

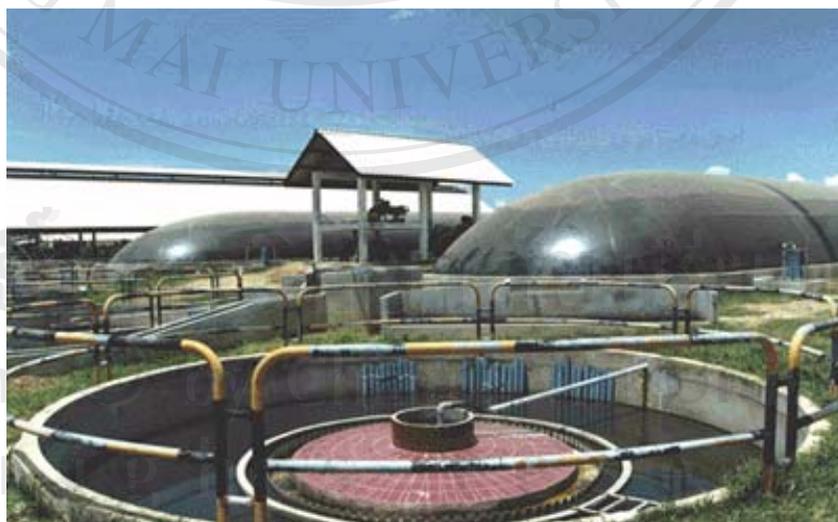
### บทที่ 3

#### อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการพิจารณาความเป็นไปได้และความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการนำเอาความร้อนทิ้งจากไอเสียจากการผลิตไฟฟ้าก๊าซชีวภาพมาเป็นแหล่งให้พลังงานแก่เครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมเพื่อปรับอากาศในโรงเรือนเลี้ยงสุกร โดยศึกษาจากฟาร์มสุกรที่มีบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

#### ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ คือ บ่อรวมน้ำเสีย ซึ่งเป็นที่รวมน้ำเสียจากโรงเรือนสุกรปกติจะถูกออกแบบให้มีความจุของบ่อไม่เกินปริมาณน้ำเสียที่จะไหลมารวมไม่เกินหนึ่งวัน บ่อเติม ทำหน้าที่นำน้ำเสียจากบ่อรวมใส่เข้าบ่อหมักก๊าซ บ่อหมักช้าแบบรางจะเป็นที่ให้แบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์อาศัยอยู่และทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียกลายเป็นก๊าซชีวภาพ บ่อหมักเร็ว UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket Digester) เป็นบ่อหมักแบบไร้ออกซิเจนอีกอย่างหนึ่งที่ใช้บำบัดน้ำเสียในส่วนที่เจือจาง ลานกรองของแข็งทำหน้าที่แยกของแข็งที่ย่อยสลายยากออกจากบ่อหมักก๊าซ สระพักน้ำเสียและระบบท่อส่งก๊าซ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพของฟาร์มสุกร

### ระบบผลิตไฟฟ้า

ประกอบด้วยเครื่องยนต์ ซึ่งอาจเป็นเครื่องยนต์เบนซิน หรือดีเซลดัดแปลงก็ได้ มอเตอร์ และตู้ควบคุม ในส่วนของระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์ มีทั้งแบบใช้น้ำระบายความร้อนโดยตรงและใช้อากาศระบายผ่านหม้อน้ำ โดยเครื่องยนต์ผลิตพลังงานไฟฟ้าของแต่ละฟาร์มสามารถมีได้หลายชุด ขึ้นอยู่กับการออกแบบ ขนาดของเครื่องยนต์ และปริมาณก๊าซชีวภาพที่หมักได้



รูปที่ 3.2 ชุดผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

### 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

โครงการวิจัยนี้จะมีการนำข้อมูลต่างๆ มาทำการวิเคราะห์เพื่อประกอบการคำนวณ ซึ่งจะรวบรวมจากฟาร์มสุกรที่ได้เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพ ดำเนินการโดยหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งมีเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University  
All rights reserved



รูปที่ 3.3 เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ (Analyzing Computer A97) ยี่ห้อ WOEHLER

3.2.1 เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ (Analyzing Computer A97) ยี่ห้อ WOEHLER รุ่น TUV By RgG 180

Concentration of oxygen ( $O_2$ )

Measuring range : 0 to 20.9 % vol.

