

## บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

### “การศึกษาปัจจัยที่สำคัญในการผลิตแก๊สชีวภาพจากกากมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย”

อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญประเภทหนึ่งของประเทศ โดยปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังของประเทศไทย ตั้งกระจายอยู่ในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศโดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังมากที่สุด มันสำปะหลังเป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่ง มันสำปะหลังแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน คือ ชนิดขมและชนิดหวาน โดยชนิดขมนั้นไม่เหมาะสำหรับนำมาบริโภคโดยตรง เนื่องจากมีกรดไฮโดรไซยานิคสูง เป็นพิษต่อร่างกาย แต่เหมาะสำหรับนำมาแปรรูปเป็นมันอัดเม็ด มันเส้นเพื่อเลี้ยงสัตว์และแป้งมันเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ส่วนชนิดหวานนั้นส่วนใหญ่ปลูกไว้รอบบ้านเพื่อการบริโภค แป้งมันสำปะหลังนั้นนอกจากจะนำมาใช้ในการบริโภคแล้ว ยังใช้เป็นวัตถุดิบในหลาย ๆ อุตสาหกรรมได้อีก เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมกระดาษ เป็นต้น ในประเทศไทยสามารถผลิตแป้งมันสำปะหลังได้ประมาณ 2 ล้านตันต่อปี กากมันสำปะหลัง 1 ตัน (น้ำหนักเปียก) สามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ประมาณ 70-100 ลบ.ม. โดยสามารถนำไปใช้ทดแทนน้ำมันเตาหรือใช้ในการอบกากมันสำปะหลังและผลิตกระแสไฟฟ้าได้

ปัญหาจากกากมันสำปะหลังที่ส่งผลโดยตรงต่อโรงงานและสภาพแวดล้อมดังนี้ ปัจจุบันกากมันสำปะหลังที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตจะขายเพื่อไปผสมกับอาหารสัตว์และนำไปใช้ในการผลิตปุ๋ยหมัก แต่เนื่องจากองค์ประกอบของกากมันสำปะหลังนั้นมีโปรตีนต่ำจึงมักขายได้ในราคาที่ถูกลงและเนื่องจาก ความต้องการของผู้เลี้ยงสัตว์ไม่แน่นอน จึงเกิดภาระต่อโรงงานและสภาพแวดล้อมดังนี้

- วัสดุเสียจากกองกากมันสำปะหลังที่ทิ้งไว้ในโรงงานจำนวนมาก ๆ
- การที่กากมันสำปะหลังมีความชื้นสูงมากทำให้เกิดการเน่าเหม็นอย่างรุนแรง
- ภาระด้านค่าใช้จ่ายของโรงงานด้านการจำหน่ายกากมันสำปะหลังออกไปจากโรงงานจะต้องทำให้กากตะกอนมีความชื้นลดลง โดยการตากแห้งเพื่อลดความชื้นซึ่งก่อให้เกิดความยุ่งยาก โรงงานหลายๆแห่งจึงนำกากมันสำปะหลังไปฝังกลบแทน
- การสูญเสียแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญของประเทศ เนื่องจากมีศักยภาพสูงความต้องการด้าน

พลังงานของประเทศไทย ภายใต้สภาวะพลังงานที่แพงขึ้นเช่นปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงของเสียให้เป็นพลังงานทดแทนได้รับความสำคัญและเป็นที่ยอมรับมากสำหรับอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพื่อพยายามลดเงินตราของประเทศในการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่แพงมากขึ้น กากมันสำปะหลังเป็นส่วนหนึ่งที่ผู้ประกอบการเริ่มให้ความสำคัญในการนำมาพัฒนาให้เป็นพลังงานทดแทน ได้แก่ การนำไปเผาโดยตรง (ต้องลดความชื้นก่อน) หรือการนำไปผลิตแก๊สชีวภาพ

