

# การประเมินศักยภาพด้านพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากโรงบำบัดน้ำเสีย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## Energy Potential and Environmental Impact Assessment of Biogas Production from Chiang Mai University Wastewater Treatment Plant

นันทวรรณ แสงโรจน์\* และ เดช ดำรงค์ศักดิ์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

**Nantawan Sangroj\* and Det Damrongsak**

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,  
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

E-mail: nant\_19@hotmail.com\*

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพด้านพลังงานของก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย รวมถึงการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดกระบวนการผลิตก๊าซและความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในด้านพลังงาน โดยศึกษาจากโรงบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ การประเมินศักยภาพด้านพลังงานของก๊าซชีวภาพที่มีปริมาณน้ำเสีย 11,288 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 33.70 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ประกอบด้วยก๊าซมีเทนร้อยละ 60.70 โดยปริมาตร ทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้า และก๊าซหุงต้มได้ 43.80 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน และ 15.50 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนตลอดกระบวนการผลิตและความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในด้านพลังงาน พบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพที่มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุดคือ กระบวนการตกตะกอนมีค่าเท่ากับ 591.20 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี รองลงมาคือ กระบวนการรวบรวมน้ำเสีย มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 211.50 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี สำหรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจะมีค่าผลกระทบน้อยกว่าการทดแทนก๊าซหุงต้ม และปริมาณก๊าซชีวภาพที่นำมาใช้ผลิตไฟฟ้าและทดแทนก๊าซหุงต้มสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ 3.90 และ 4.43 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ตามลำดับ การประเมินในเชิงเศรษฐศาสตร์โดยรวมค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นพลังงานทดแทนพบว่าการใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มมีความน่าสนใจในการลงทุนมากกว่า การนำก๊าซชีวภาพมาผลิตกระแสไฟฟ้า เพราะมีค่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนมากกว่าซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6.55 ปี

## ABSTRACT

This research was conducted to evaluate the energy potential of biogas from Chiang Mai University wastewater treatment plant including environmental impact assessment. This research was also to study biogas production and the economical feasibility in terms of biogas utilization. Assessment of the energy potential of biogas found that the volumes of wastewater about 11,288 m<sup>3</sup>/day can be produced the biogas approximately 33.70 m<sup>3</sup>/day. The produced biogas which contained methane of approximately 60.70% by volume can be substituted the electric energy 43.80 kWh/day and LPG 15.50 kg/day, respectively. Regarding the assessment of the environmental impact in terms of global warming and economical feasibility study, the results indicated that the large portion of the environmental impact from biogas production was due to the sedimentation process of 591.18 tonCO<sub>2</sub>eq/year and wastewater collection of 211.54 tonCO<sub>2</sub>eq/ year, respectively. In addition, the biogas utilization in terms of electricity generation had environmental impact less than LPG substitution. The volumes of biogas for electricity generation and LPG substitution can reduce the Greenhouse Gas (GHG) of emission about 3.90 tonCO<sub>2</sub>eq/year and 4.43 tonCO<sub>2</sub>eq/year, respectively. For economics feasibility regarding the environmental impact of the biogas utilization, the study showed that LPG substitution result in a higher rate of return and a shorter payback period 6.55 year.

### 1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ ปัจจุบันมีการใช้พลังงานในภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม และภาคการขนส่งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากการสำรวจของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [1] พบว่าในปี 2551 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานมีปริมาณรวมทั้งหมด 65,890 พันตันเทียบคบน้ำมันดิบ มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากปี 2550 คิดเป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยแบ่งออกเป็นการใช้พลังงานสิ้นเปลืองได้แก่ น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน คิดเป็น 53,645 พันตันเทียบคบน้ำมันดิบ มีการใช้พลังงานหมุนเวียนคิดเป็น 12,245 พันตันเทียบคบน้ำมันดิบ และคาดการณ์ว่าอนาคตจะมีความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการหาพลังงานจากแหล่งอื่นๆ ให้มีปริมาณเพียงพอ ราคาไม่แพง มีคุณภาพดีและที่สำคัญ ต้องไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อสามารถตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชนและสามารถตอบสนองความต้องการใช้ในกิจกรรมการผลิตต่างๆ ได้อย่างเพียงพอ

การผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) จากน้ำเสียส่วนมากจะผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะน้ำเสียมีค่าซีโอดีสูงทำให้เกิดก๊าซมีเทนสูง ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในโรงงานได้ จากการศึกษาของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน สรุปว่าน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพต่อปีเท่ากับ 435.32 ล้านลูกบาศก์เมตรให้พลังงานเท่ากับ 10,448 เทราจูล [2] สำหรับจังหวัดเชียงใหม่มีการเติบโตด้านการท่องเที่ยวมากกว่าด้านอุตสาหกรรม จึงประยุกต์ให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยนำน้ำเสียจากชุมชนมาผลิตก๊าซชีวภาพแทนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ซึ่งถือว่าเป็นน้ำเสียประเภทชุมชน เมื่อนำมาผ่านกระบวนการตกตะกอนและแยกชั้นตะกอนพบว่ามีความ COD ของตะกอนน้ำเสียประมาณ 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตร [3] ดังนั้นสามารถประเมินศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพในเบื้องต้นได้ว่าตะกอนจากน้ำเสียจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ประเมินเกี่ยวกับการผลิตก๊าซและการนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนของก๊าซชีวภาพ

จากน้ำเสียชุมชน โดยศึกษาภายในโรงบำบัดน้ำเสีย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แบ่งหัวข้อการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นการประเมินศักยภาพด้านพลังงาน ส่วนที่สองประเมินความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมด้วยเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของการนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงระบบให้มีความเหมาะสมต่อไป

## 2. ขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นระบบบำบัดแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge Process) ซึ่งเป็นการบำบัดน้ำเสียโดยใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย [4] แสดงดังรูปที่ 1 แบ่งออกเป็นทั้งหมด 5 ขั้นตอนหลัก คือ

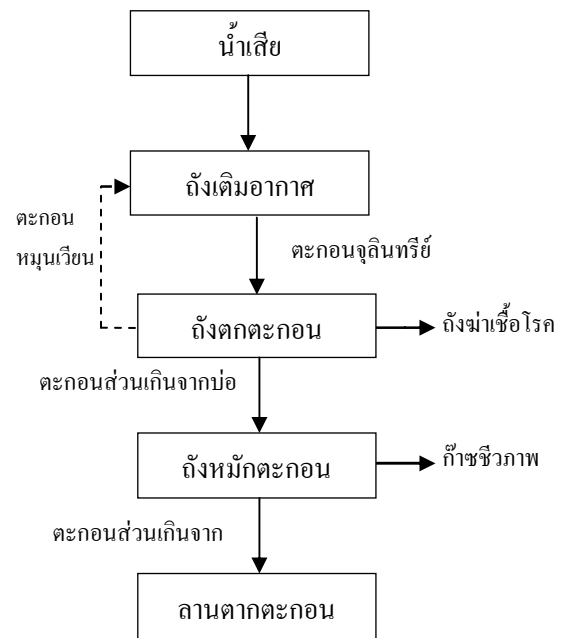
การรวบรวมน้ำเสีย เป็นกระบวนการแรกหลังจากที่น้ำเสียไหลมารวมกันลักษณะของกระบวนการนี้จะเติมอากาศเพื่อให้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสามารถทำงานได้ ซึ่งจะใช้เวลาในการสัมผัสอากาศประมาณ 6 - 8 ชั่วโมงต่อวัน

การตกตะกอน กระบวนการนี้เป็นกระบวนการต่อจากกระบวนการรวมน้ำเสียมีหลักการทำงานคือ แยกน้ำส่วนใสออกจากสารแขวนลอย โดยมีการกวนตะกอนช้าๆ เพื่อให้ตะกอนรวมกลุ่มกันและตกตะกอนอยู่ที่ก้นถัง น้ำส่วนใสจะไหลลื่นออกจากถังตกตะกอนไปยังถังฆ่าเชื้อโรค ส่วนตะกอนที่เหลือจากกระบวนการนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ นำมาเป็นตะกอนที่ใช้สำหรับการบำบัดอีกครั้ง เรียกว่า ตะกอนหมุนเวียน และตะกอนในส่วนที่ระบายออกจะเข้าถังหมักตะกอน เรียกว่า ตะกอนส่วนเกิน

