

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาเตาแก๊สชีวมวล

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเตาแก๊สชีวมวล

##### 1) .เชื้อเพลิงชีวมวล

พลังงานชีวมวล (Biomass energy) หมายถึงพลังงานที่ผลิตจากอินทรีย์สารต่าง ๆ ทั้งจากพืชและสัตว์ โดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนเคมี หรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยอาศัยจุลินทรีย์ เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass fuel) อาจอยู่ในรูปของของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซก็ได้ พลังงานชีวมวลจัดเป็นพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่งโดยเป็นการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ทางอ้อม พืชที่มีคลอโรฟิลล์จับพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีเพื่อไปใช้ในการสร้างอาหารจากคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ กระบวนการดังกล่าวเรียกว่าการสังเคราะห์แสง การสังเคราะห์แสงเป็นการสร้างพลังงานและสารอาหารขึ้นในพืช วัฏจักรของการผลิตพืชหรือชีวมวลเป็นวัฏจักรหมุนเวียน ดังนั้นไม่ว่าจะนำพืชไปใช้เป็นอาหารหรือพลังงานก็ตาม ถ้าปริมาณการใช้สมดุลกับการเกิดชีวมวลใหม่เราจะมีชีวมวลไว้ใช้ตลอดไป แต่แนวทางดังกล่าวอาศัยธรรมชาติอย่างเดียวไม่ได้ เนื่องจากจำนวนประชากรในโลกมีเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการจากมนุษย์เพื่อเร่งการผลิตชีวมวลให้เพียงพอกับความต้องการ เช่น การปลูกป่าทดแทน การปลูกไม้โตเร็ว เป็นต้น

ชีวมวลที่นำมาใช้เป็นพลังงานสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือชีวมวลที่มาจากพืช และชีวมวลที่มาจากสัตว์ (วรนุช แจงสว่าง 2551: 107)

1. ชีวมวลที่มาจากพืช ได้แก่ ไม้ชนิดต่าง ๆ ทั้งไม้เนื้ออ่อนและเนื้อแข็ง พืชน้ำมัน วัชพืช บกและน้ำ วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร และของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

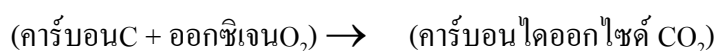
2. ชีวมวลที่มาจากสัตว์ ได้แก่ มูลสัตว์ต่างๆ เช่น มูลวัว ควาย เป็ด ไก่ และหมู เป็นต้น

## 2). ทฤษฎีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง

การแปรรูปชีวมวลเพื่อผลิตพลังงาน คือกระบวนการที่จะนำพลังงานจากชีวมวลมาใช้ประโยชน์ โดยทำให้เกิดการแตกตัวของอินทรีย์สารที่อยู่ในชีวมวล และผลิตพลังงานออกมา เทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานแบ่งเป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการแปรรูปทางเคมีความร้อน และกระบวนการแปรรูปทางชีวเคมี ซึ่งแต่ละกระบวนการจะมีวิธีการหลายรูปแบบ และให้ผลิตภัณฑ์ออกมาในรูปแบบที่แตกต่างกัน ได้แก่ กระบวนการแปรรูปทางเคมีความร้อน (Thermo chemical conversion) การย่อยสลายชีวมวลด้วยความร้อนหรือเรียกว่า กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) และกระบวนการแปรรูปชีวมวลเป็นก๊าซชีวมวล หรือเรียกว่า กระบวนการก๊าซซิฟิเคชัน (Gasification) สำหรับการศึกษานี้จะกล่าวถึงเฉพาะกระบวนการแปรรูปชีวมวลเป็นก๊าซชีวมวล กระบวนการแปรรูปชีวมวลเป็นก๊าซชีวมวล หรือเรียกว่ากระบวนการก๊าซซิฟิเคชัน (Gasification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยการสลายคาร์บอนในเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นก๊าซ โดยการเผาชีวมวลในอุปกรณ์ที่ควบคุมปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ ก๊าซที่ได้จากกระบวนการนี้เรียกว่า ก๊าซชีวมวล หรือไพโรคิวเซอร์ก๊าซ ซึ่งจะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สันดาปภายใน หรือเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนในการหุงต้มอาหาร ก๊าซชีวมวลที่ได้ประกอบไปด้วย ก๊าซไฮโดรเจน ( $H_2$ ) คาร์บอนมอนอกไซด์ ( $CO$ ) และก๊าซมีเทน ( $CH_4$ ) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ก็มีก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) และไอน้ำ กระบวนการแปรรูปชีวมวลเป็นก๊าซชีวมวลเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องมาจากกระบวนการย่อยสลายชีวมวลด้วยความร้อน (รัตนชัย ไพรินทร์. 2541: 28-31)

