- บทที่ 2 -
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานชีวมวล

พลังงานชีวมวล คือวัสดุหรือสารอินทรีย์ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ ซึ่งรวมถึงวัสดุที่เหลือทิ้งจากการทำเกษตรกรรม เศษไม้ มูลสัตว์ ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร ของเสียชุมชน หรือวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตสินค้าทางด้านพัฒนาการรม [4] โดยการเปลี่ยนวัสดุชีวมวลมาเป็นพลังงานชีวมวลนั้นสามารถเปลี่ยนได้หลายรูปแบบ คือ การเผาโดยตรง (Direct Combustion) การเปลี่ยนรูปแบบชีวเคมี (Biochemical Conversion) การย่อยสลาย (Digestion, ที่ได้ผลผลิตเป็น Biogas และ Landfill Gas เป็นต้น) การหมัก (Fermentation, ได้ผลผลิตเป็น Ethanol) การผลิตเชื้อเพลิงเหลว (Bio-fuel) การผลิตไบโอดีเซล (Biodiesel) การเปลี่ยนรูปแบบเทอร์โมเคมี (Thermo chemical Conversion) และการผลิตก๊าซ (Gasification/Pyrolysis) [4, 5]

2.2 องค์ประกอบของชีวมวล

องค์ประกอบของชีวมวลหรือสสารทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2.1 คือ

2.2.1 ความชื้น (Moisture) ความชื้นหมายถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ ชีวมวลส่วนมากจะมีความชื้นค่อนข้างสูง เพราะเป็นผลผลิตทางการเกษตร ถ้าต้องการนำชีวมวลไปใช้เป็นพลังงานโดยการเผาไหม้ ความชื้นไม่ควรเกิน 50% ทั้งนี้ความชื้นของวัสดุแบ่งได้ออกเป็น 2 มาตรฐาน คือ มาตรฐานเปียกและมาตรฐานแห้ง ดังแสดงในสมการที่ 1.1 และ 1.2 ตามลำดับ

$$M_w = \left(\frac{w-d}{w}\right) \times 100 \qquad (1.1)$$

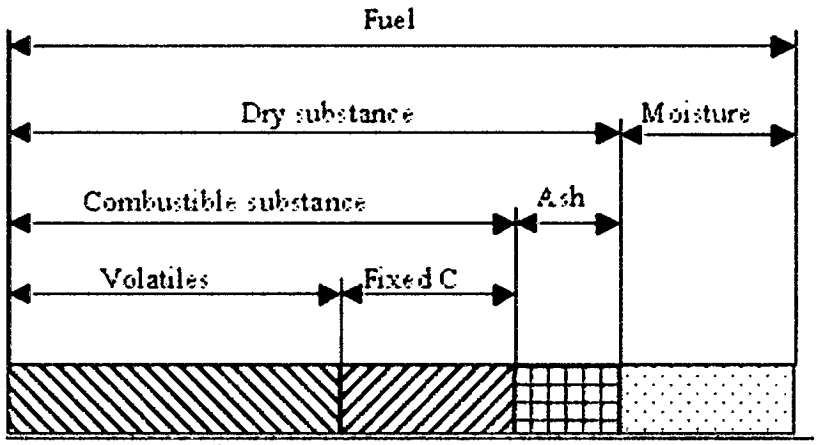
$$M_d = \left(\frac{w-d}{d}\right) \times 100 \qquad (1.2)$$

เมื่อ M_w คือ ของปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก ($\%_{wb}$)
M_w คือ ของปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง ($\%_{db}$)
w คือ มวลของวัสดุ (kg)
d คือ มวลแห้งของวัสดุ (kg)

2.2.2 ขี้เถ้า (Ash) ชีวมวลส่วนใหญ่จะมีขี้เถ้าประมาณ 1 -3 % ยกเว้นแกลบและฟางข้าวจะมีสัดส่วนขี้เถ้าประมาณ 10 –20 % ซึ่งจะมีปัญหาในการเผาไหม้และกำจัดพอสมควร ปริมาณเถ้า (Ash) คือกากสารอินทรีย์ที่เหลือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอากาศจนมีน้ำหนักคงที่ภายใต้สภาวะที่มีการควบคุมอุณหภูมิ, เวลา และ สภาวะบรรยากาศสามารถคำนวณได้จากสมการ (3)

$$A = \left(\frac{a}{w}\right) x\ 100 \quad (3)$$

เมื่อ A คืออัตราการเกิดเถ้า ($\%_{weight}$)
w คือปริมาณของวัสดุตัวอย่างที่ใช้ (kg)
a คือปริมาณเถ้าของวัสดุตัวอย่าง (kg)



รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของชีวมวล [6]

2.2.3 ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) ส่วนที่เผาไหม้ได้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ Volatiles matter และ Fixed Carbon Volatiles matter คือส่วนที่ลุกเผาไหม้ได้ง่าย ดังนั้นชีวมวลใดที่มีค่า Volatiles matter สูงแสดงว่าติดไฟได้ง่าย สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4)

ปริมาณองค์ประกอบที่ติดไฟได้ = 100- M - A (4)

เมื่อ M คือค่าความชื้นของวัสดุตัวอย่าง (kg)
A คือปริมาณเถ้า (kg)

เนื่องจากในขั้นตอนของการเจริญเติบโตของพืชนั้นพืชได้ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) น้ำ (H_2O) และแร่ธาตุต่างๆ เพื่อเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อให้ได้ออกมาเป็นมวลสารของพืช ที่ประกอบด้วยธาตุองค์ประกอบหลักได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) และไนโตรเจน (N) แล้วถักเก็บไว้ตามส่วนต่างๆ ของพืช และเมื่อนำพืชหรือชีวมวลดังกล่าวมาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อเผาไหม้ให้ได้พลังงาน คาร์บอน (C) ที่สะสมอยู่ในชีวมวลจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) จึงก็จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพืชต่อไป ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการนำพลังงานที่สะสมในชีวมวลมาใช้ประโยชน์จึงเป็นการใช้พลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) สามารถช่วยลดผลกระทบที่มีอยู่ในปัจจุบันจากปรากฏการณ์โลกร้อน (Global Warming) ได้

การใช้ประโยชน์จากพลังงานชีวมวล สามารถใช้ได้ทั้งในรูปของพลังงานความร้อนเพื่อผลิตไอน้ำหรือน้ำมันร้อนใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงานต่างๆ หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า โดยจะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลชนิดใดชนิดหนึ่งที่กล่าวมาข้างต้น หรือหลายชนิดรวมกันก็ได้ และเนื่องจากต้นทุนพลังงานจากชีวมวล ซึ่งก็คือ ราคาของชีวมวลเทียบกับพลังงานที่ได้จากชีวมวล ยังมีราคาถูกเทียบกับต้นทุนพลังงานจากการใช้น้ำมันปิโตรเลียมและยังเป็นการสนับสนุนการใช้เศษวัสดุการเกษตรในประเทศเพื่อลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิลต่างๆ

ตารางที่ 2.1 แสดงสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิต ทางการเกษตรเป็นชีวมวล [9,10]

ชนิด	ชีวมวล	อัตราการเกิดชีวมวลต่อผลผลิต	ค่าความร้อน (MJ/kg)
อ้อย	ชานอ้อย	0.250	9.25
ข้าวเปลือก	แกลบ	0.230	14.27
	ฟางข้าว	0.447	10.24
มันสำปะหลัง	ลำต้นมันสำปะหลัง	0.080	18.42
ปาล์มน้ำมัน	ทะลายปาล์ม	0.428	17.86
	เส้นใยปาล์ม	0.147	17.62
	ลูกแห้งปาล์ม	0.049	18.46
มะพร้าว	กาบมะพร้าว	0.362	16.23
	ลูกแห้งมะพร้าว	0.160	17.93

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบและค่าความร้อนของชีวมวล [11]

ชีวมวล	คุณสมบัติ					
	Moisture (%)	Ash (%)	Volatile Matter (%)	Fixed Carbon (%)	HHV (kJ/kg)	LHV (kJ/kg)
แกลบ	12.00	12.65	56.46	18.88	14,755	13,517
ฟางข้าว	10.00	10.39	60.70	18.90	13,650	12,330
ชานอ้อย	50.73	1.43	41.98	5.86	9,243	7,368
ใบอ้อย	9.20	6.10	67.80	16.90	16,794	15,479
ไม้ยางพารา	45.00	1.59	45.70	7.71	10,365	8,600
เส้นใยปาล์ม	38.50	4.42	42.68	14.39	13,127	11,400
ลูกแห้งปาล์ม	12.00	3.50	68.20	16.30	18,267	16,900
ทะลายปาล์ม	58.60	2.03	30.46	8.90	9,196	7,240
ต้นปาล์ม	48.40	1.20	38.70	11.70	9,370	7,556
ทางปาล์ม	78.40	0.70	16.30	4.60	3,908	1,760
ซังข้าวโพด	40.00	0.90	45.42	13.68	11,298	9,615
ลำต้นข้าวโพด	41.70	3.70	46.46	8.14	11,704	9,830
เหง้ามันสำปะหลัง	59.40	1.50	31.00	8.10	7,451	5,494
เปลือกไม้ยูคาลิปตัส	60.00	2.44	28.00	9.56	6,811	4,917