การฆ่าเชื้อโรค น้ำในส่วนที่ล้นจากกระบวนการตกตะกอนจะไหลมารวมกันเพื่อให้สัมผัสกับคลอรีนแล้วปล่อยสู่แหล่งน้ำ

การหมักตะกอน เป็นขั้นตอนในการกำจัดตะกอนส่วนเกินโดยการนำมาหมักด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายซึ่งในกระบวนการนี้จะทำให้เกิดก๊าซชีวภาพ ในสมัยก่อนมีการเผาและปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ แต่ปัจจุบันมีการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มในพื้นที่บริเวณบ้านพักครอบครัว โรงบำบัดน้ำเสีย

การกำจัดตะกอน เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งการกำจัดตะกอนจะนำมตากที่ลานตากตะกอน สำหรับตะกอนที่ตากแห้งแล้วจะมีเกษตรกรมารับซื้อเพื่อใช้ในการด้านการเกษตร



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

## 3. วิธีการวิจัย

สำหรับการประเมินศักยภาพด้านพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตก๊าซชีวภาพจากโรงบำบัดน้ำเสีย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แบ่งวิธีการวิจัยออกเป็น 3 ด้าน คือ

### 3.1 การประเมินศักยภาพด้านพลังงานของก๊าซชีวภาพ

การประเมินศักยภาพด้านพลังงานของก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่จะพิจารณา

คุณสมบัติของน้ำเสียและก๊าซชีวภาพ แบ่งการวิเคราะห์ ข้อมูลออกเป็น 3 แบบ คือ

1. ข้อมูลที่รวบรวมจากหน่วยบำบัดน้ำเสีย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกอบด้วย ค่า COD, ค่าของแข็งระเหย (VS)

2. ข้อมูลที่วัดจากโรงบำบัดน้ำเสีย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกอบด้วย ปริมาณก๊าซชีวภาพต่อวัน องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ), ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) และก๊าซออกซิเจน ( $\text{O}_2$ ) แบ่งลักษณะการวิเคราะห์ออกเป็น 2 กรณี คือ

ก. การวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ จากเครื่องแยกองค์ประกอบของก๊าซ (Gas Chromatography) ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วิเคราะห์ 1 ครั้งต่อเดือน

ข. การวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ จากเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซ (Gas Analyzer) ที่สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วิเคราะห์ 2 ครั้งต่อสัปดาห์

3. ข้อมูลจากการคำนวณ ประกอบด้วย ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ โดยการคำนวณจากสมการของ Mitzlaff [7] ดังสมการที่ 1

$$H_{u,act} = \frac{V_{\text{CH}_4}}{V_{\text{Total}}} \times \rho_{\text{CH}_4,act} \times H_{u,std} \quad (1)$$

เมื่อ  $\frac{V_{\text{CH}_4}}{V_{\text{Total}}}$  คือ อัตราส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ

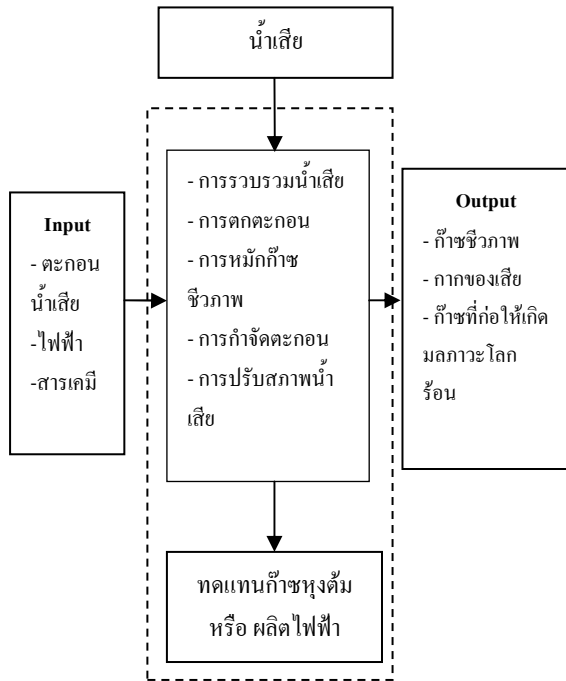
$\rho_{\text{CH}_4,act}$  คือ ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ

$H_{u,std}$  คือ ค่าความร้อนต่ำของก๊าซมีเทนที่สภาวะมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 50,000 กิโลจูล/กิโลกรัม

เมื่อทราบค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพแล้วจะนำมาประเมินศักยภาพของการใช้ประโยชน์ โดยพิจารณาถึงการนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ทั้งหมดมาทดแทนก๊าซหุงต้มและผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ภายในหน่วยงาน

### 3.2 การประเมินความเป็นไปได้ในด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตและการนำไปใช้ของก๊าซชีวภาพ

การประเมินความเป็นไปได้ในด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตและการนำไปใช้ของก๊าซชีวภาพโดยอาศัยเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์เพื่อประเมินค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต [5] จะมีขั้นตอน 4 ขั้นตอนหลักคือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา เป็นขั้นตอนกำหนดสิ่งที่ต้องการประเมินแสดงดังรูปที่ 2 การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณวัตถุดิบ เช่น ปริมาณน้ำเสีย ปริมาณตะกอนที่ใช้หมักก๊าซชีวภาพ เป็นต้น การใช้พลังงาน และของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตและการนำไปใช้ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย มหาวิทยาลัย-เชียงใหม่ การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์จะพิจารณาผลกระทบในด้านมลพิษที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential) โดยใช้ข้อมูลจากโปรแกรมสำเร็จรูปในการแสดงผลและประมวลผลลัพธ์ออกมา การแปลผลวัฏจักรชีวิต เป็นการสรุปผลกระทบด้านมลพิษที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการผลิตและการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มและผลิตกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 2 แสดงขอบเขตการศึกษา

### 3.3. การประเมินความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการนำไปใช้ของก๊าซชีวภาพ

ความรู้ทางเศรษฐศาสตร์ได้ถูกนำมาเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจโดยจะพิจารณาว่าระบบใดให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุดหรือมีค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด และมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด การประเมินความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการนำไปใช้ของก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่โดยรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) แบ่งการประเมินออกเป็น การหาค่าอัตราผลตอบแทน และระยะเวลาคืนทุน ของการนำไปใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มและการผลิตไฟฟ้า มีรายละเอียดดังนี้

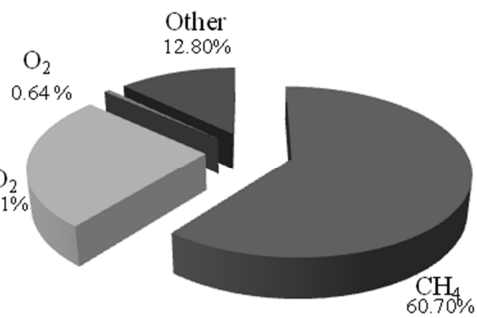
ระยะเวลาคืนทุนเป็นวิธีที่ใช้คำนวณหาปีที่คุ้มทุนของโครงการที่พิจารณา สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{ผลกำไรที่ได้ต่อปี}} \quad (2)$$

## 4. ผลการวิจัย

### 4.1 ผลการประเมินศักยภาพด้านพลังงานของก๊าซชีวภาพ

การประเมินศักยภาพด้านพลังงานของก๊าซชีวภาพจะแบ่งการประเมินออกเป็นคุณลักษณะของน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดและการนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนมีรายละเอียดดังนี้ ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ 11,288 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะมีค่า COD เท่ากับ 20,391 มิลลิกรัมต่อลิตรและมีค่าของแข็งระเหย (VS) เท่ากับ 3,598 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 33.7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซ (Gas Analyzer) ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) คิดเป็นร้อยละ 60.70 โดยปริมาตร รองลงมาเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ร้อยละ 25.91 โดยปริมาตร และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน (O<sub>2</sub>) น้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 0.64 โดยปริมาตร แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

