บทที่ 5

สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

5.1.1 สมบัติของน้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น

จากการศึกษาน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นพบ กิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำทิ้งมาจากกิจกรรมหลักสองกิจกรรม คือ น้ำทิ้งจากกิจกรรมการล้างในกระบวนการปั่นยางได้แก่ การล้างเครื่องปั่นยาง และล้างพื้น และน้ำทิ้งจากกิจกรรมการจับหางน้ำยาง ซึ่งน้ำทิ้งจากทั้งสองกิจกรรมดังกล่าว จะไหลมารวมกันในบ่อดักยางซึ่งเป็นการบำบัดน้ำทิ้งขั้นต้นก่อนเข้าสู่การบำบัดทางชีวภาพต่อไป สมบัติทางเคมี และกายภาพของน้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำยางข้นในบ่อดักยาง (น้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำยางข้นในจังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา) พบว่า น้ำทิ้งมีปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างสูง โดยพบปริมาณไนโตรเจนในรูป ที เค เอ็น 794-4,310 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรท 1.11-59.28 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 3.36-4.87 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด พบ 45.04-220.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณซีโอดีพบ 3,947-16,028 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณโพแทสเซียมพบ 0.35-2.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณซัลเฟต 1,573-5,722 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณแมกนีเซียม 2,000-6,000 มิลลิกรัมต่อลิต โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วง 2.30-6.25 และน้ำทิ้งจากกระบวนการจับหางน้ำยาง (โรงงานในจังหวัดปัตตานี) พบปริมาณไนโตรเจนในรูป ที เค เอ็น 3,637-9,993 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ ไนเตรท 320-473 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 12.08-19.14 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด พบ 190.36-307.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณซีโอดีพบ 21,707-46,933 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณโพแทสเซียมพบ 2.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณซัลเฟต 12,931-17,656 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณแมกนีเซียม 792-1,264 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วง 1.35-2.76 จากสมบัติของน้ำทิ้งจากทั้งในบ่อดักยาง และน้ำทิ้งจากการจับหางน้ำยาง คาดว่าปริมาณธาตุอาหารส่วนใหญ่เป็นค่าที่มาจากกระบวนการจับหางน้ำยาง

น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น มีปริมาณที เค เอ็น ไนโตรเจน และปริมาณซีโอดี ที่สูง ซึ่งหากปล่อยน้ำทิ้งออกจากโรงงานสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ผ่านการบำบัด จะทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ และธาตุอาหารที่มีมาก ทำให้สิ่งมีชีวิตจำพวกสาหร่ายเซลล์เดียวเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้แหล่งน้ำเต็มไปด้วยสาหร่ายเซลล์เดียว เมื่อธาตุอาหารที่สาหร่ายเซลล์เดียวใช้ในการเจริญเติบโตหมดลง สาหร่ายเซลล์เดียวก็จะตาย และตกลงสู่

Prince of Songkla University Pattani Campus

ส่วนล่างของแหล่งน้ำ เกิดการย่อยสลายโดยแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน แต่เนื่องจากปริมาณสาหร่ายเซลล์เดียวที่ตายลงนั้นมีมากทำให้แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนทำงานหนัก และใช้ออกซิเจนมาก ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำเหลือน้อย เมื่อน้ำไม่มีออกซิเจน ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในแหล่งน้ำตายลง และจะถูกย่อยโดยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน ก่อให้เกิดก๊าซมีเทนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือก๊าซแอมโมเนีย ทำให้น้ำเน่าเสีย มีกลิ่นเหม็นไม่สามารถนำน้ำมาใช้ประโยชน์ได้ จากการผลการศึกษาสมบัติน้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น พบว่า มีปริมาณสารอาหารที่มากเกินพอสำหรับนำมาเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลา ซึ่งเป็นทางออกที่เกิดประโยชน์สำหรับการนำน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ ซึ่งหากสามารถเพาะเลี้ยงคลอเรลลาได้ ก็สามารถคลอเรลลาที่ได้มาใช้ประโยชน์ต่อไปได้

5.1.2 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาจากน้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น