ชีวมวลแต่ละประเภทจะให้พลังงานจากการเผาไหม้แตกต่างกันตามลักษณะองค์ประกอบต่างๆ ของชีวมวลแต่ละชนิด และสัดส่วนความชื้นที่สะสมอยู่ในชีวมวลโดยค่าความร้อนหรือพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ชีวมวลจะแสดงได้เป็นค่าความร้อน

- ค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value, LHV) เป็นค่าพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้จริงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งได้หักพลังงานส่วนหนึ่งที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำที่สะสมอยู่ในชีวมวลออกไประหว่างการเผาไหม้ โดยทั่วไปจะมีหน่วยเป็น กิโลจูล (kJ) ต่อกิโลกรัมชีวมวล (kg) หรือ กิโลแคลอรี (kcal) ต่อกิโลกรัมชีวมวล (kg)
- ค่าความร้อนสูง (High Heating Value, HHV) เป็นค่าพลังงานทั้งหมดที่ได้จากการเผาไหม้ชีวมวล มีหน่วยเป็น kJ/kg หรือ kcal/kg

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลสามารถหาได้โดยวิธีการหลายวิธี เช่น ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D5865-11a หรือประเมินโดยวิธีการ ต้มน้ำ Water Boiling Teat (WBT)

$$\eta = \frac{m_w C_{p,w}(\Delta T_w)+m_e L+m_s C_{p,s}(\Delta T_s)}{m_f(HHV)} \quad (5)$$

$$HHV = \frac{m_w C_{p,w}(\Delta T_w)+m_e L+m_s C_{p,s}(\Delta T_s)}{m_f \eta} \quad (6)$$

เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพของเตาทดสอบ
HHV คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ)
$C_{p,w}$ คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg-K)
$C_{p,s}$ คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของภาชนะ (kJ/kg-K)
L คือ ความร้อนแฝงการระเหยของน้ำ (kJ/kg)
m_w คือ มวลของน้ำเริ่มต้น (kg)
m_e คือ มวลของน้ำที่ระเหย (kg)
m_s คือ มวลของภาชนะที่ใช้ (kg)
m_f คือ มวลของเชื้อเพลิง (kg)
ΔT_w คือ ผลต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นกับอุณหภูมิน้ำเดือด (K)
ΔT_s คือ ผลต่างระหว่างอุณหภูมิของภาชนะเริ่มต้นกับอุณหภูมิของภาชนะในขณะน้ำเดือด (K)

2.3 ตาลโตนด

ต้นตาลโตนด มีชื่อสามัญคือ Palmyra-Palm หรือ Lontar หรือ Fan Palm ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Borassus flabellifer *Linn.* พันธุ์ตาลโตนดที่นิยมปลูกมี 3 พันธุ์ด้วยกันคือ

- ตาลหม้อ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน

- ตาลหม้อใหญ่ เป็นตาลที่ให้ผลใหญ่ ผิวดำมันแทบไม่มีสีอื่นปนเลย เวลาแก่มีรอยขีดตามแนวยาวของผล เมล็ดหนา ใน 1 ผลจะมี 2-4 เมล็ด ใน 1 ทะลายจะมีประมาณ 1-10 ผล จะให้ผลเมื่ออายุ 10 ปีขึ้นไป ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของต้น
- ตาลหม้อเล็ก ลักษณะคล้ายตาลหม้อใหญ่ ผลมีขนาดเล็กสีดำ ผลจะมีรอยขีดเมื่อแก่ ใน 1 ผล จะมี 2-4 เมล็ด ใน 1 ทะลาย จะมีประมาณ 1-20 ผล ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากผลมีขนาดเล็กและเต้าที่ได้จะมีขนาดเล็กตามไปด้วย

