บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลช้างร่วมกับฟางข้าวและน้ำเสียกระดาษสาจากมูลช้าง

จากการทดลองการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลช้างร่วมกับฟางข้าวและน้ำเสียกระดาษสาจากมูลช้าง ได้ใช้มูลช้างแห้งเป็นวัตถุดิบหลักในการศึกษา เงื่อนไขการเกิดแก๊สชีวภาพที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทนแก๊สหุงต้ม ของกระบวนการผลิตกระดาษสา โดยสรุปผลการทดลองดังนี้

5.1.2 ผลการผลิตแก๊สชีวภาพในถังหมักขนาด 120 มิลลิลิตร

จากการทดลองการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลช้างร่วมกับฟางข้าวและน้ำเสียกระดาษสาจากมูลช้าง การทดลองที่มีเงื่อนไข อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สามารถนำมาขยายสเกลและนำไปใช้ประโยชน์ในด้านความร้อนเป็นการทดลองที่ 4 อัตราส่วน หัวเชื้อ/ มูลช้าง/ น้ำเสีย/ ฟางข้าว (1: 2: 8: 0.075) เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการเกิดแก๊สชีวภาพเร็วกว่าทุกผลการทดลอง ใช้ระยะเวลา 15 วัน ได้เปอร์เซนต์มีเทนโดยเฉลี่ย 55% ค่าความร้อน Heating Value (H.V.) จากแก๊สชีวภาพซึ่งมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 55 ได้ 37 เมกะจูล/ลูกบาศ์เมตร

5.1.3 ผลการผลิตแก๊สชีวภาพในถังหมักขนาด 3 ลิตร

การผลิตแก๊สชีวภาพโดยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ขนาดถังหมัก 3 ลิตร ทำการทดลองอุณหภูมิแวดล้อมปกติ ผลการทดลองพบว่าสัดส่วนการหมักที่เหมาะสม คือ ชุดการทดลองที่ 4 อัตราส่วน หัวเชื้อ/ มูลช้าง/ น้ำเสีย/ ฟางข้าว (1: 2: 8: 0.075) ทดสอบการจุดติดไฟแก๊สชีวภาพ ลักษณะเปลวไฟมีสีฟ้า ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการจุดติดไฟ ($CH_4 \geq 55\%$) ค่า pH โดยเฉลี่ยของระบบ 7.5-8.5 ซึ่งการรักษาค่า pH ที่ค่าความเป็นด่าง มี ความเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ผลิตแก๊สมีเทนต่อจุลินทรีย์ที่จะผลิตแก๊สมีเทน ส่วนการวิเคราะห์ค่า COD ในน้ำเสียหลังจากผ่านการหมักแก๊สชีวภาพ พบว่าอัตราส่วน หัวเชื้อ/ มูลช้าง/ น้ำเสีย/ - (1: 2: 16: -) สามารถลดค่า COD ได้ 67.19% ซึ่งการทดลองที่ 4 ประกอบด้วยฟางข้าว มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนปริมาณสูงเพราะประกอบไปด้วยเซลลูโลส เมื่อหมักร่วมกับหัวเชื้อ ได้

จากมูลโค ซึ่งมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ต่ำ จะช่วยให้การนำวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน มีความเหมาะสมมากสุด

5.1.4 ผลการทดลองการผลิตแก๊สชีวภาพในถังหมักขนาด 30 ลิตร

การหมักแก๊สชีวภาพในถังหมักขนาด 30 ลิตร ได้ทำการทดลองที่อัตราส่วน หัวเชื้อ/ มูลช้าง/ น้ำเสีย/ ฟางข้าว (กรัม) (1: 2 : 16: 0.15) ทำการทดลองแบบกึ่งต่อเนื่อง ในวันที่มีค่า pH 7.5 ค่าพีเอชมีความคงที่และเป็นด่างมากพอ เติมสารอาหารปริมาตร 400 มิลลิลิตร สามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ 10 ลิตร/วัน ปริมาณมีเทน สูงสุด 78 เปลวไฟมีลักษณะเป็นสีเหลืองส้มและสีฟ้า ค่าความร้อน 44 เมกะจุลต่อลูกบาศก์เมตร ค่า COD ลดลงจาก 2350 เหลือ 1530 และ BOD ลดลงจาก 1667 เหลือ 1452