5.1.2.1 สัดส่วนน้ำทิ้งเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

การศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำยางข้นจากบ่อดักยาง ซึ่งเป็นบ่อที่น้ำทิ้งจากสองแหล่งด้วยกันคือ น้ำจากการล้างในกระบวนการปั่นน้ำยางข้น และน้ำจากกระบวนการจับหางน้ำยาง มารวมกัน การศึกษาทำโดยการเจือจางน้ำทิ้งที่สัดส่วนร้อยละ 0-17.5 โดยปริมาตร ทำการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในโหลแก้วขนาด 8 ลิตร โดยความหนาแน่นคลอเรลลาเริ่มต้นเท่ากับ 1×10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการเพาะเลี้ยง 72 ชั่วโมง จากการประเมินปริมาณเซลล์คลอเรลลาด้วยวิธีการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ พบ คลอเรลลาสามารถเจริญเติบโตได้ภายใน 72 ชั่วโมง โดยที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงที่แต่ละสัดส่วนน้ำทิ้งใช้เวลาในการปรับตัวกับอาหารประมาณ 12 ชั่วโมง คลอเรลลาที่ การปรับตัวต่อสารอาหารคลอเรลลาจะไม่มีการเพิ่มจำนวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ภายในเซลล์จะมีการเตรียมพร้อมเพื่อแบ่งเซลล์ในระยะต่อไป เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงที่เวลา 72 ชั่วโมง พบว่า ที่สัดส่วนน้ำทิ้งร้อยละ 3.5, 7.0, 10.5, 14.0 และ 17.5 โดยปริมาตร พบปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยเท่ากับ 2.04±0.37, 3.10±0.18, 3.40±0.05, 3.27±0.30 และ 2.88±0.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยมีอัตราการเติบโตจำเพาะเท่ากับ 0.513±0.079, 0.653±0.033, 0.684±0.054, 0.676±0.037 และ 0.623±0.038 ต่อวัน ตามลำดับ

การศึกษาการกำจัดธาตุอาหาร ของคลอเรลลาโดยใช้สัดส่วนน้ำทิ้งร้อยละ 5.0, 7.0 และ 10.5 โดยปริมาตร พบว่า เมื่อสัส่วนน้ำทิ้งเริ่มต้นเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที เค เอ็น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมด จะลดลง โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับ ร้อยละ 66.67, 43.59 และ 31.06 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดที เค เอ็น ไนโตรเจน เท่ากับ ร้อยละ 55.38, 50.00 และ 40.83 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ ร้อยละ 48.60,

Prince of Songkla University Pattani Campus

41.95 และ 31.15 ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าคลอเรลลาใช้ปริมาณซีโอดีเฉลี่ย 44±6 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ ทีเค เอ็น ไนโตรเจนเฉลี่ย 30±5 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.08±0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อการเพิ่มเซลล์จำนวน 1 ล้านเซลล์ จากผลการกำจัดซีโอดี และ ที เค เอ็น ไนโตรเจน สรุปได้ว่า สัดส่วนน้ำทิ้งร้อยละ 5.0 โดยปริมาตร เหมาะสมที่จะนำมาเลี้ยงคลอเรลลาให้ได้ ภายใน 72 ชั่วโมง เนื่องจากน้ำหลังจากการเก็บเกี่ยวคลอเรลลาออกแล้ว มีปริมาณซีโอดี และไนโตรเจน เหลืออยู่เท่ากับ 107 และ 90.29 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม สามารถปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้โดยไม่มีผลกระทบตามมา และสามารถนำน้ำกลับมาหมุนเวียนในระบบการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาได้อีกครั้ง

5.1.2.2 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-continuous culture)

การเพาะเลี้ยงและเก็บเกี่ยวแบบกึ่งต่อเนื่องมีประโยชน์ตรงที่ สามารถเก็บผลผลิตคลอเรลลาได้ตลอด ประสิทธิภาพจะดีกว่าการเพาะเลี้ยงและเก็บเกี่ยวแบบครั้งเดียว ซึ่งเสียเวลาในการล้างระบบเพื่อเริ่มใหม่ การเพาะเลี้ยงและเก็บเกี่ยวแบบกึ่งต่อเนื่องไม่จำเป็นต้องล้างระบบทุกครั้งที่ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต ส่งผลดีตรงที่ไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานมาก และไม่เสียเวลาในการเพาะเลี้ยงแต่ละครั้ง เพียงการเก็บเกี่ยวผลผลิต และเติมอาหารใหม่เข้าระบบเท่านั้น ผลผลิตสามารถนำไปใช้ได้อย่างต่อเนื่อง

จากการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาแบบกึ่งต่อเนื่องโดยใช้สัดส่วนน้ำทิ้งร้อยละ 5.0 โดยปริมาตร ในตู้กระจกขนาด 30×60×30 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาตรที่เพาะเลี้ยง 50 ลิตร โดยทำการเติมอาหารใหม่และเก็บเกี่ยวผลผลิต ทุก ๆ 72 ชั่วโมง พบว่า สามารถผลิตคลอเรลลาได้ความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ $7.35\pm0.52\times10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และมีแนวโน้มผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อรอบของการเพาะเลี้ยงเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากในขณะเก็บเกี่ยวผลผลิต เซลล์ได้ผ่านช่วงการปรับตัวต่ออาหารแล้ว เมื่อเติมสารอาหารใหม่เข้าไป เซลล์จึงพร้อมที่จะแบ่งตัวได้ทันที โดยไม่ต้องปรับตัวต่อสารอาหารใหม่ จากการศึกษาคลอเรลลา มีอัตราจำเพาะของการเติบโตเฉลี่ย เท่ากับ 0.65±0.01 ต่อวัน สามารถลดปริมาณซีโอดี ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัส ได้เฉลี่ยร้อยละ 63.72±6.93, 58.26±4.27และ 67.95±2.12 ตามลำดับ

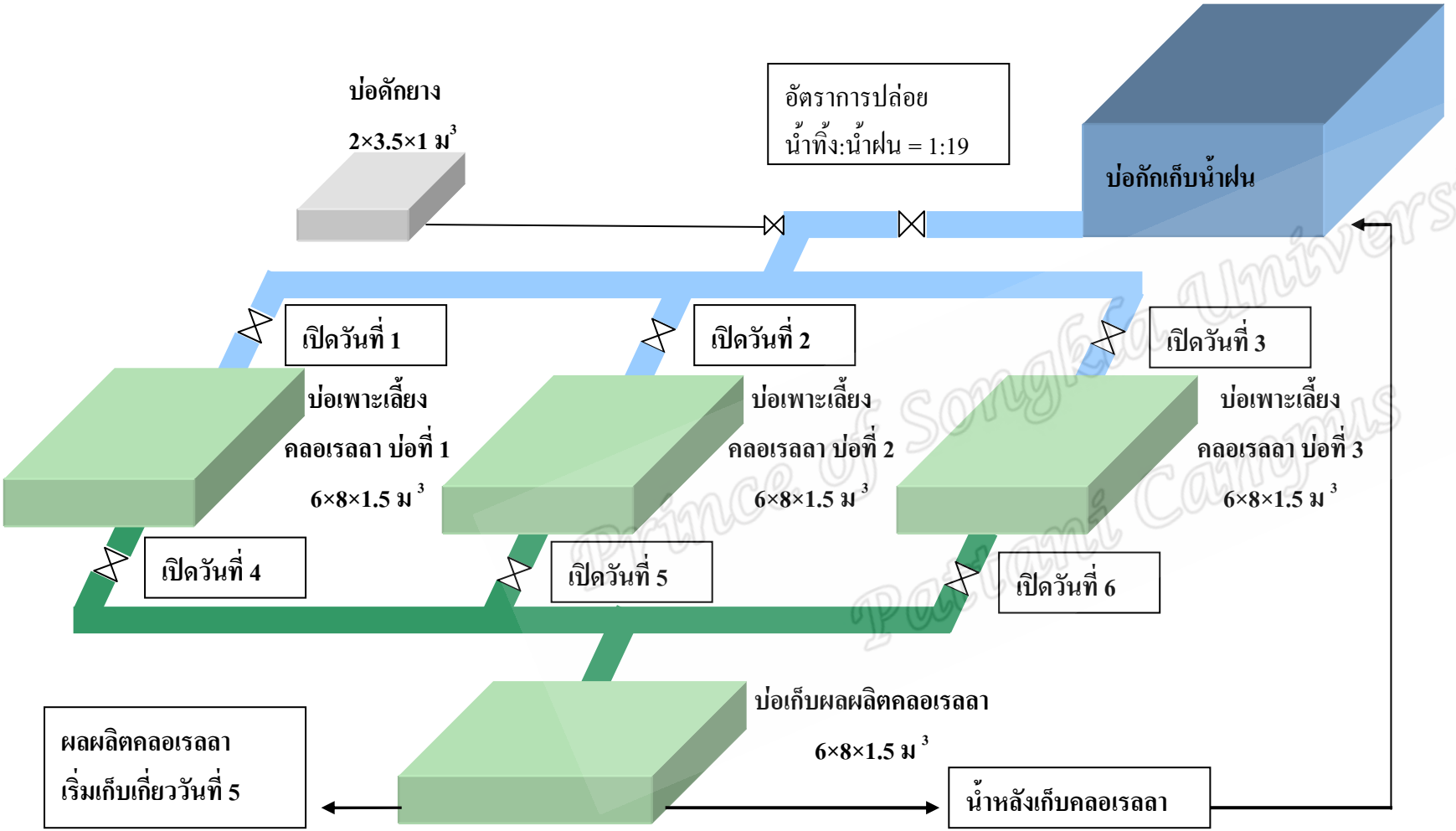
จากผลการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ สามารถนำผลการทดลองมาประยุกต์ใช้กับโรงงานผลิตน้ำยางข้นได้ดังรูปที่ 5.1 ใช้บ่อทั้งหมด 5 บ่อซึ่งดัดแปลงได้จากบ่อบำบัดน้ำทิ้งเดิมที่มีอยู่ก่อนแล้ว การผลิตคลอเรลลาเพื่อที่จะได้ผลลิตทุกวัน ในระบบกึ่งต่อเนื่อง ทำได้โดยการจัดบ่อเพาะเลี้ยงจำนวน 3 บ่อ บ่อเก็บผลผลิตจำนวน 1 บ่อ บ่อเก็บน้ำฝนหรือบ่อเก็บน้ำหลังแยกคลอเรลลาจำนวน 1 บ่อ เพื่อใช้เจือจางน้ำทิ้งให้อยู่ในระดับการเจือจางที่เหมาะสมสำหรับการ