- ตาลไข่ ลำต้นแข็งแรง ลูกมีขนาดเล็กสีค่อนข้างเหลืองแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน
  - ไข่เล็ก ลูกค่อนข้างเล็กใน 1 ทลายจะมีผล 1-20 ผล เนื่องจากผลเล็กทำให้เต้ามีขนาดเล็ก จะให้ผลเมื่ออายุ 10 ปีขึ้นไป
  - ไข่ใหญ่ ผลมีขนาดใหญ่กว่าไข่เล็ก สีค่อนข้างเหลือง ใน 1 ทลายจะมีผล 1-10 ผล เต้ามีขนาดใหญ่กว่าไข่เล็ก 1 ผลจะมี 2-3 เต้า จะให้ผลเมื่ออายุ 10 ปีขึ้นไป
- ตามพันธุ์ลูกผสม ลำต้นต้นใหญ่แข็งแรง ลูกค่อนข้างใหญ่เกือบเท่าตาลพันธุ์หม้อสีดำผสมน้ำตาล (เหลืองดำ) ในผลจะมี 2-3 เต้า ให้ผลประมาณ 1-20 ผลต่อทะลาย

ตาลหม้อ

ตาลผสม

ตาลไข่

รูปที่ 2.2 พันธุ์ตาลโตนด [7]

2.4 ส่วนประกอบของตาลโตนด

- ลำต้น ตาลโตนดเป็นพืชลำต้นเดี่ยว (Single stem) ขึ้นจากพื้นดินเพียงต้นเดียว ไม่มีการแตกหน่อมีขนาดใหญ่เส้นรอบวงประมาณ 2-4 ฟุต ผิวลำเป็นเสี้ยนแข็งมีความสูงจากพื้นดินถึงยอดประมาณ 25-30 m จากข้อมูลของผู้ที่มีอาชีพเกี่ยวกับตาลกล่าวว่าต้นตาลจะเริ่มเก็บสะโพกหลังจากปลูกประมาณ 3-5 ปี มีความสูงประมาณ 1 m และจะเพิ่มความสูงประมาณปีละ 30-40 cm
- ใบ มีลักษณะยาวใหญ่เป็นรูปพัด (Palmate) ใบจะมีใบย่อยเรียกว่า Segment จะแตกจากจุดๆเดียวขอบก้านใบจะมีหนามแข็งและคมติดอยู่เป็นแนวยาวคล้ายใบเลื่อย ยอดตาลประกอบด้วยใบตาลประมาณ 25-40 ใบมีสีเขียวเข้มล้อมรอบลำต้นเป็นรัศมีประมาณ 3-4 m ใบแก่สีน้ำตาลห้อยแนบกับลำต้น ใน 1 ปีจะแตกใบประมาณ 12-15 ใบหรือเฉลี่ยเดือนละ1 ใบ
- ดอก ออกดอกเป็นช่อดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่คนละต้น ช่อดอกตัวผู้จะมีลักษณะเป็นงวงยาวประมาณ 30-40 cm โดยมีกระโปง ห่อหุ้มอยู่ ภายในกระโปงจะมีช่อดอกตัวผู้ประมาณ 3-5 ช่อการออกของกระโปงจะออกเวียนรอบคอประมาณ10-15 กระโปงต่อต้นใน1 ช่อดอกประกอบด้วยดอกตัวผู้มากน้อยแล้วแต่ความสมบูรณ์ของช่อดอก ส่วนดอกตัวเมียจะออกจากกระโปงเหมือนกัน จะรู้ว่าเป็นดอกตัวผู้หรือดอกตัวเมียเมื่อออกกระโปงแล้วเท่านั้น จากการสังเกตลักษณะของกระโปงพบว่าถ้ากระโปงปลายแหลมจะเป็นตัวผู้และถ้าถ้วยกระโปงมีลักษณะเป็นคลื่นๆ จะเป็นตัวเมีย ช่อดอกตัวเมียจะมีลักษณะเป็นทะลายมีผลตาลเล็กๆติดอยู่ ถ้า 1 กระโปงมี 1 ทะลายจะได้ทะลายที่มีผลขนาดใหญ่ เต้ามีขนาดใหญ่และสวย แต่ถ้า 1 กระโปง มีมากกว่า 1 ทะลายจะได้ผลที่มีขนาดเล็ก
- ผล ผลจะเกิดกับต้นตัวเมียเท่านั้น โดยจะออกเวียนรอบต้นตามกาบใบ คือ 1 กาบใบจะออก 1 กระโปงใน 1 ปีจะออกประมาณ 10-12 กระโปง ใน 1 กระโปง จะมีช่อดอก 1-3 ทะลาย และใน 1 ทะลายประกอบด้วยผลตาลอ่อนประมาณ 1-20 ผล และใน 1 ผลจะมี 2-4 เมล็ด
- ทางตาล เป็นส่วนของก้านของใบตาลที่สามารถลอกผิวนอกส่วนที่อยู่ด้านบน เรียกว่า "หน้าตาล" ส่วนทางตาลตอนโคน ซึ่งอยู่ติดกับต้นตาลนั้น มีจำนวน 2 แฉก เมื่อทางตาลแก่จัดจนใบแห้งจะร่วงหล่นลงมาเอง ชาวบ้านเรียกส่วนโคนนี้ว่า "ขาตาล" มีลักษณะบางและแบน จึงเหมาะกับการนำมาตัดใช้เป็นคราด หากต่อด้ามหรือทำเป็นกาบก็จะเรียกว่า "กาบตาล"
- เปลือกแข็ง คือส่วนที่เป็นลูกแก่ หลังจากที่ผ่าเอาจาวตาลออกแล้ว นิยมนำไปทำเชื้อเพลิง เมื่อนำไปเข้าเตาเผาจะได้ถ่านสีดำที่มีเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนสูง ปัจจุบันมีผู้รับซื้อถ่านที่ผลิตได้จากเปลือกแข็งของลูกตาลจำนวนมากเพื่อเป็นสินค้าส่งออก นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนประกอบของยาแก้อาการท้องอืดท้องเฟ้อ และลดกรดในกระเพาะอีกด้วยในส่วนที่เป็นลูกแก่นั้น หากเลือกลูกที่สวยงามมาผ่าครึ่งเป็นสองฝา นำมาขัดเช็ดผิวนอกให้สะอาดเกลี้ยงเกลาจนขึ้นเงา เจาะขอบด้านในของฝาหนึ่งกับ