Precision :  $\pm 0.3\%$  vol.

Concentration of carbon monoxide (CO 2,000 ppm)

Measuring range : 0 to 2,000 ppm

Precision :  $\pm 20$  ppm (<400 ppm)

Concentration of nitrogen monoxide (NO)

Measuring range : 0 to 2,000 ppm

Precision :  $\pm 5$  ppm (<100 ppm)

Exhaust gas temperature ( $T_A$ )

Measuring range : 0 to 800 °C

Precision : 0 to 125 °C :  $\pm 2$  °C

125 to 250 °C :  $\pm 3$  °C

250 to 400 °C :  $\pm 4$  °C

Combustion air temperature ( $T_p$ )

Measuring range : -20 to 99.9 °C, dissolution 0.1 °C

Precision : 0 to 50 °C :  $\pm 1$  °C

เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ (Analyzing Computer A97) ใช้ในการวัดอุณหภูมิและปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ในก๊าซชีวภาพ เพื่อนำไปหาค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพต่อไป ดังสมการที่ (1) ถึงสมการที่ (9)

3.2.2 เครื่องมือวัดความเร็วของของไหลในท่อ (Fluid velocity) ยี่ห้อ TSI รุ่น VELOCICALC plus มีช่วงการวัด 0.2-20 m/s ค่าความถูกต้อง  $\pm 3\%$  และสามารถวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งได้ตั้งแต่ 0-50 °C มีความแม่นยำ  $\pm 3\%$  ของค่าที่อ่านได้



รูปที่ 3.4 เครื่องมือวัดความเร็วของของไหลในท่อ (Fluid velocity) ยี่ห้อ TSI

เครื่องมือวัดความเร็วของของไหลในท่อ (Fluid velocity) ใช้เก็บข้อมูลความเร็วการไหลของก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์สันดาปภายใน เพื่อนำข้อมูลที่ได้นี้มาทำการคำนวณหาอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพดังสมการที่ (6)

3.2.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermometer) ยี่ห้อ Kane-May รุ่น KM340 สามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 1,000 °C ค่าความถูกต้อง  $\pm 2$  °C ใช้ในการวัดอุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่ปล่อยออกมาทางปล่องไอเสีย ของเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ตลอดจนการใช้วัดอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมและอุณหภูมิภายในโรง เรือนเลี้ยงสุกร



รูปที่ 3.5 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermometer) ยี่ห้อ Kane-May

3.2.4 เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity meter) ยี่ห้อ Testo รุ่น 450 ใช้สำหรับวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งสามารถวัดค่าได้ตั้งแต่ 1 – 100%RH ค่าความถูกต้อง  $\pm 3\%$



รูปที่ 3.6 เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์(Relative humidity meter) ยี่ห้อ Testo 450

### 3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของฟาร์มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ศึกษากระบวนการต่างๆ ขั้นตอน และวิธีการเลี้ยงสุกร รวมถึงพลังงานที่ใช้ เพื่อนำไปพิจารณาเปรียบเทียบกับการเลี้ยงในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบดูดซึม

3.2.2 ทำการเก็บข้อมูลจากฟาร์มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา โดยใช้เครื่องมือวัดที่กล่าวมาข้างต้น เก็บค่าสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>), ความชื้นก๊าซชีวภาพ, ค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม, อุณหภูมิในบ่อหมักก๊าซชีวภาพ, ความดันในบ่อหมักก๊าซชีวภาพ, อัตราการบริโภคก๊าซชีวภาพของเครื่องยนต์, ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ รวมทั้งอุณหภูมิและปริมาณก๊าซต่างๆ ของไอเสีย โดยการวัดจะบันทึกผลทุกๆ 15 นาที รวมทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.7 การวัดค่าอุณหภูมิในบ่อหมักก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 3.8 การวัดค่าอุณหภูมิของไอเสียจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 3.9 การวัดปริมาณก๊าซต่างๆ ของไอเสียจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

สำหรับการวัดอัตราการบริโภคก๊าซชีวภาพของเครื่องยนต์จะทำการเจาะท่อลำเลียงก๊าซที่เข้าสู่เครื่องยนต์เพื่อเสียบอุปกรณ์วัดความเร็วการไหล โดยจะทำการวัด 3 ค่า ตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.10 การวัดความเร็วการไหลของก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์

3.2.3 นำผลการวัดที่ได้จากข้อ 3.2.2 มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ (Hu) ปริมาณไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ และประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้า

3.2.4 ศึกษาและคำนวณภาระในการทำความเย็นต่างๆ ร่วมกับการพิจารณาโรงเรือนที่มีขนาดและลักษณะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสุกร ดังนี้

- ภาระที่ผ่านเข้ามาตามผนัง และหลังคาโรงเรือน จากการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน

- ภาระจากอากาศร้อนเข้ามาในห้องเนื่องจากการเปิดปิดประตู และจากการรั่วเข้ามาตามรอยรั่วต่างๆ

- ความร้อนที่เกิดจากตัวสุกรทั้งหมดในโรงเรือน

- ความร้อนจากอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่ตั้งอยู่ภายในโรงเรือน

3.2.5 นำผลของภาระในการทำความเย็นจากข้อ 3.2.4 มาหาขนาดของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller) รวมถึงความต้องการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายต่างๆ ของระบบ

3.2.6 พิจารณาการนำความร้อนทิ้งมาใช้ประโยชน์ โดยการผ่านก๊าซร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อผลิตน้ำร้อนก่อนป้อนเข้าสู่ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม และสำหรับการเลือกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสมนั้นจะใช้วิธีค่าความแตกต่างอุณหภูมิแบบล็อกมีน (Logarithmic Mean Temperature Difference, LMTD) ช่วยคำนวณเพื่อนำไปเปิดค่าในตารางของ Hewitt, Guy and Marsland : 1982 หาลักษณะที่เหมาะสมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งในตารางจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน(U) และราคาต่อหน่วยของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (C) เป็นตัวพิจารณา