ความต้องการด้านเทคโนโลยีประยุกต์ใช้ลักษณะบูรณาการ การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพจากกากมันสำปะหลังในประเทศไทยนั้น ยังอยู่ในระดับที่เริ่มต้นและไม่ได้มีการประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม ขณะที่เทคโนโลยีผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียและมูลสัตว์นั้นเป็นที่แพร่หลายมากกว่าและมีการประยุกต์ใช้อย่างต่อเนื่อง ประกอบกับกระบวนการนำกากมันสำปะหลังมาผลิตเป็นแก๊สชีวภาพนั้นมีความยากกว่าและส่วนใหญ่เทคโนโลยีที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรมนั้นได้รับการพัฒนาจากต่างประเทศและประเทศไทยยังขาดการบูรณาการ

ด้านนี้ในการวิจัยศึกษาการเปลี่ยนน้ำตาลและเอทานอลเป็นก๊าซชีวภาพ แต่ยังคงขาดการนำความรู้และการวิจัย การนำกากมันสำปะหลังมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพอย่างเต็มระบบ ดังนั้นหากมีการศึกษาวิจัยพัฒนาองค์ความรู้แบบบูรณาการและจัดทำต้นแบบเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังในระดับอุตสาหกรรมได้ ย่อมเกิดประโยชน์ในระดับอุตสาหกรรม ทำให้ภาคอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลังมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง ลดปัญหากลิ่นเหม็นและไม่ต้องเสียเงินตราออกนอกประเทศอันเนื่องมาจากการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพการนำกากมันสำปะหลังหลังจากกระบวนการผลิตแป้งมัน มาผลิตก๊าซชีวภาพแบบไร้อากาศ ชนิดกวนผสมสมบูรณ์สองขั้นตอน
2. เพื่อศึกษาสภาวะของอุณหภูมิและค่า pH ที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้กากมันสำปะหลัง
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของถังหมักกากมันสำปะหลังแบบ ไร้อากาศชนิดกวนผสมสมบูรณ์สองขั้นตอน โดยดูจาก ปริมาณก๊าซชีวภาพ, ระยะเวลาในการเกิดก๊าซชีวภาพ และคุณภาพของก๊าซชีวภาพ
4. ศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1 ขั้นตอนการเตรียมโครงการ

- ศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง ทฤษฎีการเกิดก๊าซชีวภาพและเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ
- จัดหาสถานที่ที่จะใช้ในการทดลองและโรงงานที่เข้าร่วมในงานวิจัยเพื่อที่จะนำกากมันสำปะหลังจากโรงงานมาทำการผลิตก๊าซชีวภาพ ในงานวิจัยจะใช้สถานที่ในการสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลโดยใช้กากมันสำปะหลังจาก บริษัท เนชั่นแนลสตาร์ทแอนด์เคมีเคิล (ประเทศไทย) จ. กาสินธุ์
- ออกแบบและเขียนแบบถังหมักก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังโดยพิจารณาคุณสมบัติถึงข้อดีและความ เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพแต่ละระบบในงานวิจัยนี้จะพิจารณาระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากถังหมักแบบกวนผสมสมบูรณ์สองขั้นตอน
- แก้ไขปรับปรุงแบบในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ในการออกแบบและเขียนแบบถังหมัก
- ทำการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างระบบถังหมัก เช่น ชุด ถังหมักใช้สแตนเลส, ท่อ, ปั๊ม, Heater, มอเตอร์, และชุดควบคุมอุณหภูมิ เป็นต้น
- ดำเนินการทดลองเพื่อตรวจวิเคราะห์สมบัติของกากมันสำปะหลังด้านพารามิเตอร์ดังนี้ pH, COD ความชื้น, ปริมาณคาร์โบไฮเดรต, ใยอาหาร (crude fiber), โปรตีน
- ดำเนินการสร้างระบบถังหมักที่ได้ออกแบบไว้ซึ่งใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างประมาณ 2 เดือน และทำการทดลองหาหัวเชื้อจุลินทรีย์ อุณหภูมิและสภาพความเป็นกรด-เบส ต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพโดยการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ
- เมื่อได้ชนิดหัวเชื้อจุลินทรีย์ อุณหภูมิและสภาพความเป็นกรด-เบส ต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมแล้วก็ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลในระบบใหญ่ที่สร้างเสร็จแล้วโดยจะเลือกเอาหัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น

