บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ผลจากการศึกษาวิจัยสามารสรุปผลได้เป็น 3 ส่วน คือ 1) คุณสมบัติของเศษอาหารที่มีความเหมาะสมต่อการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ 2) ปริมาณและคุณภาพของก๊าซชีวภาพที่ได้จากเศษอาหารโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต 3) แนวทางที่ได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

คุณสมบัติของเศษอาหารที่มีความเหมาะสมต่อการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ

ผลจากกาศึกษาพบว่า ปริมาณเศษอาหารโรงอาหารสวนดุสิตมีอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างมาก ประมาณ 330±12 กิโลกรัมต่อวัน และลักษณะของเศษอาหารมีความชื้นสูงและมีเศษข้าวปริมาณมาก รองลงมาคือกระดูกสัตว์เนื้อสัตว์ และพบว่ามีเศษผักมากกว่าเศษผลไม้ คุณลักษณะทางเคมีที่สำคัญ พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ที่ 4.32 ± 0.0152 แสดงให้เห็นว่าลักษณะของเศษอาหารมีความเป็นกรดทั้ งนี้อาจเนื่องจากเศษอาหารเกิดการย่อยสลายบางส่วนในระหว่างการเก็บตัวอย่างในแต่ละวันและในระหว่างการเก็บรักษาทำให้เชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายอาหารบางส่วนทำให้เกิดปริมาณกรดขึ้น ซึ่งกรดดังกล่าวจะเป็นสารอาหารตั้งต้นในกับเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มผลิตก๊าซชีวภาพ และจากผลการวิเคราะห์ค่าความชื้น (Moisture) พบว่ามีค่าอยู่ที่ร้อยละ 65.25 ± 0.0537 แสดงให้เห็นว่าเศษอาหารมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำในปริมาณมาก ซึ่งมีความสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพเบื้องต้น ผลของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 34.76 ± 0.0535 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณของแข็งระเหยง่าย (VS) คือร้อยละ 32.85 ± 0.0537 เมื่อพิจารณาสัดส่วนระหว่าง VS/TS พบว่าสัดส่วนอยู่ที่ 0.94 แสดงให้เห็นว่าเศษอาหารมีสารอินทรีย์ระเหยง่ายมากกว่าร้อยละ 90 จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเศษอาหารโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตนั้น มีความเหมาะสมต่อการหมักโดยเทคโนโลยีชีวภาพต่อไป

ปริมาณและคุณภาพของก๊าซชีวภาพที่ได้จากเศษอาหารโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อทำการทดสอบด้วยวิธี Biochemical Methane Potential (BMP) สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ทั้งหมด 337 มิลลิลิตร มีเทน 215 มิลลิลิตร ซึ่งสัดส่วนมีเทนในก๊าซชีวภาพมีค่อนข้างสูงมากกว่าร้อยละ 60 เมื่อทำการคำนวณพบว่าศักยภาพของเศษอาหารโรงอาหาร มหาวิทยาลัย

ราชภัฏสวนดุสิตพบว่า 1 กรัมของเศษอาหารสามารถผลิตก๊าซได้เท่ากับ 210 มิลลิลิตรหรือ 210 มิลลิลิตรก๊าซชีวภาพ/กรัมเศษอาหาร ซึ่งเมื่อทำการคิดเป็นต่อกรัมของแข็งระเหยง่ายของเศษอาหาร จะได้ค่า BMP อยู่ที่ 674 $mL_{Biogas}/gVS_{foodwaste}$ ในขณะที่ปริมาณก๊าซมีเทนต่อเศษอาหาร 1 กรัมอยู่ที่ 134 มิลลิลิตรก๊าซมีเทน/กรัมเศษอาหาร ซึ่งเมื่อทำการคิดเป็นต่อกรัมของแข็งระเหยง่ายของเศษอาหาร จะได้ค่า methane yield อยู่ที่ 430 มิลลิลิตรของก๊าซมีเทน/กรัมของแข็งระเหยง่ายเศษอาหาร (430 $mL_{methane}/gVS_{foodwaste}$) จะเห็นได้ว่าทั้งปริมาณและคุณภาพของก๊าซชีวภาพที่ได้จากเศษอาหารโรงอาหารมีความเหมาะสม และมีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพค่อนข้างสูง

แนวทางที่ได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ผลจากการศึกษาเพิ่มประสิทธิภาพของเศษอาหารเป็นระยะเวลา 55 วัน พบว่าการเพิ่มสัดส่วนของเศษอาหารต่อเชื้อมีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่มสูงขึ้น โดยสัดส่วนเศษอาหารต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนได้สูงที่สุดคือ F/M ratio ที่ 0.5 มีปริมาตรก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนสะสมทั้งหมดเท่ากับ 1,376 มิลลิลิตร และ 888 มิลลิลิตรตามลำดับ และผลการของการเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพของเศษอาหารโดยการให้ความร้อนเบื้องต้น พบว่าการผลิตก๊าซชีวภาพของเศษอาหารมีประสิทธิภาพขึ้นโดยที่สัดส่วน F/M ratio ที่ 0.5 ที่มีการให้ความร้อนเบื้องต้นมีการผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 1,729 มิลลิลิตรและก๊าซมีเทนเท่ากับ 1,080 มิลลิลิตร ซึ่งเมื่อคิดเป็นร้อยละการเพิ่มขึ้นจะเห็นได้ว่า การให้ความร้อนเบื้องต้นสามารเพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนได้ร้อยละ 26 และ 22 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนเบื้องต้นเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตก๊าซชีวภาพได้อย่างชัดเจน แสดงดังตารางที่ 5.1 โดยที่ระบบยังสามารถรักษาสมดุลความเป็นกรดด่างได้ทั้งก่อนและหลังการหมักได้อย่างดี ในขณะที่ F/M ที่ 1.0 และ 0.1 นั้น มีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนต่ำ โดยสัดส่วนสารอาหารต่อเชื้อจุลินทรีย์ F/M ที่1 นั้น อาจจะมีปริมาณก๊าซชีวภาพสูงแต่องค์ประกอบของก๊าซส่วนใหญ่นั้นเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากสัดส่วนดังกล่าวมีปริมาณอาหารมากเกินไป ส่งผลให้มีกรดสูง ทำให้กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนถูกยับยั้งอย่างรวดเร็ว ที่ F/M ที่ 0.1 พบว่า ปริมาตรก๊าซชีวภาพนั้นมีปริมาณต่ำมาก ซึ่งส่งผลทำให้ปริมาตรก๊าซมีเทนนั้นต่ำลงด้วยเช่นกัน เนื่องจากสัดส่วนอาหารต่อเชื้อจุลินทรีย์นั้นมีปริมาณน้อย จึงทำให้กระบวนการหมักย่อยสลายการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพจากปริมาณก๊าซชีวภาพ

