1) ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา มีปัจจัยที่สำคัญ คือ สารอาหารและแสงสว่าง โดยนอกจากสารอาหารหลักแล้ว สารอาหารรองก็มีความจำเป็นในการช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตชีวมวล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้ประโยชน์สาหร่ายขนาดเล็กเพื่อการบำบัดน้ำเสีย การเติมสารอาหารรอง น่าจะช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียด้วย

2) สาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนาสามารถเพาะเลี้ยงได้ภายใต้ COD สูงถึง 320 mg/L

3) ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนา ทำได้โดยใช้การตกตะกอนด้วยสารส้มที่ความเข้มข้น 200 mg/L เนื่องจากใช้ปริมาณใกล้เคียงกับ $FeCl_3$ แต่สารส้มมีราคาถูกกว่าและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

4) สาหร่ายขนาดเล็กสไปรูไลนาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ที่ผ่านระบบบำบัดขั้นที่ 2 แล้วได้

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ควรทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดร่วมระหว่างสาหร่ายขนาดเล็กและแบคทีเรียในการบำบัดน้ำเสียเพิ่มเติม เพื่อให้มีความเหมาะสมทั้งในเชิงสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์