บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานร้อยละ 60 ของการใช้พลังงานทั้งหมด และแนวโน้มต้องการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้พลังงานสำรองในประเทศเริ่มลดลง จากข้อมูลของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานพบว่า แนวโน้มการใช้ก๊าซธรรมชาติ ปี 2552 จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากปี 2551 ร้อยละ 3.9 โดยมีปริมาณการใช้ 3,850 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน (สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552) ดังนั้นการแสวงหาพลังงานทางเลือก เช่น แก๊สชีวภาพ ไบโอดีเซล ฯลฯ จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการแก้ปัญหาดังกล่าว

แก๊สชีวภาพ (Biogas) คือ แก๊สที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทน (CH_4) ประมาณ 50 - 70% และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30 - 50% ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ การผลิตแก๊สชีวภาพสามารถผลิตโดยใช้วัตถุดิบหลากหลายประเภท เช่น มูลสัตว์ ชีวมวลทั้งชีวมวลบนบก และชีวมวลในน้ำ (Gunaseelan, 1997) วัตถุดิบที่เป็นพวกพืช และของเสียจากภาคอุตสาหกรรม เป็นต้น

ในส่วนของอุตสาหกรรมทางการเกษตร อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับยางธรรมชาติถือเป็นอุตสาหกรรมหลักของภาคใต้ และมีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในปี พ.ศ. 2551 ที่ผ่านมาประเทศไทยมีรายได้จากอุตสาหกรรมยางธรรมชาติกว่า 2.2 แสนล้านบาท (สถาบันวิจัยยาง, 2552) น้ำยางข้นเป็นหนึ่งผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมยางธรรมชาติ นับวันยิ่งมีความต้องการเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่น ๆ มากมาย เช่น ถุงมือยางทางการแพทย์ ถุงยางอนามัย ที่นอน และจุกนมยาง เป็นต้น ซึ่งวิธีในการผลิตน้ำยางข้นโดยส่วนใหญ่ใช้วิธีการปั่นแยก แยกน้ำออกจากน้ำยางสดให้เป็นน้ำยางข้น ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำยางข้นน้ำยางจะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องปั่นเหวี่ยง โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ น้ำยางข้นที่มีเนื้อยางแห้ง 60% และหางน้ำยาง หรือที่เรียกว่าน้ำยางสกิม ซึ่งมีเนื้อยางแห้งอยู่ประมาณร้อยละ 3-10 โดยน้ำหนัก (Worawit *et al*., 2008 และ Nitayapat *et al*., 2008) จากนั้นน้ำยางสกิมจะถูกป้อนต่อไปยังบ่อจับตัว และจะมีการเติมกรด

ซัลฟิวริกลงไปเพื่อทำให้เกิดการจับตัวกันของเนื้อยางเพื่อนำไปผลิตเป็นยางสกิมบล็อกหรือยางสกิมเครพ จากขั้นตอนการจับตัวของยางสกิมในบ่อจับตัวจะเหลือส่วนที่เป็นของเหลวอยู่เรียกว่าซีรัม ซึ่งมีเศษยางน้อยกว่า 1% โดยจะถูกปล่อยสู่บ่อบำบัดน้ำเสีย ในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีโรงงานผลิตน้ำยางข้นที่มีการจดทะเบียน 85 โรงงาน (สมาคมน้ำยางข้นไทย, 2554) และมีอัตราการผลิตน้ำยางข้นประมาณ 703,817 ลูกบาศก์เมตร ถ้าโรงงานแต่ละโรงสามารถรับน้ำยางสดหรือน้ำยางธรรมชาติปริมาณ 50-100 ลูกบาศก์เมตรต่อวันเมื่อผ่านกระบวนการผลิตน้ำยางข้น แสดงว่าประเทศไทยจะมีการปล่อยน้ำยางสกิมซีรัมประมาณ 4,250-8,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ศูนย์สารสนเทศยาง, 2554) ซึ่งถือว่ามีน้ำยางสกิมซีรัมที่ต้องผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณที่มาก จากการที่น้ำยางสกิมซีรัมเหล่านั้นมีไนโตรเจนและสารประกอบอินทรีย์ (Tekasakul and Tekasakul, 2006) จึงทำให้มีความเป็นไปได้ในการนำน้ำซีรัมจากขั้นตอนการผลิตข้างต้นมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต

นอกจากสารอินทรีย์ที่เป็นของเหลือทิ้งในภาคอุตสาหกรรมแล้ว ปัจจุบันมีการใช้สาหร่ายในการผลิตแก๊สชีวภาพมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาหร่ายขนาดใหญ่มีการนำมาใช้ในการผลิตแก๊สชีวภาพหลายชนิด เช่น *Ulva* spp. (Bruhn *et al.,* 2011) *Macrocystis pyrifera* และ *Durvillea antarctica* (Vergara-Fernandez *et al*., 2008) *Glacilaria ceae* (Wise *et al*., 1979) และ *Laminaria spp.* และ *Macrocystis spp.* (Chynoweth *et al*., 1993) ทั้งนี้เนื่องจากส่วนประกอบในโครงสร้างของสาหร่าย ที่ประกอบด้วยเซลลูโลสในปริมาณที่น้อย และไม่มีลิกนิน ทำให้ถูกย่อยสลายได้ง่ายโดยแบคทีเรีย (Vergara –Fernandez *et al*., 2008) นอกจากนี้สภาพแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทยยังเป็นพื้นที่ที่เหมาะแก่การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากมีอุณหภูมิเหมาะสม แสงแดดที่มีความเข้มเหมาะสม และค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งปี หากมีการเพาะเลี้ยงและการควบคุมตัวแปร รวมถึงสภาพแวดล้อมเป็นอย่างดีจะมีส่วนช่วยทำให้สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วกว่าพืชพลังงานชนิดอื่นๆ โดยสาหร่ายขนาดใหญ่บางชนิดเช่น *Chaetomorpha indica* มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate) ร้อยละ 30 ต่อวัน (Silva *et al*., 2008) นอกจากมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงแล้ว สาหร่ายขนาดใหญ่มีอัตราการดูดซึมอาหารสูงและสามารถเพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งได้ เช่น การเพาะเลี้ยง *Ulva lactuca* ในมูลสัตว์ (Nielsen *et al*., 2012) หรือการเพาะเลี้ยง *Gracilaria crassa* และ *Ulva reticulata* ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลา (Msuya and Neori, 2002) อีกทั้งหากจะเพาะเลี้ยงสาหร่ายระดับอุตสาหกรรมเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ สามารถทำได้เนื่องจากการเพาะเลี้ยงสาหร่าย ไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกมาก ไม่ไปลดพื้นที่เพาะปลูกทางการเกษตรบนผืนดิน และมีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวสั้น ทำให้เห็นถึงความเป็นไปได้หากนำมาศึกษาเพื่อพัฒนาเป็นพืชพลังงาน

Prince of Songkla University Pattani Campus

อย่างไรก็ตามสาหร่ายสีเขียวขนาดใหญ่มีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่สูง ซึ่งเชื่อมโยงกับปริมาณไนโตรเจนองค์ประกอบมีปริมาณสูงเช่นกัน (Ross *et al.,* 2008) โดยมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ต่ำ ซึ่งมีค่าประมาณ 6 – 8 ถือว่าเป็นสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมสำหรับการผลิตแก๊สชีวภาพ (Weykam *et al.,* 1996) โดยสัดส่วนที่เหมาะสมจะมีค่าระหว่าง 15-30 (Zubr, 1986) จากรายงานของ Parkin และ Owen (1986) Sialve, Bernet และ Bernard (2009) และ Chen *et al*. (2008) รายงานว่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ระดับต่ำ ถือว่าเป็นปัญหาสำคัญและมีผลต่อกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ เพราะจะมีการปล่อยไนโตรเจน โดยไนโตรเจนที่ปล่อยมาจะอยู่ในรูปแอมโมเนียและแอมโมเนียมไอออน และมีการปล่อยกรดไขมันระเหยได้เข้าสู่ระบบ ซึ่งมีผลยับยั้งการทำงานและมีพิษต่อเชื้อจุลินทรีย์ในระบบการผลิตแก๊สชีวภาพ วิธีการที่ช่วยลดปริมาณการสะสมของแอมโมเนียภายในระบบได้แก่ การปรับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนให้เหมาะสมโดยการเติมวัตถุดิบที่เป็นแหล่งคาร์บอนเข้าสู่ระบบ (Carver *et al.,* 2011และ El-Mashad and Zhang, 2010) จากส่วนประกอบต่าง ๆ ที่พบในสาหร่าย และ น้ำทิ้งจากการผลิตน้ำยางข้น เช่นสารอาหาร ปริมาณสารอินทรีย์ จึงมีความเป็นไปได้ในการที่จะนำสาหร่ายและน้ำทิ้งจากการผลิตน้ำยางข้นมาใช้ในการผลิตแก๊สชีวภาพ

กระบวนการหมักเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ จะเริ่มต้นจากการนำสารอินทรีย์ผสมกับหัวเชื้อจากนั้นทำการหมักที่อุณหภูมิ และพีเอชที่เหมาะสม ในขั้นตอนการหมักแก๊สชีวภาพ จะมีขั้นตอนทางชีวเคมี 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นการย่อย (Hydroloysis) ขั้นการสร้างกรด (Acidogenesis และ Acetogenesis) และขั้นการสร้างมีเทน (Methanogenesis) ซึ่งจะอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ 4 กลุ่ม ได้แก่ Fermentative bacteria, Hydrogen-producing acetogenic bacteria, Homoacetogenic bacteria และ Methanogenic bacteria ซึ่งจากการทำงานของจุลินทรีย์ทั้ง 4 กลุ่มทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญคือ แก๊สมีเทน หรือที่เรียกว่า แก๊สชีวภาพ (Weiland, 2009) ในการวัดชนิดและปริมาณของแก๊สที่เกิดขึ้นจากการหมัก โดยเฉพาะแก๊สมีเทนนั้น สามารถตรวจวัดโดยใช้ เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ส่วนเครื่องตรวจวัดที่ใช้สามารถใช้ได้หลายชนิดเช่น Flame Ionization Detector, FID (Kaminski *et al*, 2003) และ Thermal Conductivity Detector**,** TCD (Tekin and Dalgic, 2000) เป็นต้น

สำหรับปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการผลิตแก๊สชีวภาพนั้น มีหลายปัจจัยได้แก่ อุณหภูมิ ค่าพีเอช อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความเข้มข้นของของแข็งในบ่อหมัก (Substrate solid content) ระยะเวลาการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมัก (Retention time) การคลุกเคล้า (Mixing) สารอาหาร (Nutrient) สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic Materials) เช่น แอมโมเนีย กรดไขมันระเหยได้ หรือ ไฮโดรเจน เป็นต้น (กฤษณและรณชัย, 2552)

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดใหญ่ในน้ำทิ้งที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำยางข้น พบว่า *Ulva intestinalis* สามารถเจริญเติบโต โดยมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะร้อยละ 6.1±0.4 ต่อวัน (วนิดา, 2011) ถ้าเพาะเลี้ยงในบ่อขนาด 1 ไร่ สามารถให้ผลผลิตประมาณ 280 กิโลกรัม หากในอนาคตโรงงานผลิตน้ำยางข้นทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดใหญ่ในบ่อบำบัดน้ำทิ้งสุดท้าย ก็จะสามารถช่วยดูดซับสารต่างๆในน้ำออกไป และได้สาหร่ายเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพโดยใช้สาหร่ายขนาดใหญ่ร่วมกับซีรัมน้ำยางสกิม ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางใหม่ในการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มศักยภาพในการการผลิตแก๊สชีวภาพในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สชีวภาพ จากสาหร่ายขนาดใหญ่ร่วมกับซีรัมน้ำยางสกิมจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

1.2.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแก๊สชีวภาพ จากสาหร่ายขนาดใหญ่ร่วมกับซีรัมน้ำยางสกิมจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของซีรัมน้ำยางสกิม และสาหร่าย

1.3.1.1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของซีรัมน้ำยางสกิมที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าพีเอช (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid content, TSC) ปริมาณความชื้น (Moisture content, MC) ปริมาณของแข็งระเหยได้ (Volatile solid content, VSC) ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand, COD) เจลดาห์ลไนโตรเจน (Total Kjeldahl nitrogen, TKN) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (Total organic carbon, TOC) และ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus)

1.3.1.2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาหร่ายที่ทำการศึกษา ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid content, TSC) ปริมาณความชื้น (Moisture content, MC) ปริมาณของแข็งระเหยได้ (Volatile solid content, VSC) ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand, COD) เจลดาห์ลไนโตรเจน (Total Kjeldahl nitrogen, TKN) ปริมาณคาร์บอน

Prince of Songkla University Pattani Campus

อินทรีย์ทั้งหมด (Total organic carbon: TOC) และ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus)

1.3.2 การผลิตแก๊สชีวภาพจากซีรัมน้ำยางสกิม และสาหร่าย

1.3.2.1 สำรวจและเลือกชนิดของสาหร่าย และซีรัมน้ำยางสกิม จากอำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา

1.3.2.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของซีรัมน้ำยางสกิมต่อสาหร่าย เพื่อใช้ในการผลิตแก๊สชีวภาพ

1.3.2.3 ศึกษาองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ ที่เกิดจากกระบวนการศึกษา

1.3.3 วางแผนระบบการผลิตแก๊สชีวภาพจากสาหร่ายร่วมกับซีรัมน้ำยางสกิมจากการผลิตน้ำยางข้น สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมของสาหร่ายขนาดใหญ่ต่อซีรัมน้ำยางสกิมในการผลิตแก๊สชีวภาพ
2) ทราบความเป็นไปได้ในการผลิตแก๊สชีวภาพ จากซีรัมน้ำยางสกิมร่วมกับสาหร่ายขนาดใหญ่
3) ทราบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของซีรัมน้ำยางสกิม และสาหร่ายขนาดใหญ่

Prince of Songkla University Pattani Campus