5.1.5 ผลการทดลองการผลิตแก๊สชีวภาพในถังหมักขนาด 200 ลิตร

การหมักแก๊สชีวภาพในถังหมักขนาด 200 ลิตร ได้ทำการทดลองที่อัตราส่วน หัวเชื้อ/ มูลช้าง/ น้ำเสีย/ ฟางข้าว (กรัม) (1: 2 : 16: 0.15) ทำการทดลองแบบหมักครั้งเดียว ค่าpH โดยเฉลี่ย 7.6 สามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ 45 ลิตร/วัน ปริมาณมีเทน สูงสุด 69 เปลวไฟมีลักษณะเป็นสีฟ้า ค่าความร้อน 39 เมกะจุลต่อลูกบาศก์เมตร ค่าCOD ลดลงจาก 5360 เหลือ 3227 และ BOD ลดลงจาก 2960 เหลือ 2514

ดังนั้นหากมีการเปรียบเทียบ ปริมาณมีเทนของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่จะนำมาหมักและขนาดถังหมักจะได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลของปริมาณมีเทนต่อวัตถุดิบต่างชนิดและขนาดถังหมัก

วัตถุดิบ	ปริมาณมีเทน (%)	
	30 ลิตร	200 ลิตร
มูลช้างผสมฟางข้าวและน้ำเสีย	78	69
มูลโคผสมสาหร่ายหางกระรอก	67	63
กากเบียร์สดผสมมูลโค	62	61

ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้มูลช้างผสมฟางข้าวและน้ำเสียมีปริมาณมีเทนมากสุด 78% รองลงมา มูลโคผสมสาหร่ายหางกระรอก 67% ถัดมา กากเบียร์สดผสมมูลโค 62 % ซึ่งจะพบว่าวัตถุดิบที่ผสมเซลลูโลสหรือการเพิ่มอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมเข้าไปหมักกับมูลสัตว์ จะช่วยทำให้แบคทีเรียผลิตมีเทน

ทำงานได้ดียิ่งขึ้น สังเกตจากวัตถุดิบที่เป็น มูลช้าง ฟางข้าว สาหร่ายหางกระรอก ส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส ในขณะที่กากเบียร์สดปริมาณเซลลูโลสต่ำ นอกจากนั้น ค่าพีเอชยังเป็นกรด

5.1.6 ผลการทดลองการใช้แก๊สชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระดาษสามูลช้าง

จากการนำแก๊สที่ผลิตได้ 120 ลิตร ไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงต้มมูลช้างน้ำหนัก 1 กิโลกรัม เพื่อให้เปื่อย เพราะเป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนการผลิตกระดาษสามูลช้าง อุณหภูมิในหม้อต้มสูงสุดวัดได้ 90 องศาเซลเซียส หากนำไปใช้งานจริงต้องทำการขยายขนาดสเกลให้ใหญ่ขึ้น ดังนั้น การใช้แก๊สชีวภาพประมาณ 4 ชั่วโมง ต้มมูลช้าง ต้องใช้มูลช้างปริมาณ 139 กิโลกรัม สามารถผลิตแก๊สได้ 640 ลิตร

5.1.7 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

การประเมินผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ระบบแก๊สชีวภาพขนาดถังหมัก 200 ลิตร ให้แก๊สชีวภาพเฉลี่ย 45 ลิตร/วัน หรือ 0.045 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และ 16425 ลิตร/ปี หรือ 16.45 ลูกบาศก์เมตร/ปีเมื่อเทียบเท่าค่าแก๊สหุงต้ม = 9.13 กิโลกรัม/ปี และเทียบเท่าน้ำมันเตา = 7.3 ลิตร/ปี สามารถคิดมูลค่าพลังงานทดแทนได้ มูลค่าพลังงานทดแทนแก๊สหุงต้ม = 102 บาท/ปี มูลค่าพลังงานทดแทนน้ำมันเตา 122 บาท/ปี ที่สำคัญสามารถแปลงของเสียเป็นพลังงานได้ พร้อมทั้งสามารถขายคาร์บอนเครดิตได้อีก และเป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อน