อุณหภูมิและค่าสภาพความเป็นกรดต่างที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการมาทดลองโดยมีการควบคุมอุณหภูมิด้วย Temcontent และให้พลังงานความร้อนด้วย Heater ในถังหมัก

- ทำการปรับปรุงและแก้ไขในการทดสอบระบบจากเริ่มแรก โดยการวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง จากนั้นทำการทดสอบระบบตามเงื่อนไขโดยเก็บข้อมูลการเกิดก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นใน แต่ละวัน เมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ประเมินประสิทธิภาพการเกิดก๊าซชีวภาพและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดสอบ

- สรุปผลการวิจัยและเขียนรายงาน

## 2 ขั้นตอนการทดสอบ

ในโครงการนี้จะแบ่งงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ

ส่วนที่1 ศึกษาและทดสอบผลของหัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น อุณหภูมิ และสภาพความเป็นกรด-ด่าง ที่มีผลต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากกากมันสำปะหลังในระดับห้องปฏิบัติการ โดยนำค่าที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการมาใช้ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเครื่องต้นแบบต่อไป

ส่วนที่2 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อใช้เป็นเครื่องในการผลิตก๊าซชีวภาพระบบกวนผสมสมบูรณ์ที่ใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบเมื่อได้วางแผนงานและออกแบบการทดลองไว้ชัดเจนแล้วจึงได้ดำเนินการทดลองและสร้างเครื่องควบคู่กันไป ตลอดจนขั้นตอนการจัดซื้อจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและการสร้างเครื่องด้วย

### ผลการวิจัย

#### 1. ผลการดำเนินงานส่วนการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ จากผลการทดสอบหาหัว

เชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ และศึกษาผลของอุณหภูมิและสภาพความเป็นกรด-ด่าง ที่มีผลต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ โดยใช้ค่าที่ทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นที่เหมาะสมที่สุดคือ หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นจากโรงแป่งมันสำปะหลัง อุณหภูมิที่ดีที่สุดคือ 35 °C และค่า pH เท่ากับ 8 ระยะเวลาที่ให้อัตราการเกิดก๊าซสูงสุดคือ 3- 4 วัน จากการวิเคราะห์ก๊าซมีองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ ที่ได้จากการทดลองพบว่า มีก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ประมาณ 54% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ประมาณ 24.6% และก๊าซอื่น ๆ เล็กน้อย สำหรับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H<sub>2</sub>S) ไม่ได้วิเคราะห์หาปริมาณในขั้นตอนทดลองในห้องทดลอง แต่จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H<sub>2</sub>S) ในการทดลองที่ระบบจริงสถานะที่อุณหภูมิ 35 °C และ pH = 8 จะนำค่าการทดสอบนี้ ไปใช้ในระบบถังหมักก๊าซชีวภาพแบบสองขั้นตอน

#### 2. ผลการดำเนินงานส่วนการทดลองในเครื่องต้นแบบระบบถังหมักก๊าซชีวภาพ การศึกษาผล

ของการกวนต่ออัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ จากกากมันสำปะหลังภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน โดยใช้ถังหมักแบบสองขั้นตอน ในช่วงอุณหภูมิปานกลาง( Mesophilic range ที่ 35 องศาเซลเซียส) และปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เริ่มต้น เท่ากับ 8 โดยมีการเพิ่มความถี่ของการกวนโดยเริ่มจากไม่มีการกวนและมีการกวนด้วยความถี่วันละ 24, 8, 4, และ2 ชั่วโมง/ครั้ง ครั้งละ 10นาทิต่อวัน พบว่า มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ย 140,160,190,240,280 ลิตร/วัน พลังงานสุทธิที่ได้รับ 48.52W-h/day (โดยคิดที่ อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพที่ 140 ลิตร/วัน ในกรณีที่ไม่มีกวน) มีก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ประมาณ 53.8-54.3% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ประมาณ 24.6% และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H<sub>2</sub>S) ประมาณ 148 ppm และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีมีค่าสูงถึง 98.87 เปอร์เซ็นต์