Prince of Songkla University Pattani Campus

เพาะเลี้ยงคลอเรลลา โดยการเจือจางน้ำทิ้งสัดส่วนน้ำทิ้งร้อยละ 5 โดยปริมาตร โดยมีอัตราการผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำฝนประมาณ 1 ต่อ 19

เริ่มทำการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาบ่อที่ 1 ในวันที่ 1 โดยการใช้น้ำทิ้งจากบ่อดักยางซึ่งผ่านการดักเศษยางที่ติดมากับน้ำออกแล้ว เติมลงในบ่อเพาะเลี้ยงคลอเรลลา บ่อที่ 1 จากนั้นเติมน้ำจากบ่อเก็บกักน้ำฝน เพื่อทำการเจือจางน้ำให้ได้ระดับที่เหมาะสม แล้วจึงทำการเติมหัวเชื้อคลอเรลลาลงไป เมื่อครบ 72 ชั่วโมง ทำการถ่ายน้ำคลอเรลลาจากบ่อเพาะเลี้ยงเข้าสู่บ่อเก็บผลผลิต เพื่อทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตคลอเรลลาโดยเหลือน้ำคลอเรลลาบางส่วนไว้เพื่อเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นในรอบถัดไปหลังจากนั้นเติมน้ำทิ้ง และน้ำที่ใช้เจือจางลงไปในระบบเพื่อเริ่มระบบอีกครั้ง ในส่วนของบ่อที่ 2 เริ่มทำการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในวันที่ 2 และบ่อที่ 3 เริ่มทำการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในวันที่ 3 และทำเช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในบ่อที่ 1 ซึ่งจะทำให้สามารถผลิตคลอเรลลาเป็นไปอย่างต่อเนื่อง นอกจานั้นน้ำหลังแยกคลอเรลลออกแล้วสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ หรือปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 5.1 ระบบกึ่งต่อเนื่องจำลองสำหรับการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาจากน้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น คิดที่ขนาด น้ำยางสด 1000 กิโลกรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลผลิตคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ได้แก่

1) เป็นอาหารสัตว์ ตั้งแต่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นอาหารสัตว์เลี้ยง หรือใช้ในปศุสัตว์ฟาร์ม เป็นต้น (Spolaore, *et al*. 2006)

2) ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากคลอเรลลามีองค์ประกอบของไลปิดอยู่ในช่วงร้อยละ 20-50 โดยน้ำหนักแห้ง (Spolaore, *et al*. 2006) จึงเป็นตัวเลือกที่ดีที่จะนำไปใช้ในการผลิตไบโอดีเซล นอกจากนี้ไบโอดีเซลที่ได้ พบปริมาณของซัลเฟอร์น้อยมาก (Mata, *et al*. 2010)

3) เป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพ ก๊าซชีวภาพจากสาหร่ายเซลล์เดียว เกิดจากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์โดยไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งก๊าซชีวภาพที่ได้ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยก๊าซมีเทน (Methane) และคาร์บอนไดออกไซด์ (Fernández, 2008)

4) เป็นปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากในเซลล์ของคลอเรลลาประกอบไปด้วยธาตุอาหารหลัก และรอง และกรดอะมิโน ซึ่งจำเป็นต่อการเติบโตของพืช และเป็นการทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Farheed and Fattah, 2008)

โดยหากสามารถผลิตคลอเรลลาได้ทุกวันก็สามารถผลิตไรแดงได้ทุกวันเช่นกัน ซึ่งเป็นการต่อยอดเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับการใช้น้ำทิ้งให้เกิดประโยชน์ต่อไป นอกจากแก้ปัญหาการจัดการน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น แล้วยังสามารถก่อให้เกิดรายได้อีกทางหนึ่งด้วย

Prince of Songkla University Pattani Campus