หมู่บ้านช้างจังหวัดสุรินทร์มีช้างเลี้ยงประมาณ 200 เชือก ปริมาณมูลช้างมากถึง 30 ตัน/วัน ถูกแปรรูปไปเป็น ผลิตภัณฑ์กระดาษสามูลช้างวันละ 40 กิโลกรัม/วัน คิดเป็น 0.1% จากมูลช้าง 30 ตัน ที่เหลืออีกส่วนรวบรวมมูลช้างนำไปจำหน่ายเป็นปุ๋ย และมูลช้างที่ไม่ได้มีการรวบรวมปล่อยทิ้งไว้ หากมีการวางแผนการบริหารจัดการที่ดี เกี่ยวกับวัตถุดิบของเสียมูลช้าง มาทำให้เกิดประโยชน์ด้านพลังงานทดแทนแก๊สภาพเพื่อผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า แก๊สหุงต้ม ปุ๋ยที่ได้จากการหมัก และยังสามารถขายคาร์บอนเครดิตได้อีก เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อมและชีวิตความเป็นอยู่ดีจะขึ้น และเป็นการช่วยอนุรักษ์พลังงานและรักษาสิ่งแวดล้อม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อใช้ประโยชน์ด้านพลังงานทดแทน ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรม ปุ๋ย ช่วยปรับปรุงสภาพแวดล้อมทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันบริเวณนั้นลดลง วัตถุดิบที่นำมาผลิตควรอยู่ใกล้แหล่งถังหมักแก๊สชีวภาพ ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพควรนำไปใช้ในพื้นที่ใกล้เคียงหรือใกล้แหล่งถังผลิตแก๊ส เพราะหากวัตถุดิบอยู่อีกสถานที่หนึ่ง และต้องนำมาหมักอีกที่หนึ่งต้องมีค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้ายขนส่ง เสียพลังงาน เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม ขณะเดียวกันเสี่ยงต่อแก๊สรั่ว ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน จำเป็นอย่างยิ่งที่วัตถุดิบควรอยู่ใกล้กับแหล่งผลิตแก๊สชีวภาพ
2. ถ้าจะให้ปริมาณมีเทนเพิ่มขึ้นควรทำการศึกษาการทดลอง กากเบียร์สดผสมมูลโคร่วมกับวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนปริมาณที่เหมาะสม เช่น กากเบียร์สดผสมมูลโคร่วมกับ (สาหร่ายหางกระรอก, เศษผัก, หญ้า เป็นต้น)
3. ควรมีระบบการกวนในถังหมักก๊าซชีวภาพ เพื่อให้จุลินทรีย์กระจายทั่วถังหมัก ซึ่งสามารถย่อยสลายวัตถุดิบได้ง่าย ทำให้ผลิตก๊าซชีวภาพได้ดี และเร็วขึ้น
4. ก่อนทำการหมักก๊าซชีวภาพควรมีการปรับค่า pH ให้สูง โดยการเติมจำพวกด่างลงไปในถังหมัก เพื่อช่วยกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ให้สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ดีขึ้น
5. ศึกษาคุณภาพของปุ๋ยที่ได้จากการหมัก และความเหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์ปลูกพืช
6. ศึกษาการซื้อ-ขายคาร์บอนเครดิตผ่านโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดในประเทศไทย เนื่องจากโครงการแก๊สชีวภาพจะได้รับการรับรองจาก 2 ส่วน คือส่วนของการลดแก๊สมีเทนจากน้ำเสีย และการนำแก๊สชีวภาพมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนเงินลงทุนจากภาครัฐอีกร้อยละ 20 ส่งผลให้โครงการ CDM ของแก๊สชีวภาพมีผลตอบแทนการเงินค่อนข้างดี