### 3. วิเคราะห์ความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์นั้น จะคิด

จากการลงทุน และผลตอบแทน (ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้) การทดลองนี้ ต้นทุนในการสร้างเครื่อง 40,000 บาท ค่าบำรุงรักษาปีละประมาณ 300 บาท คิดอายุการใช้งาน 20 ปี การวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์ในโครงการนี้มีเงื่อนไขว่า จะวิเคราะห์เชิงการนำเอาก๊าซชีวภาพมาใช้แทนพลังงานอื่นๆเพียงอย่างเดียว โดยตั้งสมมุติฐานว่าสามารถขายก๊าซได้ทั้งหมดในราคาที่คิดเทียบเท่ากับน้ำมันดีเซล ผลผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังโดยใช้ระบบหมักแบบสองขั้นตอน ผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดโดยเฉลี่ย 280 ลิตร/วัน โดยเมื่อนำเอาก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มาใช้แทนน้ำมันดีเซลเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมหรือการเกษตรเช่น เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้ง และใช้กับเครื่องกลึงสุกเป็นต้น โดยที่ก๊าซชีวภาพ 1 m<sup>3</sup> เทียบเท่ากับน้ำมันดีเซล 0.6 ลิตร ระบบผลิตได้ 0.28 m<sup>3</sup>/day คิดเทียบเท่ากับน้ำมันดีเซล 0.17 ลิตร หรือสามารถประหยัดน้ำมันดีเซลได้ถึง 62.ลิตร/ปี เมื่อคิดเป็นมูลค่าราคาน้ำมันดีเซล ซึ่งปัจจุบันน้ำมันดีเซลมีราคาลิตรละ 32 บาท ซึ่งจะทำให้กลุ่มอุตสาหกรรมหรือการเกษตรประหยัดค่าน้ำมันดีเซลได้ถึง 1,876 บาท/ปี

เมื่อคิดในกรณีที่นำเอาก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าใช้ในฟาร์มหรือระบบแสงสว่างต่างๆโดยตั้งสมมุติฐานว่าสามารถขายก๊าซได้ทั้งหมดในราคาที่คิดเทียบเท่ากับไฟฟ้าต่อหน่วย ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดโดยเฉลี่ย 280 ลิตร/วัน หรือ 2.240 m<sup>3</sup> ต่อการทดลอง โดยเมื่อนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้า ได้แก่ ใช้กับชุดเครื่องยนต์สันดาปภายใน ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) หรือ มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) โดยผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์ภายในฟาร์ม หรือสามารถนำไปขับเครื่องสูบน้ำโดยตรง หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต้องการต้นกำลัง การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในเครื่องยนต์นั้น ผลิตก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ย 280 ลิตร/วัน คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าได้ 1,797 W-h/day หรือคิดเป็นมูลค่าการผลิตไฟฟ้าจะได้ 656 kWh/ปี เมื่อนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้คิดเป็นเงินซึ่งคิดเป็นราคาไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท ซึ่งจะทำให้ฟาร์มสามารถประหยัดไฟฟ้าได้ 1,968 บาท/ปี

เมื่อคิดในกรณีที่นำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มาใช้แทนก๊าซหุงต้มที่ใช้ตามครัวเรือนซึ่งก๊าซ LPG 1 ถังขนาด 15 kg ราคา 300 บาท ใช้ในครัวเรือนที่มีครอบครัวขนาดกลางมีสมาชิก 3-4 คน โดยเฉลี่ยจะใช้ก๊าซ LPG ประมาณ 1ถัง/เดือน ซึ่งเมื่อนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มาใช้แทนก๊าซ LPG ในการหุงต้ม โดยก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้เฉลี่ย 280 ลิตร/วัน เมื่อใช้ต่อเนื่องจะสามารถใช้ได้ประมาณ 50-60 นาที ซึ่งในการหุงต้มทำอาหารสำหรับครอบครัวขนาดกลางโดยเฉลี่ยในแต่ละวันจะใช้เวลาในการทำอาหารประมาณวันละประมาณ 1 ชั่วโมง และเมื่อนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มาใช้แทนก๊าซ LPG จะสามารถประหยัดได้ปีละประมาณ 3,600 บาท