เมื่อนำอัตราส่วนของก๊าซมีเทนมาคำนวณค่าความร้อนโดยใช้สมการของ Mitzlaff พบว่า ก๊าซชีวภาพมีค่าความร้อนเท่ากับ 18,817 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าน้อยกว่า 21,000 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียที่ประกอบด้วยก๊าซมีเทนร้อยละ 60 โดยปริมาตร [6] ถ้าพิจารณาการนำมาใช้ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ 33.7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่าสามารถทดแทนก๊าซหุงต้มได้ 15.5 กิโลกรัมต่อวัน หรือคิดเป็น 5,663 กิโลกรัมต่อปี และใช้ผลิตไฟฟ้าได้ 43.8

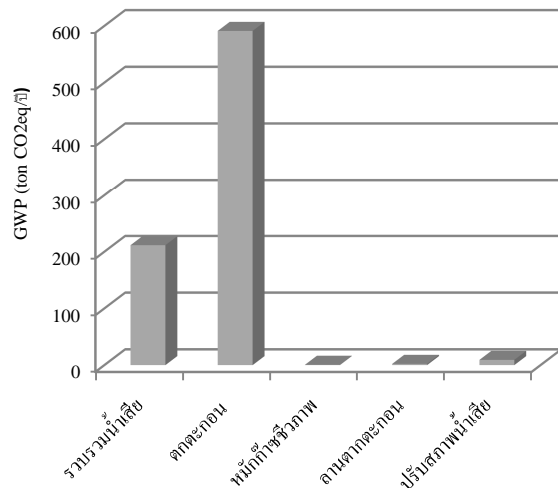
กิโวลต์-ชั่วโมงต่อวัน หรือคิดเป็น 16,004 กิโวลต์-ชั่วโมงต่อปี

#### 4.2 ผลการประเมินความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อมของระบบการผลิตและการนำไปใช้ของก๊าซชีวภาพ

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตก๊าซชีวภาพและนำไปใช้ประโยชน์โดยการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตและการนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยเลือกวิธีการแปลงผลเป็น EDIP/UMIP 97 V2.05 สำหรับการเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกแสดงดังตารางที่ 2 และรูปที่ 4 พบว่า กระบวนการตกตะกอนเป็นกระบวนการที่มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 591.18 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี รองลงมาคือ กระบวนการรวมน้ำเสียมีค่าผลกระทบเท่ากับ 211.54 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี สำหรับกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพที่มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด คือ กระบวนการหมักตะกอนมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.60 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี ดังนั้นคิดเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีค่าเท่ากับ 815.0 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

กระบวนการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tonCO <sub>2</sub> /ปี)		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tonCO <sub>2</sub> eq/ปี)
	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	
รวมน้ำเสีย	29.18	182.36	211.54
ตกตะกอน	32.43	558.75	591.18
หมักก๊าซชีวภาพ	0.58	0.012	0.60
ตกตะกอน	2.13	0.043	2.17
บำบัดน้ำเสีย	0.002	9.24	9.24
รวม	64.32	750.40	815.0



รูปที่ 4 แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

สำหรับการนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นพลังงานทดแทนนั้นจะเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซชีวภาพโดยตรงกับการนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นพลังงานทดแทนซึ่งมีปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG) แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3 และ รูปที่ 5 พบว่า การปลดปล่อยก๊าซชีวภาพโดยตรงนั้นเกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.91 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี การใช้ก๊าซชีวภาพในการทดแทนก๊าซหุงต้มมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นเท่ากับ 17.24 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี ถ้านำก๊าซชีวภาพมาผลิตไฟฟ้ามีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นเท่ากับ 9.28 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี แสดงว่าการปลดปล่อยก๊าซชีวภาพโดยตรงจะมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าการใช้ก๊าซชีวภาพทดแทนก๊าซหุงต้มและผลิตไฟฟ้า

ถ้านำก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียมาผลิตไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าจะสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นได้เท่ากับ 3.90 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี และถ้านำมาใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มจะสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นได้เท่ากับ 4.43 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี

**ตารางที่ 3** แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการใช้เป็นพลังงานทดแทน

กระบวนการ		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tonCO <sub>2</sub> eq/ปี)
การปลดปล่อยก๊าซชีวภาพโดยตรง		3.91
การใช้เป็นพลังงานทดแทนของก๊าซชีวภาพ	ทดแทนก๊าซหุงต้ม	17.24
	ผลิตไฟฟ้า	9.28

**4.4 ผลการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของการนำไปใช้ของก๊าซชีวภาพ**

ผลการประเมินในด้านเศรษฐศาสตร์โดยรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มและผลิตไฟฟ้าพบว่า การผลิตไฟฟ้ามีค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับ 8.20 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะเวลาคืนทุนที่ 8.45 ปี สำหรับค่าอัตราผลตอบแทนของการใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มเท่ากับ 12.75 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะเวลาคืนทุนที่ 6.55 ปี ดังนั้นการใช้ประโยชน์ด้านการทดแทนก๊าซหุงต้มมีความน่าสนใจในการลงทุนมากกว่าการใช้ก๊าซชีวภาพผลิตไฟฟ้า

**5. บทสรุปการวิจัย**

ผลการประเมินศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพจากโรงบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวมถึงการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดกระบวนการผลิตก๊าซและความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ในด้านพลังงาน สรุปได้ดังนี้

- ปริมาณน้ำเสียจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 11,288 ลูกบาศก์เมตร จะมีค่า COD เท่ากับ 20,391 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 33.7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพส่วนใหญ่ประกอบด้วย ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) คิดเป็นร้อยละ 60.70 โดยปริมาตร ก๊าซชีวภาพมีค่าความร้อน 18,817 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณาการนำมาใช้ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ สามารถทดแทนก๊าซหุงต้มได้ 15.50 กิโลกรัมต่อวัน และใช้ผลิตไฟฟ้าได้ 43.80 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน

- การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์โดยการพิจารณาผลกระทบในด้านมลพิษที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพและการนำไปใช้ประโยชน์ โดยพิจารณาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมา พบว่า กระบวนการตกตะกอนเป็นกระบวนการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 591.18 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี สำหรับกระบวนการที่มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด คือ กระบวนการหมักตะกอนมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.60 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี สำหรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้นั้นพบว่า การใช้ผลิตไฟฟ้ามีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นเท่ากับ 3.88 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี ในขณะที่นำก๊าซชีวภาพไปใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มจะมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นเท่ากับ 5.17 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี ถ้านำก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียมาใช้ผลิตไฟฟ้าและทดแทนก๊าซหุงต้มสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ 4.43 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี และ 3.90 ton CO<sub>2</sub>eq/ปี ตามลำดับ

- การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า การนำก๊าซชีวภาพมาใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มมีความน่าสนใจในการลงทุนมากกว่าเพราะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6.55 ปี ซึ่งเป็นระยะเวลาคืนทุนที่เร็วกว่าการใช้ก๊าซชีวภาพผลิตไฟฟ้า

### เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552. รายงานประจำปี พ.ศ. 2552. กระทรวง พลังงาน.
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2550. การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียฟาร์มปศุสัตว์และ โรงงานอุตสาหกรรม. กระทรวงพลังงาน
- [3] ถวิล มาละวรรณ. 2547. ระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน่วยก้าน้ำเสีย งานบริการสาธารณสุขและการซ่อมบำรุงกองสวัสดิการ สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] มั่นสิน ตันทุลเวศม์. 2546 .คู่มือวิชาการระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศกรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- [5] แนวทางการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทน. 2550. วารสารเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [6] Meynell, P.J. (1982). Methane:Lanning a Digester. Prism Press:Dorset,UK.
- [7] Mitzlaf, K. (1988). Engines for Biogas, Deutsches Zentrum fur Entwicklungstechnologien GATE, Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ), Germany.