การผลิตก๊าซชีววมวลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ปฏิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นของเตาเผาโดยทั่วไปกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเตาผลิตก๊าซแบ่งออกเป็นชั้นต่างๆ ได้ 4 ชั้น โดยขึ้นกับอุณหภูมิ ปฏิริยา และผลิตภัณฑ์ที่ได้ในแต่ละชั้นดังนี้ ( วรรณุช แจงสว่าง 2551 : 111- 112 )

1.ชั้นเผาไหม้ (Combustion zone) ในชั้นนี้คาร์บอนจะเผาไหม้กับออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศดังปฏิริยาที่เกิดขึ้นคือ



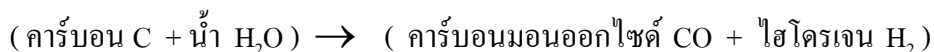
ปฏิริยาในชั้นเผาไหม้นี้เป็นปฏิริยาคายความร้อน อุณหภูมิในชั้นนี้จะอยู่ระหว่าง 900 – 1,200 องศาเซลเซียส ความร้อนที่เกิดขึ้นในชั้นนี้จะถูกนำไปใช้ในปฏิริยาแบบดูดความร้อนในชั้นรีดักชันและชั้นกลั่นสลาย ผลผลิตที่ได้จากการทำปฏิริยาในชั้นนี้คือ ความร้อนและเถ้าถ่าน

2. ชั้นรีดักชัน (Reduction zone) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้ในชั้นเผาไหม้จะไหลเข้าสู่ชั้นรีดักชัน ปฏิริยาที่เกิดขึ้นในชั้นนี้เป็นปฏิริยาที่เปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะไหลผ่านคาร์บอนที่ร้อน และเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ดังสมการที่ 2.2 ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับชั้นนี้จะอยู่ในช่วง 500 – 1,000 องศาเซลเซียส



ปฏิริยาในสมการที่ 2.2 เป็นปฏิริยาดูดความร้อน ในกรณีที่ต้องการเพิ่มปริมาณของ (คาร์บอนมอนอกไซด์ CO) อาจทำได้โดยการฉีดไอน้ำร้อนเข้าไป ซึ่งไอน้ำจะไปทำปฏิริยากับ

คาร์บอน ดังแสดงในสมการ ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน จะเกิดขึ้นได้ดีในช่วง อุณหภูมิที่สูงกว่า 800 องศาเซลเซียส



3. ชั้นกลั่นสลาย (Pyrolysis zone) ในชั้นนี้เชื้อเพลิงได้รับความร้อนจากชั้นเผาไหม้เพื่อสลายอินทรีย์สารในเชื้อเพลิงชีวมวล ทำให้ได้สารระเหยต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย เมทานอล กรดน้ำส้ม น้ำมันดิน ก๊าซที่เผาไหม้ได้และเผาไหม้ไม่ได้ อุณหภูมิในชั้นนี้ประมาณ 135 – 600 องศาเซลเซียส ของแข็งที่เหลืออยู่ในกระบวนการนี้คือ คาร์บอนในรูปของถ่าน

4. ชั้นลดความชื้น (Drying zone) ในชั้นนี้อุณหภูมิจะลดลงมาก การสลายตัวของสารระเหยต่าง ๆ จะไม่เกิดในบริเวณนี้ ความร้อนที่ได้รับจากชั้นกลั่นสลายจะระเหยความชื้นที่มีอยู่ในชีวมวลให้ออกมาในรูปของไอน้ำ อุณหภูมิในชั้นนี้ประมาณ 100 - 135 องศาเซลเซียส