ขอบนอกของอีกฝาหนึ่ง แล้วแต่ขอบด้านนอกและด้านใน ให้สวมปิดเข้ากันได้สนิทดี ก็ใช้แทนตลับหรือกล่องสำหรับเก็บสิ่งของ

- จาวตาล เกิดจากผลแก่จัดของต้นตาลตัวเมีย

2.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

การใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงต้านความร้อนเพื่อการอบแห้งมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่าย และสะดวกในการใช้งานโดยพบว่าค่าความร้อนและปริมาณของชีวมวลแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้ชีวมวลด้านพลังงานจึงต้องคำนึงถึงปริมาณทั้ง 2 ชนิด คือค่าความร้อนและศักยภาพด้านปริมาณ

ด้านข้อเด่น-ข้อด้อย ของพลังงานชีวมวล U.S. National Renewable Energy Laboratory [12] รายงานว่าชีวมวลที่เกิดขึ้นในโลกแต่ละปีมีพลังงานมากถึง 8 เท่าของพลังงานที่มนุษย์ต้องการใช้จากทุกแหล่ง พลังงานชีวมวลจึงเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่มีความน่าสนใจ ซึ่ง<u>ข้อเด่น</u>ของเชื้อเพลิงชีวมวล เป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมด ก่อมลภาวะน้อยกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล เนื่องจากพืชปล่อยก๊าซไนโตรเจนอ๊อกไซด์ (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ไดอ๊อกไซด์ (SO_2) (ซึ่งเป็นตัวก่อฝนกรดและโอโซน (O_3) ในระดับพื้นดิน) น้อยมาก และไม่เพิ่มระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากพืชต้องดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อการเจริญเติบโต ชีวมวลแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป เช่น แกลบ จะให้ค่าความร้อนสูง เนื่องจากมีความชื้นต่ำ และไม่ต้องผ่านการบดย่อยก่อนนำไปเผาไหม้ โดยขี้เถ้าที่เกิดจากการเผาแกลบสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กและแก้ว ได้ ส่วนชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ที่เผาไหม้แล้วมีปริมาณ ขี้เถ้าน้อย จึงมีปัญหาในการจัดการน้อย ส่วน<u>ข้อด้อย</u>ของเชื้อเพลิงชีวมวล คือแม้พลังงานชีวมวลจะมีอยู่มาก แต่มีอยู่อย่างกระจัดกระจายทำให้ยากแก่การรวบรวมเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้าในปริมาณมากๆ อย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจและประเมินศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าด้วยชีวมวลภายในประเทศ พบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลที่เหลือจากการใช้ประโยชน์อื่นๆ สามารถนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้ 700-1,000 เมกกะวัตต์