จากการที่นำก๊าซชีวภาพมาใช้แทนน้ำมันดีเซลใช้แทนไฟฟ้าและก๊าซหุงต้ม เมื่อนำจำนวนเงินที่ประหยัดได้ของแต่ละกรณีมาเฉลี่ยเพื่อนำมาเป็นค่ากระแสเงินสดเข้าสุทธิ(Net Cash Inflow) ต่อปี เมื่อนำมาหา มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) โดย เงินลงทุนเริ่มแรก (Initial Investment) = 40,000บาท อายุโครงการ 20 ปี Net Cash Inflow ต่อปี = 2,481 บาท โดยคิดอัตราดอกเบี้ย ยอดเงินสดเข้าเท่ากันทุกปี คิดค่า i=7 %, t = 20 จะได้ NPV = -12,677 บาท โดยคิดที่มูลค่าปัจจุบัน และ อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) = 2.8 % ซึ่งหมายความว่า IRR<MARR ซึ่งน้อยกว่าอัตราดอกเบี้ยแสดงว่าโครงการนี้ไม่น่านำไปดำเนินการ

อย่างไรก็ตามผลวิเคราะห์โครงการนี้เป็นเพียงการวิเคราะห์ในระดับ Pilot Scale จึงได้ค่า NPV และ IRR น้อยและไม่เหมาะกับการลงทุนแต่ถ้าขยาย Scale ของระบบให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งการลงทุนก็เพิ่มขึ้นไม่มาก ก็จะให้อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเพิ่มมากขึ้นและมูลค่าของก๊าซเมื่อนำมาแทนพลังงานอื่นๆก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน และจะทำให้โครงการนี้มีความเป็นไปได้ในการลงทุน ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โครงการนี้ได้วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพียงอย่างเดียว อาจจะไม่สามารถใช้ในการตัดสินใจได้ดีพอ เนื่องจากมิใช่การลงทุนเพื่อหากำไร ควร

จะต้องคำนึงถึงนโยบายและความจำเป็นในด้านอื่นประกอบด้วย เช่น การแก้ไขด้านสิ่งแวดล้อม และการนำกากของเสียมาทำเป็นปุ๋ยชีวภาพ เมื่อดูจากสถานการณ์พลังงานทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งมีแนวโน้มจะสูงขึ้นเรื่อยๆ สำหรับการนำไปใช้ในฟาร์มจริงระบบบ่อบำบัดจำเป็นต้องรับอัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ให้ได้ในปริมาณมาก ถึงจะทำให้มีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ และเพื่อเป็นการลดมลพิษต่อชุมชนในระยะเวลาที่รวดเร็ว ระบบหมักแบบสองขั้นตอน สามารถรับอัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ได้ 58.38 กรัมสารอินทรีย์/วัน และประสิทธิภาพในการกำจัด COD สูงถึง 98.87%

### ข้อเสนอด้านการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้กากมันสำปะหลังหลังจากกระบวนการผลิตแป้งมันโดยใช้กากมันสำปะหลัง ผลที่ได้ การเกิดก๊าซชีวภาพค่อนข้างน้อย แต่ประสิทธิภาพในการกำจัด COD ค่อนข้างสูง เนื่องจาก Substrate (กากมันสำปะหลังผสมน้ำ) มีโปรตีนน้อย และ มีค่า COD ขาเข้าเพียง 5011 มก. /ล.(COD คือ ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการ ออกซิเดชั่นสารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ และในระบบไม่ใช้อากาศ ก็จะกลายเป็น ก๊าซชีวภาพ ซึ่ง ถ้าค่า COD สูง แสดงว่าน้ำเสียมีความสกปรกมาก ในการออกแบบระบบก๊าซชีวภาพ ค่า COD จะบ่งบอกถึงปริมาณก๊าซชีวภาพ โดยค่า COD 1 kg จะให้ก๊าซมีเทน = 0.3 ลบ.ม. โดยประมาณ) ซึ่งถือว่ามีความค่อนข้างน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับผู้ที่สนใจถ้ามีการนำวัตถุดิบที่มีสารอาหารสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมและนำมาทดลองในระบบนี้ก็อาจจะเกิดก๊าซชีวภาพในปริมาณที่มากกว่านี้