### 3).สารตั้งต้นในการผลิตก๊าซชีวมวล

เนื่องจากในการผลิต ก๊าซชีวมวลต้องใช้สารตั้งต้นเพื่อช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงแข็ง และเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวมวล โดยส่วนใหญ่สารตั้งต้นที่ใช้มี 4 ประเภทคือ อากาศ ออกซิเจน ไอน้ำ และไฮโดรเจน

1) ผลิตก๊าซชีวมวลโดยใช้อากาศ (Air blown gasification) เป็นกระบวนการผลิตก๊าซชีวมวลโดยใช้อากาศเป็นตัวทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงในชั้นเผาไหม้ ก๊าซที่ได้จากกระบวนการนี้จะมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงต่ำ เพราะอากาศมีก๊าซไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักถึงร้อยละ 78

2) ผลิตก๊าซชีวมวลโดยใช้ ออกซิเจน (Oxidative gasification) เป็นกระบวนการที่ใช้ก๊าซออกซิเจนแทนอากาศ จะได้ก๊าซชีวมวลที่มีค่าความร้อนสูงขึ้นเพราะไม่มีก๊าซไนโตรเจนปะปนออกมา อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะสูงกว่า และเร็วกว่าแบบใช้อากาศ ในกระบวนการนี้จะต้อง

ใช้ออกซิเจน 1/3 ตัน ในการผลิตก๊าซชีววมวล 1 ตัน แต่ในทางปฏิบัติไม่นิยมใช้เพราะออกซิเจนบริสุทธิ์ราคาแพง

3) ผลิตก๊าซชีววมวลโดยใช้ไอน้ำ (Steam gasification) เป็นกระบวนการที่ใช้ ไอน้ำ ทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิง วิธีการนี้จะช่วยเพิ่มปริมาณของก๊าซชีววมวล เพราะในไอน้ำ มีไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบ แต่ในกระบวนการนี้อุณหภูมิในเตาต้องสูงกว่า 800 องศาเซลเซียส

4) ผลิตชีววมวลโดยใช้ไฮโดรเจน (Hydrogen gasification) เป็นกระบวนการที่ใช้ก๊าซ ไฮโดรเจนไปทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงโดยไม่ใช้ออกซิเจนหรืออากาศ กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นที่ อุณหภูมิสูงประมาณ 750 องศาเซลเซียส และต้องใช้ความดันช่วยซึ่งอาจสูงมากถึง 20 เมกะ ปาสคาล ก๊าซชีววมวลที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นก๊าซมีเทน

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการผลิตและพัฒนาเตาก๊าซชีววมวลโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ กัน ซึ่งขึ้นกับ การประยุกต์ใช้งานรวมทั้งชนิดและลักษณะของชีววมวลที่ใช้

อนิรุตต์ มัทธจักร์ และ กุลเชษฐ เพียรทอง (2546) ได้ทำการศึกษาเตาแก๊สชีววมวลแบบอากาศ ไหลลงโดยใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงโดยศึกษาผลของการปรับปริมาณอากาศ 3 ระดับ พบว่าการเพิ่ม ปริมาณอากาศมีผลต่อประสิทธิภาพของการเผาไหม้

รสริน จุมปา และ ปิณฑิพร ตอพรหม (2546) ได้ศึกษาประสิทธิภาพเตาชีววมวลที่ใช้เชื้อเพลิงเป็น เชื้อเพลิง พบว่าปริมาณเชื้อเพลิงมีความสัมพันธ์กับอากาศที่จ่ายในเตา

รีดและลาตัน, 1996 (Reed and Larson, 1996) ได้พัฒนาเตาก๊าซชีววมวลหุงต้มอาหารโดยใช้ ไม้ที่ ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งมีควันท่อน้อยมากดังนั้นจึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้ในครัวเรือนเพราะไม่มีปัญหา

เรื่องคุณภาพของอากาศภายในห้อง อัตราของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตสามารถควบคุมได้โดยปริมาณของอากาศปฐมนุฏิตที่จ่าย

สแตนเลย์และเวนเจอร์, 2003 (Stanley and Venter, 2003) ได้พัฒนาเตาก๊าซชีวมวลโดยใช้เชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งพบว่าเตาชนิดนี้ให้ประสิทธิภาพสูงถึง ร้อยละ 35 เตาก๊าซชีวมวลโดยใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงได้พัฒนาขึ้นในประเทศพม่า พบว่าไม่มีควันและนอกจากนี้ยังสามารถใช้ร่วมกับชีวมวลอื่นได้ด้วยเช่น เศษใบไม้ หรือชีวมวลสดอื่นๆ

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (Asian Institute of Technology) โดย ศาสตราจารย์ บัณฑาชา ยกกับพวก, 2001 (Bhattacharya et al., 2001) ได้พัฒนาเตาก๊าซชีวมวลขึ้นมา 3 แบบ แบบที่หนึ่งเป็นเตาที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในสถาบันเช่น โรงเรียน หรืออุตสาหกรรมในกลุ่มแม่บ้าน แบบที่สองเป็นเตาที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในครัวเรือน แบบที่สามเป็นเตาที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการการค้า ลักษณะของเตาทั้งสามแบบใส่ชีวมวลด้านบน ซึ่งสามารถใช้กับไม้ที่ตัดเป็นท่อน กะลามะพร้าว หรือเชื้อเพลิงอัดแท่ง ประสิทธิภาพในการต้มน้ำ อยู่ในช่วง ร้อยละ 22-31

รีด (Reed, 2000) ได้พัฒนาเตาก๊าซชีวมวลโดยตั้งชื่อว่า TURBO STOVE ใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิง ใส่อากาศเข้าทางด้านล่างของเตาโดยใช้เครื่องเป่าลมที่ใช้พลังงาน 3 วัตต์ แต่ได้พลังงานออกมา 1.3 KW ก๊าซออกด้านบนสำหรับใช้หุงต้มจากผลของการทดลองพบว่า อากาศ/อัตราเชื้อเพลิงคือ กฎเกณฑ์ที่สำคัญมากสำหรับเชื้อเพลิงแข็ง

บีโลเนีย (Belonio, 2005) ได้พัฒนาเตาก๊าซชีวมวลโดยใช้เกลบเป็นเชื้อเพลิงทดแทนเตาแบบใช้ก๊าซ LPG ซึ่งมีการออกแบบเตาเป็นรูปลักษณะทรงกระบอกทำด้วยเหล็กแผ่นม้วน โดยใช้เชื้อเพลิงด้านบนอากาศไหลเข้าเตาทางด้านล่างและก๊าซออกด้านบน

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าเตาแก๊สชีวมวลที่มีการศึกษากันทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ แบบของเตาที่ใช้ โดยส่วนใหญ่นิยมใช้เตาแก๊สชีวมวลแบบอากาศ

ไหลขึ้น และเตาแก๊สชีวมวลแบบอากาศไหลลง สำหรับเตาแก๊สชีวมวลแบบอากาศไหลลงจะมีประสิทธิภาพดีกว่าเนื่องจากแก๊สมีการไหลผ่านชั้นการเผาไหม้ทำให้ลดปริมาณของทาร์ได้ การควบคุมอากาศที่จ่ายใช้พัฒนาเตาชีวมวลที่ออกแบบมักใช้ได้กับชีวมวลเฉพาะอย่างดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงออกแบบและพัฒนาเตาแก๊สชีวมวลที่สามารถใช้ได้กับชีวมวลได้หลากหลาย โดยการออกแบบคำนึงถึงประสิทธิภาพและความสะดวกในการใช้งาน ลักษณะของเตาที่พัฒนาจะเป็นเตาแก๊สชีวมวลแบบอากาศไหลลง ในส่วนของการเผาไหม้ออกแบบหัวเผาเป็นแบบให้มีการผสมผสานระหว่างแก๊สเชื้อเพลิงกับอากาศ