แนวทางการทดสอบ	ปริมาตรก๊าซชีวภาพ (มิลลิลิตร)	เปรียบเทียบร้อยละการเพิ่มขึ้น		ปริมาตรก๊าซชีวภาพ (มิลลิลิตร)	เปรียบเทียบร้อยละการเพิ่มขึ้น	
		control	F/M 0.5		control	F/M 0.5
F/M 0.1 (control)	337	-	-	215	-	-
F/M 0.5	1,376	275	-	888	313	-
F/M 0.5 (heat pretreatment)	1,729	369	26	1,080	402	22

การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพและประเมินผลิตผลก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารด้วยถังหมักแบบไร้อากาศ CSTR เศษอาหารจากโรงครัวสวนดุสิต แบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงการปรับสภาพเชื้อและการเดินระบบด้วยการเพิ่มภาระสารอินทรีย์ เป็นระยะเวลา 46 วัน พบว่าอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ดี คือ F/M Ratio ที่ 0.5 และ 0.75 สามารถผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในถัง CSTR ได้เฉลี่ยมากกว่า 10 ลิตรต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพของระบบถังปฏิกรณ์ พบว่าประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดอยู่ที่สัดส่วนสารอาหารต่อเชื้อ 0.75 ซึ่งถัง CSTR นี้มีความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์สูงสุดมากกว่าร้อยละ 90 มีความสามารถในการผลิตก๊าซต่อวันอยู่ที่ 11,532 มิลลิลิตรต่อวัน โดยมีสัดส่วนของมีเทนสูงสุดร้อยละ 75 โดยมีสภาวะอุณหภูมิระบบถังภายนอกเฉลี่ย 27 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ย 7.0 ปริมาณค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วง 1,500-2,900 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่ายอยู่ในช่วง 50 - 1,400 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งระบบมีความเสถียรภาพค่อนข้างสูง แต่เมื่อเพิ่มภาระสารอินทรีย์ให้กับระบบ F/M ที่ 1.0 เสถียรภาพของระบบเริ่มลดลง โดยมีค่าของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายสะสมในระบบเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงอย่างรวดเร็วและทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพลดลงตามไปด้วย

5.2 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการสรุปข้างต้นเห็นได้ว่า สัดส่วนอาหารต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำการปรับสภาพด้วยความร้อนเบื้องต้นมีประสิทธิมากที่สุด เนื่องจากความร้อนจากการปรับสภาพเศษอาหารเบื้องต้นนั้น ทำให้การย่อยสลายเศษอาหารในกระบวนการ Anaerobic digestion มีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งเป็นผลให้การผลิตก๊าซชีวภาพโดยรวมมีปริมาตรมากขึ้นด้วย ซึ่งเมื่อคิดเป็นค่า BMP ของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 655

มิลลิลิตรต่อกรัมของแข็งระเหยง่ายต่อวันและจากการทดสอบการผลิตก๊าซชีวภาพในถังปฏิกรณ์ CSTR พบว่ามีค่า biogas yield สูงสุดอยู่ที่ 312 $mL_{biogas}/gVS_{food\ waste}$ ซึ่งมหาวิทยาลัยมีขยะเศษอาหารค่อยข้างสูงประมาณ 300 กิโลกรัมต่อวันซึ่งถ้านำเศษอาหารเหล่านี้มาใช้เป็นสารอาหารในการผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นพลังงานทดแทนด้านหนึ่งคิดว่าจะช่วยทำให้การใช้พลังงานในมหาวิทยาลัยมีความยั่งยืนขึ้น เนื่องจากเศษอาหารจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตมีศักยภาพค่อนข้างสูง

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในการหาสภาวะที่เหมาะสมกับเชื้อในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ

5.2.2 ควรมีการทดลองต่อยอดงานวิจัยด้วยการประยุกต์ใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม เพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในอนาคตได้จริง

5.2.3 ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในเชิงลึกเกี่ยวกับกระบวนการในการย่อยสลายแบบไร้อากาศเพื่อหาสาเหตุและข้อจำกัดในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ

5.2.4 ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีที่มีอยู่ในประเทศและต่างประเทศเพื่อหาจุดคุ้มค่าต่อการลงทุนในระดับอุตสาหกรรม

5.2.5 ควรทำการศึกษาในเชิงเศรษฐศาสตร์และความเป็นไปได้ในการใช้เทคโนโลยีรวมถึงผลกระทบต่างๆที่จะเกิดขึ้นจากการประยุกต์การใช้เทคโนโลยีจริงในระดับอุตสาหกรรม