ด้านงานวิจัยทางด้านการนำชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้ง เช่น ปี 2552 *ศูนย์วิจัยพลังงาน* ได้ทำการศึกษาการอบแห้งไม้มะม่วงแกะสลัก โดยใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงทั้งระบบตั้งเดิมที่เกษตรกรเป็นผู้ดำเนินงาน และทำการปรับปรุงระบบ พบว่า การอบแห้งแบบตั้งเดิม หรือการรมควันจะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ขี้เลื่อย) 3.38 kg/hr. และในระหว่างการอบแห้งผลิตภัณฑ์โดยเตาอบแบบตั้งเดิม พบว่ามีการปล่อย CO ในปริมาณสูงกว่า 4,000 ppm ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ที่ 690 ppm มากกว่า 5 เท่า

ชัชวาลย์ อะกะปัน ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ชีวมวล (ไม้) กับ LPG ในการอบแห้งลำไย พบว่า การใช้ไม้ในการอบแห้งลำไยจะประหยัดต้นทุนในการอบแห้งเมื่อเทียบกับการใช้ LPG ได้ 2.72 บาท/กิโลกรัม และจากนำชีวมวลไปใช้ในระบบอบแห้งแบบน้ำร้อนจะประหยัดต้นทุนในการอบแห้งเมื่อเทียบกับการใช้ LPG ได้ 4.82 บาท/กิโลกรัม [13]

จากการศึกษาพบว่าในส่วนของปริมาณชีวมวลในพื้นที่จะมีปริมาณที่เพียงพอต่อการใช้งานและระบบบำบัดควันสามารถลดการปล่อยมลพิษต่างๆ ออกสู่สิ่งแวดล้อม และยังพบว่าการใช้ชีวมวลในการอบแห้งช่วยลดต้นทุนในการผลิตให้กับเกษตรกรได้

ประสาน สถิตเรืองศักดิ์ และคณะ (2547) ทำการศึกษาและออกแบบสกรูอัดแท่งเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันแบบอัดเย็น รวมถึงศึกษาสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง คือผงถ่านลูกแห้งมะพร้าวผสมกับผงถ่านใยลูกแห้งมะพร้าวในสัดส่วน 40:60 และใช้โมลาสเป็นตัวประสาน โดยจะศึกษาถึงอิทธิพลของสัดส่วนการผสมโมลาสต่อน้ำหนักของวัตถุดิบที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่อัดได้ ซึ่งจะปรับเปลี่ยนสัดส่วนการผสมโมลาสต่อน้ำหนักของวัตถุดิบดังนี้คือ 10:100 ,15:100 และ 20:100 ซึ่งสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ทดสอบได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่าการต้านทานแรงกด และค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง ผลที่ได้พบว่า อัตราการผลิตและการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผันกับปริมาณสัดส่วนของการผสมโมลาสต่อน้ำหนักวัตถุดิบ แต่ความหนาแน่นและการใช้พลังงานในการอัดแท่งเชื้อเพลิงจำเพาะจะแปรผกผันกับปริมาณสัดส่วนการผสมโมลาส สำหรับอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแบบสกรูอัดแท่ง เชื้อเพลิงมีความคลาดเคลื่อนจากการทดลองประมาณ ร้อยละ 20 โดยมีอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบของสกรูอัดแท่งเชื้อเพลิง 145 รอบ/นาที มีค่าระหว่าง 0.8-0.9 กิโลกรัม/นาที และแท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีความหนาแน่นในช่วง 1,283-1,342 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าการต้านทานแรงกดระหว่าง 2.60-2.87เมกกะปาสกาล สำหรับค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงมีค่า 19.0-20.3 เมกกะจูล/กิโลกรัม ในขณะที่พลังงานจำเพาะในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงมีค่า 0.14-0.18 เมกกะจูล/กิโลกรัม

พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ (2549) นำเศษวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรจังหวัดนนทบุรี ได้แก่ ขี้เลื่อยเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด เปลือกทุเรียน แกลบ กระถินณรงค์ โสนและกากมะพร้าว นำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบไม่ใช้ตัวประสานและแบบใช้ตัวประสานโดยใช้แป้งมันสำปะหลังมาอัดด้วยเครื่องอัดแท่งแบบเกลียวไม่ใช้ความร้อนและแรงอัดต่ำในอัตราส่วนต่างๆ (โดยน้ำหนัก) จากการศึกษาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่าเศษวัสดุเหลือใช้ที่เลือกมาทำการวิจัย มีศักยภาพในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเมื่อเปรียบเทียบทางคุณสมบัติจากฟืนและถ่านไม้ โดยเชื้อเพลิงที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดคือ ขี้เลื่อยะแป้งมัน 2:1 รองลงมาได้แก่ขี้เลื่อยะแกลบะแป้งมัน 5:5:1 เปลือกทุเรียนะแป้งมัน 10:1 กระถินณรงค์:ขี้เลื่อยะแป้งมัน 3:7:1 เปลือกทุเรียนะขี้เลื่อยะแป้งมัน 9:9:1 และโสนะกากมะพร้าว:แป้งมัน 5:5:1 ตามลำดับ โดยค่าความร้อนเท่ากับ 4,726.43 4,434.28 4,220.24 4,069.92 3,909.97 และ 3,459 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งเชื้อเพลิงที่ได้สามารถลุกติดไฟได้ดี มีควันน้อย และให้ความร้อนได้เร็ว

อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ และคณะ (2551) ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากซังข้าวโพดโดยอาศัยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นแบบอัดเย็น และใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ขี้เถ้าแกลบที่ได้จากกระบวนการอบข้าวเปลือกในโรงสีข้าว โดยการนำมาบดผสมกับผงถ่านซังข้าวโพดและผงถ่านลูกแห้งมะพร้าว โดยมีสัดส่วนการผสมอยู่ที่ 30:70, 40:60และ 50:50 ตามลำดับ ส่วนแป้งมันจะมีสัดส่วนการผสมต่อน้ำหนักวัตถุดิบเท่ากับ 1:10 จากการศึกษาพบว่าค่าความหนาแน่นและความต้านทานแรงกดจะแปรผันตามสัดส่วนการผสมของผงซังข้าวโพดและผงลูกแห้งมะพร้าว แต่จะแตกต่างกันไม่มากนัก การทดสอบค่าความร้อนเชื้อเพลิงพบว่าโดยเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 6,043 - 6,943 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน ความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 5.7 - 5.83โดยน้ำหนัก อัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2.5 กิโลกรัม/นาที ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1.07 - 1.23 เมกกะปาสกาล

รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล.(2553) ทำการทดลองนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดคือถ่านลูกแห้วมะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังตักส่วนมาผสมกัน 5 อัตราส่วน ลักษณะถ่านอัดแท่งเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร มีครีบโดยรอบจำนวน 5 ครีบ และมีรูกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร แรงอัด 33 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านลูกแห้วมะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วน 9 : 1 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 6,530.10 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และอัตราส่วน 1 : 9 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนต่ำสุดเท่ากับ 4,514.13 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ผลการทดสอบมลภาวะจากการเผาไหม้ถ่านอัดแท่ง พบว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีปริมาณเท่ากับ 195 ส่วนในล้านส่วน ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เท่ากับ 26 ส่วนในล้านส่วน คาร์บอนไดออกไซด์ 9.11 ส่วนในล้านส่วน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีปริมาณมากกว่า 4,000 ส่วนในล้านส่วน มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าลดลง สัมพันธ์กับปริมาณคงเหลือของวัสดุหลังการเผาไหม้ ซึ่งในด้านสมรรถนะเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547)

Husain และคณะ (2002) ได้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากลูกแห้งปาล์มที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นน้ำมันปาล์ม โดยอัดแท่งที่ความดันระหว่าง 5 - 13.5 เมกกะปาสกาล ด้วยระบบไฮโดลิก (hydraulic press) และทำการศึกษาถึงคุณสมบัติต่างๆ พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งมีความหนาแน่นระหว่าง 1,100 และ 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าความร้อน 3,917 แคลอรี/กรัม ปริมาณเถ้าร้อยละ 6 และค่าความชื้นร้อยละ 12