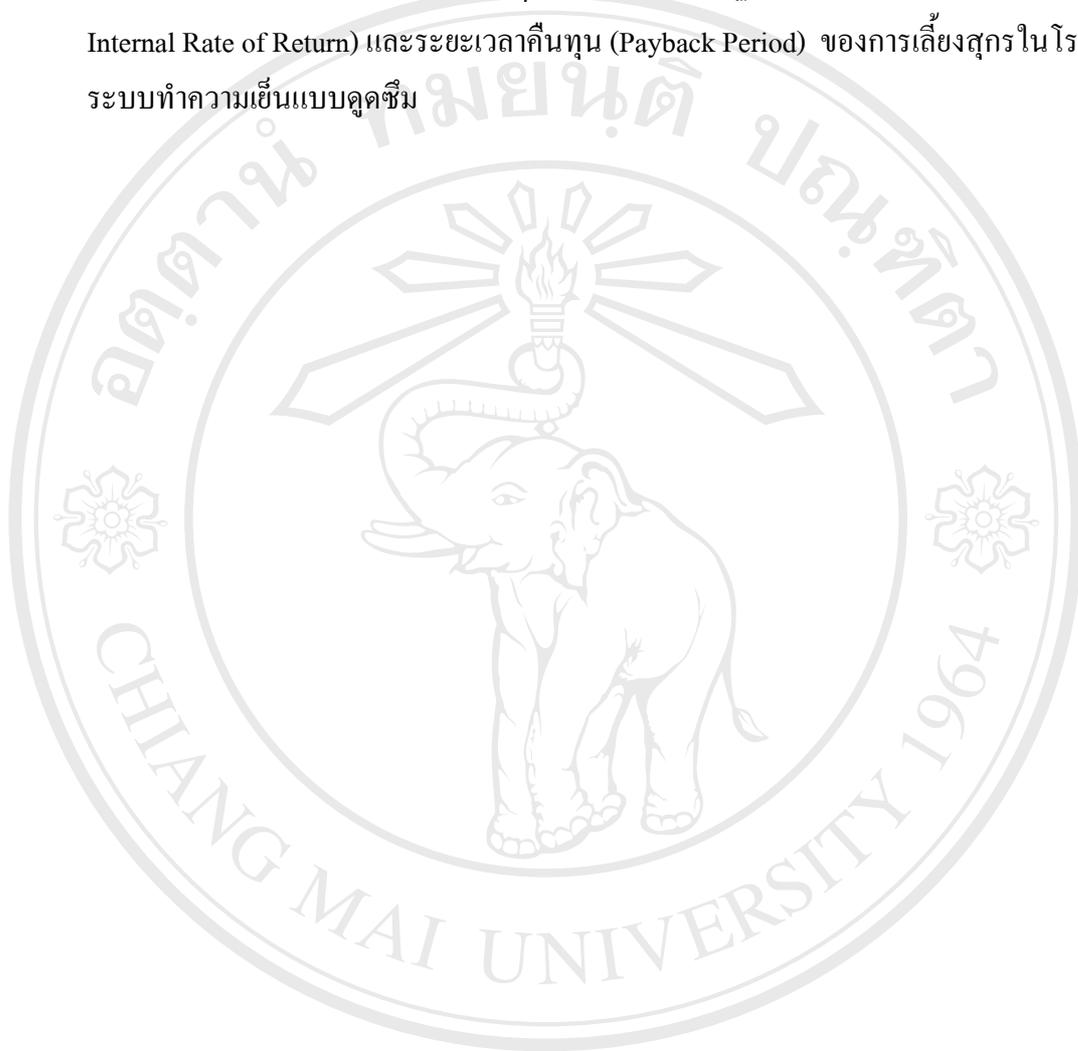
3.2.7 หากการใช้พลังงานทั้งหมดของระบบการทำความเย็นแก่โรงเรือนเลี้ยงสุกรแบบดูดซึม จากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบการเก็บคืนความร้อนทิ้ง ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม และการใช้พลังงานในโรงเรือน เพื่อนำไปคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

3.2.8 สรุปรายได้และค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบดูดซึม ซึ่งรายได้จะมาจากการขายสุกรและปุ๋ยมูลสุกร ส่วนค่าใช้จ่ายจะเป็นราคาชุดเครื่องทำความเย็น ราคาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ค่าใช้จ่ายในการสร้างโรงเรือนที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสุกร ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานและบำรุงรักษาเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ

สำหรับการประมาณค่าใช้จ่ายของการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบดูดซึม จะอ้างอิงข้อมูลค่าใช้จ่ายจากการเลี้ยงในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบระเหย เนื่องจากการเป็นภาระเลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิเหมือนกัน ต่างกันตรงที่

ค่าใช้จ่ายของการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งใช้อุปกรณ์ผลิตความเย็นที่ไม่เหมือนกัน โดยจะแบ่งแยกเป็นค่าใช้จ่ายหลักๆ คือ ค่าตู้กลมู ค่าอาหาร ค่ายา ค่าแรง ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าขนส่ง และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด

3.2.9 ทำการประเมินผลความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วยอัตราผลตอบแทน (IRR : Internal Rate of Return) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ของการเลี้ยงสุกรในโรงเรียนที่มีระบบทำความเย็นแบบดูดซึม



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved