

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มวลชีวภาพ

มวลชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากพืชและสัตว์โดยมีพื้นฐานจากการสังเคราะห์แสง แล้วเก็บรวบรวมพลังงานจากดวงอาทิตย์เอาไว้ในรูปของพลังงานเคมี โดยพืชจะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานสะสมในรูปของสารอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช เรียกว่า “กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง” ถือเป็นพลังงานชีวภาพรูปแบบหนึ่งเพราะเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นเองโดยกลไกของธรรมชาติ เมื่อคนหรือสัตว์กินพืชเป็นอาหารก็จะได้สารอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เราเรียกสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตทั้งหลายว่า มวลชีวภาพ และเมื่อนำสารอินทรีย์เหล่านั้นมาผ่านกระบวนการที่เหมาะสมจะสามารถเปลี่ยนมวลชีวภาพเหล่านั้นให้เป็นพลังงานที่เป็นประโยชน์ได้

มวลชีวภาพเป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิต พืช และสัตว์ เช่น ไม้ พืชผลชนิดต่างๆ วัชพืช ของเหลือทิ้งจากมนุษย์และสัตว์ หรือกระบวนการทางชีวภาพที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีความหลากหลายของรูปแบบและลักษณะเฉพาะแหล่งตามความหลากหลายทางชีวภาพและสภาพสิ่งแวดล้อม มวลชีวภาพเป็นพลังงานที่มาจากแหล่งที่ไม่มีวันหมดไปเพราะวงจรการผลิตมวลชีวภาพคือวงจรของพืชซึ่งมีระยะเวลาสั้นต่างจากน้ำมันปิโตรเลียมหรือถ่านหินที่ต้องอาศัยการทับถมกันเป็นเวลาหลายล้านปี มวลชีวภาพประกอบด้วยธาตุหลักๆ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน รวมทั้งมีปริมาณไนโตรเจนและธาตุอื่นๆ อีกเล็กน้อยในรูปแบบของคาร์โบไฮเดรตหรือเซลลูโลส วัสดุหรือผลิตผลจากมวลชีวภาพสามารถนำมาใช้เป็นตัวช่วยลดหรือกำจัดปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดปรากฏการณ์สภาวะเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ นอกจากนี้มวลชีวภาพสามารถผลิตได้ภายในประเทศไทยเกษตรกรจึงมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายมวลชีวภาพ และยังช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้อีกด้วย [2]

2.1.1 แหล่งมวลชีวภาพสำหรับผลิตเชื้อเพลิงเหลวในประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีความหลากหลายทางด้านมวลชีวภาพ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงมีการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรหลากหลายชนิด โดยความหลากหลาย

ชนิดของพืชผลทางการเกษตรดังกล่าว ส่งผลทำให้ผลผลิตมวลชีวภาพที่ได้มีความหลากหลายตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อให้การวิเคราะห์การใช้มวลชีวภาพเหล่านี้มีความเหมาะสมกับเทคโนโลยีแต่ละประเภท จึงได้มีการแบ่งการวิเคราะห์มวลชีวภาพเหล่านี้ออกเป็นกลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดมวลชีวภาพในประเทศไทย [3]

กลุ่ม	รายละเอียดชนิดมวลชีวภาพ
ลิกโนเซลลูโลส	-เศษไม้จากป่าไม้ หรือฟืน -เศษไม้จากโรงเลื่อย หรืออุตสาหกรรมการผลิตเครื่องเรือนจากไม้ -วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ชานอ้อย ขอดอ้อย ใบอ้อย แกลบ ฟางข้าว ทะลายปาล์ม เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม กะลามะพร้าว ทะลายมะพร้าว ลำต้นมันสำปะหลัง ชังข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง ลำต้นฝ้าย ลำต้นใบและเปลือกถั่วเหลือง ใบและลำต้นข้าวฟ่าง -ต้นหญ้า -ไม้เชื้อเพลิง เช่น ยูคาลิปตัส -ขยะชุมชน
พืชผลแป้ง	-หัวมันสำปะหลัง -เมล็ดข้าวโพด
พืชผลน้ำตาล	-อ้อย
พืชน้ำมัน	-ปาล์ม -มะพร้าว -ถั่วลิสง
ขยะ	-ขยะชุมชน

ตารางที่ 2.1 ชนิดมวลชีวภาพในประเทศไทย (ต่อ) [3]

กลุ่ม	รายละเอียดชนิดมวลชีวภาพ
มูลสัตว์	-มูลสุกร -มูลเป็ด มูลไก่ -มูลช้าง
ขยะเปียก/น้ำเสีย/กากตะกอน	-น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (โรงฆ่าสัตว์ โรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม โรงงานผลิตแป้งมัน) -น้ำเสียจากโรงงานบำบัดน้ำเสีย

2.1.1.1 มวลชีวภาพจากการเพาะปลูก

ประเทศไทยมีการเพาะปลูกพืชมวลชีวภาพที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้หลายชนิดได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยอ้อยสามารถนำมาใช้ผลิตเอทานอลได้โดยตรง หรือการนำชานอ้อยที่เหลือจากการหีบอ้อยเพื่อผลิตน้ำตาลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้พลังงานความร้อนหรืออาจจะนำมาใช้ผลิตเป็นเอทานอลก็ได้ มันสำปะหลังสามารถนำมาใช้ผลิตเอทานอล ปาล์มน้ำมันสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นไบโอดีเซล และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถนำมาใช้ผลิตเอทานอลได้ เป็นต้น

2.1.1.2 มวลชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ประเทศไทยมีปริมาณมวลชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมาก สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้หลายชนิด วัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้นจากพืชมวลชีวภาพนั้น มีศักยภาพเพื่อการพัฒนาเป็นแหล่งพลังงานได้ ซึ่งวัสดุเหลือใช้เหล่านี้มาจากเศษชิ้นส่วนที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวพืชผลทางการเกษตร และจากการตัดแต่งพืชผลต่างๆก่อนขนส่งหรือก่อนนำไปแปรรูป โดยศักยภาพของมวลชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะพิจารณาจากพืชที่มีการเพาะปลูกมาก ซึ่งได้เลือกพิจารณาวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากพืชเศรษฐกิจ 9 ชนิด ได้แก่ ปาล์ม อ้อย มันสำปะหลัง ข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลือง สับปะรด มะพร้าว และไม้ยางพารา ปริมาณส่วนที่เหลือใช้จากผลผลิตที่เก็บเกี่ยวทั้งในพื้นที่เพาะปลูกหรือกระบวนการผลิตได้แก่ ฟางข้าว แกลบ ชังข้าวโพด เหง้า และเปลือก สัดส่วนการเกิดของสิ่งเหลือใช้ เช่น ชานอ้อยเป็นส่วนที่เกิดจากการบีบน้ำตาลออกจากต้นอ้อย โดยมีสัดส่วนร้อยละ 30 และส่วน

สุดท้าย คือ สัดส่วนการนำวัสดุเหลือใช้ไปใช้ประโยชน์ เช่น ชานอ้อยมีสัดส่วนการนำไปใช้ร้อยละ 100 หมายถึงชานอ้อยมีการนำไปใช้งานจนหมด หรือฟางข้าวมีสัดส่วนการนำไปใช้ร้อยละ 50 หมายความว่ามีการนำไปใช้งานเพียง 50 ส่วนเท่านั้น นั่นคือยังคงมีมวลชีวภาพที่เหลือจากการนำไปใช้แล้วอีก 50 ส่วน เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 2.2

2.1.1.3 มวลชีวภาพจากขยะชุมชน

ขยะชุมชนเป็นสิ่งที่เหลือใช้ที่มาจากกระบวนการผลิตและการบริโภคของมนุษย์ ประกอบด้วยขยะอินทรีย์และขยะอนินทรีย์ โดยประเภทของขยะชุมชนที่สามารถนำมาใช้ผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพได้คือ ขยะประเภทอินทรีย์ แหล่งที่มาของขยะอินทรีย์จากชุมชนได้แก่ ขยะจากสวนและสนามหญ้าที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ ขยะอาหารจากครัวเรือน ร้านอาหาร งานจัดเลี้ยงและร้านค้าย่อย และขยะจากโรงงานแปรรูปอาหาร อัตราการผลิตขยะของประชากรไทยโดยเฉลี่ย 0.9 กิโลกรัม/คน/วัน ซึ่งปริมาณขยะชุมชนรวมทั้งประเทศไทยปี 2551 มีปริมาณขยะ 14,987,826 ตัน

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดสัดส่วนต่างๆของพืชมวลชีวภาพ [4]

ชนิด	ส่วนเหลือใช้	สัดส่วนที่ได้จากการผลิต	สัดส่วนการนำไปใช้ (ร้อยละ)
อ้อย	ส่วนยอด	0.20	10-30
	ชานอ้อย	0.30	100
ข้าว	แกลบ	0.23	70-80
	ฟางข้าว	0.19	50
ข้าวโพด	ต้นและใบ	0.89	10
	ซังข้าวโพด	0.19	70
มันสำปะหลัง	ต้นและใบ	0.12	60-80
	เหง้า	0.09	0
มะพร้าว	กะลา	0.25	50-70
	เปลือก	0.57	20
	ต้นและทะลาย	0.56	0
สับปะรด	ยอดสับปะรด	0.59	0

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดสัดส่วนต่างๆของพืชมวลชีวภาพ (ต่อ) [4]

ชนิด	ส่วนเหลือใช้	สัดส่วนที่ได้จากการผลิต	สัดส่วนการนำไปใช้ (ร้อยละ)
ปาล์ม	ใบปาล์ม	0.15	100
	ทะลายปาล์ม	0.22	50-60
	ทางปาล์ม	0.27	100
	กะลาปาล์ม	0.13	70-80
ยางพารา	ไม้พิน	0.25	100
	ขี้เลื่อย	0.03	100
	อื่นๆ	0.10	20
ถั่วเหลือง	ต้นและใบ	1.18	50-60

2.1.2 สมบัติเฉพาะของมวลชีวภาพ

มวลชีวภาพแต่ละชนิดมีสมบัติเฉพาะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับแหล่งที่มา สมบัติบางอย่างเป็นจุดเด่น และสมบัติบางอย่างถือเป็นจุดด้อย เช่น การกระจายตัวของแหล่งมวลชีวภาพ ขนาด ความชื้น สิ่งเจือปน และปริมาณขี้เถ้า [5]

2.1.2.1 การกระจายตัวของแหล่งมวลชีวภาพ

รูปแบบการกระจายตัวของแหล่งมวลชีวภาพ มี 2 ลักษณะคือ อยู่รวมเป็นกลุ่ม และอยู่กระจัดกระจาย มวลชีวภาพที่อยู่รวมเป็นกลุ่มคือ เศษมวลชีวภาพจากกระบวนการแปรรูปจาก ที่ใดที่หนึ่ง เช่น โรงสี ข้าว โรงงานผลิตน้ำตาลทราย โรงงานแปรงมันสำปะหลัง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา เป็นต้น ที่อยู่กระจัดกระจายตามพื้นที่เพาะปลูกหรือไม่มีการรวบรวม เช่น ยอด อ้อย ใบอ้อย ฟางข้าว และเศษไม้ปลายไม้จากสวนป่ายางพารา เป็นต้น ส่วนการนำมวลชีวภาพที่อยู่กระจัดกระจายมาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตเชื้อเพลิงจะมีข้อเสียเปรียบคือ เสียค่าใช้จ่ายในการรวบรวมเพิ่มขึ้น

2.1.2.2 ขนาดของมวลชีวภาพ

ขนาดของมวลชีวภาพเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ต้องพิจารณาในการนำมาใช้ ถ้ามวลชีวภาพมีขนาดใหญ่ เช่น เศษไม้หรือปลายไม้จากสวนป่ายางพารา ปีกไม้ที่ได้จากโรงเลื่อยไม้ยางพาราเป็นต้น ซึ่งจะมีขนาดใหญ่เกินไปจึงไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้โดยตรง เพราะประสิทธิภาพการเผาไหม้จะต่ำ ดังนั้น ควรจะนำมาย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ จะทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้นแต่ก็มีค่าใช้จ่ายในการย่อย เพิ่มขึ้นเช่นกัน

2.1.2.3 ความชื้นของมวลชีวภาพ

ความชื้นของมวลชีวภาพเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง เพื่อให้ความร้อนหรือใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเหลว เนื่องจากมวลชีวภาพที่มีความชื้นสูงจะมีปริมาณน้ำเป็นส่วนประกอบในมวลชีวภาพมาก ทำให้มีปริมาณเนื้อของมวลชีวภาพน้อยลง และต้องสูญเสียพลังงานในการระเหยน้ำที่อยู่ในมวลชีวภาพ ดังนั้นค่าความร้อนที่ได้จึงมีค่าน้อยกว่า มวลชีวภาพแห้งหรือมวลชีวภาพที่มีความชื้นต่ำ เช่น การนำชานอ้อย ที่มีความชื้น ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือลำต้น ยอด ใบ และชังข้าวโพด ที่มีความชื้น ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ มาใช้เป็น วัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจะให้ผลผลิตเชื้อเพลิงเหลวต่ำกว่าการใช้ชานอ้อยแห้ง หรือ ลำต้น ยอด ใบ และชังข้าวโพดแห้ง

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในมวลชีวภาพสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.1) และ (2.2)

- ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet Basis)

$$M_w = ((w - d) / w) \times 100 \quad (2.1)$$

- ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry Basis)

$$M_d = ((w - d) / d) \times 100 \quad (2.2)$$

เมื่อ M_w = ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก

M_d = ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง

w = น้ำหนักรวมความชื้น (กิโลกรัม)

d = น้ำหนักที่ไม่มีความชื้น (กิโลกรัม)

2.1.2.4 สิ่งเจือปนที่มากับมวลชีวภาพ

มวลชีวภาพที่มาจากแหล่งต่างมีสิ่งเจือปนในมวลชีวภาพมีหลายอย่างเช่น เศษดิน หิน กรวดทราย และคราบน้ำมันปาล์ม เป็นต้น ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของมวลชีวภาพนั้นๆ สิ่งเจือปนที่ต้องระมัดระวัง เช่น สารอัลคาไลน์ในทะลายปาล์ม เพราะเมื่อถูกความร้อนที่อุณหภูมิระดับหนึ่งจะกลายเป็นยางเหนียวเกาะติดท่อน้ำในห้องเผาไหม้ ทำให้ประสิทธิภาพลดลง ดังนั้นในการออกแบบห้องเผาไหม้ต้องพิจารณาจุดนี้เป็นพิเศษ

2.1.2.5 ปริมาณขี้เถ้าของมวลชีวภาพ

ปริมาณขี้เถ้าที่เกิดขึ้นหลังจากการเผาไหม้มวลชีวภาพ ขึ้นอยู่กับชนิดของมวลชีวภาพเพราะมวลชีวภาพแต่ละชนิดมีปริมาณขี้เถ้าที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน ซึ่งปริมาณขี้เถ้าของมวลชีวภาพมีผลต่อการเผาไหม้เช่น แกลบจะมีปริมาณขี้เถ้า 16 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังนั้นการออกแบบห้องเผาไหม้จะต้องพิจารณาถึงการรวบรวมขี้เถ้าออกจากห้องเผาไหม้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.3 พื้นที่เพาะปลูกและปริมาณมวลชีวภาพของประเทศไทย

2.1.3.1 อ้อย

อ้อยมีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย และแพร่กระจายจากเอเชียไปยังหมู่เกาะเมลานีเซีย ตะวันออกกลาง และแอฟริกาเหนือ โดยผ่านกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ กระบวนการผสมข้ามกระบวนการผสมข้ามกับพืชอื่น และการเพิ่มจำนวนชุดของโครโมโซม อ้อยเป็นพืชในสกุล *Saccharum* ซึ่งพืชในสกุลนี้มีอยู่ด้วยกัน 6 Species คือ

1. *Saccharum Spontaneum*
2. *Saccharum Robustum*
3. *Saccharum Sinense*
4. *Saccharum Barberi* Jesw
5. *Saccharum Edule*
6. *Saccharum Officinarum* L

อ้อยมีหลักฐานทางโบราณคดีระบุว่าการเพาะปลูกอ้อยในประเทศไทยมานานนับเป็นพันปีมาแล้ว ส่วนการทำน้ำตาลจากอ้อยนั้น ตามหลักฐานปรากฏว่ามีชาวจีนนำวิธีการทำน้ำตาลมาเผยแพร่ในสมัยกรุงสุโขทัยเป็นราชธานีในราว พ.ศ. 1920 ซึ่งเป็นการทำน้ำตาลทรายแดงเพื่อใช้บริโภคเท่านั้น จนกระทั่งมาถึงในรัชกาลที่ 3 และที่ 4 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ จึงได้มีการผลิตน้ำตาลทรายแดงเป็นอุตสาหกรรม และสามารถส่งออกไปขายยังต่างประเทศเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2365 จำนวน 5,000 ตันและเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ต่อมาในปี พ.ศ. 2478 ได้มีการสร้างโรงงานอุตสาหกรรมทำน้ำตาลทรายขาวที่อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง ได้เป็นผลสำเร็จโดยเปิดหีบอ้อยในปี พ.ศ. 2481 เป็นครั้งแรก หลังจากนั้นจึงได้มีโรงงานทั้งของภาครัฐบาลและเอกชนเกิดขึ้นมาเรื่อยๆ ในแหล่งที่มีการปลูกอ้อย จนกระทั่งปัจจุบันนี้ประเทศไทยมีโรงงานผลิตน้ำตาลทรายดิบและน้ำตาลทรายขาวมากกว่า 40 โรงงาน มีกำลังผลิตมากกว่า 1 ล้านตัน จนปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตน้ำตาลออกสู่ตลาดโลกเป็นลำดับที่ 5 ของโลก อ้อยที่ปลูกจะถือว่าเป็นอ้อยไร่ (อ้อยเพื่ออุตสาหกรรม) เพื่อนำเข้าสู่การผลิตน้ำตาลซึ่งในขณะเดียวกันการผลิตน้ำตาลจะได้วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอล คือ กากน้ำตาล เนื่องจากนโยบายอ้อยและน้ำตาลยังไม่เอื้ออำนวยให้มีการใช้กากน้ำตาลเพื่อการผลิตเอทานอล ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลที่สำคัญ เพราะมีส่วนหนึ่งที่ต้องส่งออกกากน้ำตาล และการใช้ในประเทศเพื่อผลิตเอทานอลยังต้องกำหนดแนวโน้มและนโยบายที่ชัดเจน [6]

เมื่อพิจารณาพื้นที่เพาะปลูกอ้อยปี พ.ศ. 2552 พบว่า จังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดคือ จังหวัดกาญจนบุรี มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 606,165 ไร่ ลดลงจากปี พ.ศ. 2551 ประมาณ 20,831 ไร่ และจากการนำข้อมูลปริมาณผลผลิตอ้อยมาจำแนกตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย พบว่า ปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตอ้อยมาจากภาคกลางมากที่สุดประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ของประเทศหรือประมาณ 23,096,500 ตัน อันดับที่สองคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ของประเทศหรือประมาณ 22,881,552 ตัน ส่วนภาคใต้ไม่มีปริมาณผลผลิตอ้อยเพราะไม่มีการเพาะปลูก ดังแสดงในรูปที่ 2.1



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่..... - 1 ก.ย. 2555
เลขทะเบียน..... 248063
เลขเรียกหนังสือ.....

13

ผลผลิตรวม 66,816,446 ตัน



รูปที่ 2.1 ปริมาณผลผลิตอ้อยในภูมิภาคต่างๆของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552 [7]

เนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตในช่วงปี พ.ศ. 2550 – 2553 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เหตุเพราะราคาอ้อยปรับตัวสูงขึ้น ทำให้เกษตรกรชาวไร่อ้อยขยายเนื้อที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้น ส่วนผลผลิตต่อไร่ปี พ.ศ. 2553 ลดลงจากปี พ.ศ. 2552 เหลือ 11.09 ตัน ต่อไร่ เนื่องจากประสบภาวะภัยแล้ง แนวโน้มเนื้อที่เพาะปลูกอ้อยปี พ.ศ. 2554 คาดว่าจะมีเนื้อที่เพาะปลูก 6.58 ล้านไร่ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2553 ที่มีเนื้อที่ปลูก 6.31 ล้านไร่ เนื่องจากราคาอ้อยโรงงานในปี พ.ศ. 2553 อยู่ในเกณฑ์ดีและจูงใจให้มีการขยายเนื้อที่ปลูก โดยเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังบางส่วนหันมาปลูกอ้อยเพื่อแก้ปัญหาพืชไร่แย่ง สำหรับผลผลิตต่อไร่ของปี พ.ศ. 2553 คาดว่าจะลดลงจาก 10.91 ตัน เป็น 10.43 ตัน ในปี พ.ศ. 2554 เนื่องจากภาวะภัยแล้งช่วงต้นปี และคาดว่าผลผลิตรวมทั้งประเทศประมาณ 68.69 ล้านตัน จากการนำข้อมูลเนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของอ้อยในประเทศไทยปี พ.ศ. 2550 – 2554 มาเฉลี่ยหาศักยภาพของผลผลิต พบว่า มีปริมาณผลผลิตอ้อยเฉลี่ยประมาณ 68.438 ล้านตัน ดังแสดงในตารางที่ 2.3

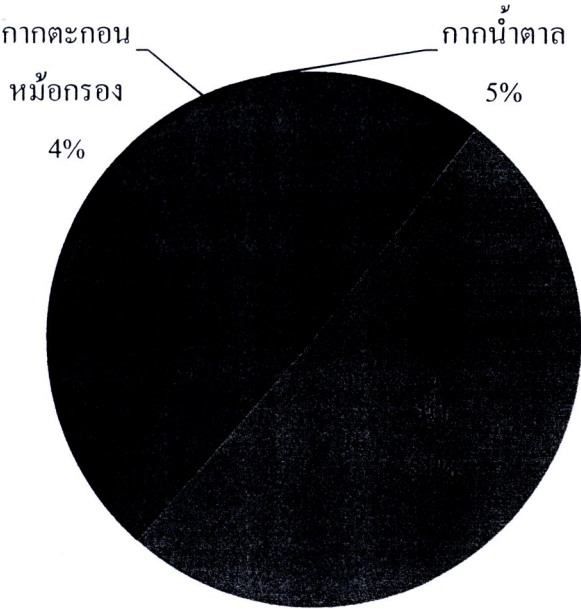
ตารางที่ 2.3 เนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของอ้อยปี พ.ศ. 2550 – 2554 [8]

รายการ	2550	2551	2552	2553*	2554**	เฉลี่ย
เนื้อที่เพาะปลูก (ล้านไร่)	6.31	6.59	6.02	6.31	6.58	6.362
ผลผลิต (ล้านตัน)	64.37	73.50	66.82	68.81	68.69	68.438
ผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่)	10.19	11.16	11.09	10.91	10.43	10.756

หมายเหตุ: *ข้อมูลถึงเดือนกันยายน 2553 **ประมาณการ ณ เดือนกันยายน 2553

เศษวัสดุเหลือใช้จากอ้อย

จากการศึกษาองค์ประกอบของต้นอ้อย 1 ต้น พบว่า ต้นอ้อย 1 ต้น มีน้ำเป็นส่วนประกอบมากที่สุด ประมาณ 51 เปอร์เซ็นต์ ชานอ้อย ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์ กากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ และมีกากตะกอนหม้อกรองน้อยที่สุด ประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ปริมาณร้อยละของผลผลิตที่ได้จากต้นอ้อย 1 ต้น [9]

- ชานอ้อย

ชานอ้อยเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาล ลักษณะทั่วไปคือ มีลักษณะเป็นขุยขนาดเล็กเป็นฝอยยาวประมาณ 10 - 20 เซนติเมตร ได้จากการผลิตน้ำตาลดิบ โดยนำอ้อยมาคั้นน้ำออกส่วนที่เป็นน้ำนำไปผลิตเป็นน้ำตาลดิบ ส่วนที่เหลือคือ ชานอ้อยสะสมในโรงงานน้ำตาล ซึ่งมีโรงงานน้ำตาลอยู่ประมาณ 46 โรงงาน การใช้งานส่วนใหญ่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตน้ำตาลดิบประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 20 เปอร์เซ็นต์ นำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตกระดาษและ MDF Board และยังมีชานอ้อยเหลืออีกส่วนหนึ่งที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ ชานอ้อยมีจุดด้อยคือ มีน้ำหนักเบาและมีความชื้นประมาณ 50 – 80 เปอร์เซ็นต์

- ใบอ้อยและยอดอ้อย

ใบอ้อยและยอดอ้อยเป็นวัสดุเศษเหลือจากการผลิตอ้อย ซึ่งจะถูกตัดออกจากลำต้นอ้อยก่อนส่งไปยังโรงงานผลิตน้ำตาลในช่วงเดือนธันวาคมถึงเมษายน ดังนั้นใบและยอดอ้อยจะกระจายไปทั่วไร่อ้อย แต่บางครั้งชาวไร่อ้อยจะใช้วิธีการเผาแทนการตัด ซึ่งจะทำให้ไม่มีใบอ้อยและยอดอ้อยหลงเหลืออยู่ในไร่อ้อย ปัจจุบันนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ จุดเด่นคือใบอ้อยและยอดอ้อยส่วนใหญ่จะถูกเผาทิ้งในไร่ยังไม่มีมีการนำไปใช้ประโยชน์ และจุดด้อยคือ ใบและยอดอ้อยจะมีเฉพาะเดือนธันวาคมถึงเมษายนของทุกปี และการรวบรวมเก็บค่อนข้างใช้แรงงานมากจำเป็นต้องหาเครื่องทุ่นแรงมาช่วย [10]

จากการศึกษาปริมาณยอด ใบ และชานอ้อยในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552 พบว่า ภาคกลางมีปริมาณยอด ใบ และชานอ้อย มากที่สุด เท่ากับ 4,711,686 และ 6,998,240 ตันต่อปี ตามลำดับ อันดับที่สองคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณยอด ใบ และชานอ้อย เท่ากับ 4,667,837 และ 6,933,110 ตันต่อปี ตามลำดับ และน้อยที่สุดคือ ภาคเหนือ มีปริมาณยอด ใบ และชานอ้อย เท่ากับ 4,251,032 และ 6,314,033 ตันต่อปี ตามลำดับ ส่วนภาคใต้ไม่มีการเพาะปลูกอ้อย รวมปริมาณยอด ใบ และชานอ้อย ทั้งประเทศ เท่ากับ 13,630,555 และ 20,245,383 ตันต่อปี ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่

2.4



ตารางที่ 2.4 ปริมาณยอด ใบ และชานอ้อยในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552 [7]

ภูมิภาค	อ้อยโรงงาน (ตันต่อปี)	
	ยอดและใบ	ชานอ้อย
ภาคเหนือ	4,251,032	6,314,033
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	4,667,837	6,933,110
ภาคกลาง	4,711,686	6,998,240
ภาคใต้	-	-
รวมทั้งประเทศ	13,630,555	20,245,383

- กากน้ำตาล

กากน้ำตาลเป็นของเหลวที่มีลักษณะข้นเหนียวสีน้ำตาลปนดำ เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อย กากน้ำตาลเกิดขึ้นจากการผลิตน้ำตาลไม่ว่าผู้ผลิตน้ำตาลต้องการจะได้กากน้ำตาลหรือไม่ก็ตาม แต่โดยทั่วไปผู้ผลิตน้ำตาลมุ่งผลิตเพื่อให้ได้น้ำตาลมากที่สุดมากกว่าการผลิตเพื่อให้ได้กากน้ำตาลมากที่สุด การผลิตน้ำตาลที่ได้กากน้ำตาลในปริมาณมากถือเป็นการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ เพราะกากน้ำตาลแท้จริงแล้วก็เป็นน้ำตาลที่ตกผลึกไม่สมบูรณ์ หากผลิตได้กากน้ำตาลมากก็จะได้น้ำตาลน้อยลง ความสัมพันธ์ระหว่างกากน้ำตาลและน้ำตาลจึงแปรผกผันกัน กรรมวิธีการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อยนั้น เริ่มจากการนำอ้อยเข้าหีบจนได้น้ำอ้อยและกรองเอากาก ออกจากน้ำอ้อยแล้วเติวน้ำอ้อยจนได้ผลึกของน้ำตาลทรายตกตะกอนออกมา จากนั้นแยกผลึกน้ำตาลทรายออกด้วยหม้อปั่น องค์ประกอบส่วนใหญ่ของกากน้ำตาลเป็นน้ำตาลซูโครสที่ไม่ตกผลึก ในการผลิตน้ำตาลทรายนั้นจะมีกากน้ำตาลซึ่งเป็นผลพลอยได้เกิดขึ้นประมาณ 4-6 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณอ้อยที่ใช้ในการผลิต [11] ปัจจุบันมีการนำกากน้ำตาลมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเอทานอลในประเทศไทย

กากน้ำตาลมีอยู่ 3 ชนิด ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิตน้ำตาลทรายดังนี้

- 1. Blackstrap Molasses คือกากน้ำตาลสุดท้ายที่ได้จากการผลิตน้ำตาลทรายขาว (White Sugar) จะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอยู่ประมาณร้อยละ 50-60
- 2. Refinery Molasses คือกากน้ำตาลที่ได้จากการผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (Refined Sugar) จะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดปนอยู่ประมาณร้อยละ 48

3. Invert or High-Test Molasses คือกากน้ำตาลที่ได้จากการกระทำบางส่วนของน้ำอ้อยแปรสภาพ (Invert Cane Juice) ให้เข้มข้นโดยกระบวนการระเหย ส่วนประกอบเป็นน้ำตาลอินเวอร์ทได้แก่ น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาล ฟรุคโตสเป็นส่วนใหญ่ [12]

จากการนำข้อมูลปริมาณกากน้ำตาลในประเทศไทย ปี 2550 – 2552 มาเฉลี่ย พบว่า มีปริมาณ กากน้ำตาลในประเทศไทยเฉลี่ยรวมทั้งหมดประมาณ 2,946,546 ตันต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ปริมาณกากน้ำตาลในประเทศไทย ปี 2550 – 2552 [7], [13] และ [14]

ภูมิภาค	ปี 2550 (ตันต่อปี)	ปี 2551 (ตันต่อปี)	ปี 2552 (ตันต่อปี)	เฉลี่ย (ตันต่อปี)
ภาคเหนือ	857,181	769,872	814,548	813,867
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1,132,963	936,805	1,015,275	1,028,348
ภาคกลาง	1,133,734	1,089,630	1,089,630	1,104,331
ภาคใต้	-	-	-	-
รวมทั้งประเทศ	3,123,878	2,796,307	2,919,453	2,946,546

2.1.3.2 มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีแหล่งกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ โดยคนพื้นเมืองใช้เป็นพืชอาหารมายาวนานกว่า 5,000 ปี ต่อมาในช่วงศตวรรษที่ 17 ได้แพร่กระจายไปสู่ประเทศอาณานิคมต่างๆ ของชาวโปรตุเกส จนกระทั่งชาวสเปนนำเข้ามาปลูกในประเทศศรีลังกาและแพร่กระจายในเขตทวีปเอเชีย ประเทศไทยได้มีการผลักดันให้มีการศึกษาจริงจดังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2480 โดยนำเอามันสำปะหลังจากมาเลเซียมาทดลองที่สถานีเกษตรกรรมคลองหอยโข่ง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ต่อมาได้มีการทดลองนำพันธุ์จากอินโดนีเซีย มาศึกษาทดลองที่สถานีเกษตรกรรมบางเขนใน ปี พ.ศ. 2505 หลังจากนั้นได้มีการพัฒนา ศึกษาและทดลองพันธุ์มันสำปะหลังมาจนถึงปัจจุบัน ประเทศไทยอยู่ในกลุ่มประเทศผู้ผลิตมันสำปะหลังรายใหญ่ของโลกซึ่งรองจากไนจีเรีย คองโก และบราซิล มีการเพาะปลูกในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ยกเว้นภาคใต้ มันสำปะหลังมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ Manihot Esculenta Crantz เป็นพืชที่มีการเพาะปลูกมากเป็นอันดับ 3 ของประเทศไทย มันสำปะหลังมีชื่อสามัญหลายชื่อด้วยกันตามภาษา และท้องถิ่น

ต่างๆ เรียกกันทั่วไปเป็นภาษาอังกฤษ ว่า แคสซาวา (Cassava) ในประเทศบราซิล ปารากวัย และ อาร์เจนตินา เรียกว่า แมนดิโอคา (Mandioca) ส่วนในประเทศแถบละตินอเมริกาส่วนใหญ่ที่ใช้ภาษา สเปน เรียกว่า ยูคา (Yuca) สำหรับคนไทย เดิมทีเรียกมันสำปะหลังว่า มันสำโรง มันไม้ ทางภาค ตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า มันคันเคี้ย ทางภาคใต้เรียกว่า มันเทศ ปัจจุบันคนไทยส่วนใหญ่เรียกว่า มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่ง ใช้เวลาในการให้ผลผลิต 8-13 เดือน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่ปลูก ปัจจุบันปลูกมากในภาคอีสานตอนใต้และภาคตะวันออก มันสำปะหลังแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ 1. ชนิดขม ไม่เหมาะสำหรับการบริโภคโดยตรง เนื่องจากมีกรดไฮโดรยานิกสูงซึ่งเป็นพิษต่อร่างกายต้องนำไปแปรรูปเป็นมันอัดเม็ด มันเส้นเพื่อเลี้ยงสัตว์ และแปรงมันเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร มันสำปะหลังชนิดนี้นิยมปลูกมากในประเทศไทย 2. ชนิดหวาน ส่วนใหญ่ปลูกไว้รอบๆ บ้านเพื่อนชกาบริโภค นำนานึ่ง ทอด หรือทำเป็นมันสำปะหลังเชื่อม ไม่ได้ปลูกเพื่อการค้า จึงมีสัดส่วนการปลูก น้อยเมื่อเทียบกับชนิดขม

เมื่อพิจารณาพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังปี พ.ศ. 2552 พบว่า จังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดคือ จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 1,983,725 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2551 ประมาณ 5,271 ไร่ จากการนำข้อมูลปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังมาจำแนกตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย พบว่า ปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังมาจากภาค ตะวันออกเฉียงเหนือมากที่สุดประมาณ 52 เปอร์เซ็นต์ของประเทศหรือประมาณ 15,570,655 ตัน อันดับที่สองคือภาคกลางประมาณ 31 เปอร์เซ็นต์ของประเทศหรือประมาณ 9,230,391 ตัน ส่วน ภาคใต้ไม่มีปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังเพราะไม่มีการเพาะปลูก ดังแสดงในรูปที่ 2.3



ผลผลิตรวม 30,088,025 ตัน

รูปที่ 2.3 ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552 [7]

ในช่วงปี พ.ศ. 2550 – 2553 เนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นเนื่องจากราคาสูงใจให้เกษตรกรขยายเนื้อที่เพาะปลูก โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2550 ราคาธัญพืชในตลาดต่างประเทศปรับตัวสูงขึ้นเนื่องจากกระแสความต้องการพลังงานทดแทนทำให้ราคามันสำปะหลังมีราคาเพิ่มขึ้นด้วย ประกอบกับมีการใช้มันสำปะหลังพันธุ์ดีกระจายไปทั่วเนื้อที่เพาะปลูก แต่ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2552 ถึงปี พ.ศ. 2553 เกิดปัญหาภัยแล้งและเพลี้ยแป้งระบาดทำให้ปริมาณผลผลิตต่อไร่มีการขยายตัวลดลง ในปี พ.ศ. 2553 เนื้อที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังมีประมาณ 7.30 ล้านไร่ ผลผลิต 22.01 ล้านตัน และผลผลิตต่อไร่ 3.01 ตัน เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2552 ที่มีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 8.29 ล้านไร่ ผลผลิต 30.09 ล้านตัน และผลผลิตต่อไร่ 3.63 ตัน พบว่ามีปริมาณลดลงร้อยละ 11.94, 26.85 และ 17.08 ตามลำดับ เนื่องจากการระบาดของเพลี้ยแป้งในแปลงเพาะปลูกมันสำปะหลังอายุน้อย แนวโน้มผลผลิตมันสำปะหลังปี พ.ศ. 2554 คาดว่าจะมีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 6.90 ล้านไร่ ผลผลิต 21.06 ล้านตัน และผลผลิตต่อไร่ 3.05 ล้านตัน โดยมีปริมาณลดลงจากปี พ.ศ. 2553 คิดเป็นร้อยละ 1.84 และร้อยละ 4.32 ตามลำดับ ส่วนผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.33 จากการนำข้อมูลเนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลังในประเทศไทยปี พ.ศ. 2550 – 2554 มาเฉลี่ยหาศักยภาพของผลผลิตเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลที่สามารถผลิตได้พบว่า มีปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ยประมาณ 25.048 ล้านตัน ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลังในประเทศไทย
ปี พ.ศ. 2550 – 2554 [8]

รายการ	2550	2551	2552	2553*	2554**	เฉลี่ย
เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ล้านไร่)	7.34	7.40	8.29	7.30	6.90	7.446
ผลผลิต (ล้านตัน)	26.92	25.16	30.09	22.01	21.06	25.048
ผลผลิตต่อไร่ (ตัน)	3.67	3.40	3.63	3.01	3.05	3.352

หมายเหตุ: *ข้อมูลถึงเดือนกันยายน 2553 **ประมาณการ ณ เดือนกันยายน 2553

เศษวัสดุเหลือใช้จากมันสำปะหลัง

- เปลือกมัน
เปลือกมันสำปะหลังเป็นวัสดุเหลือใช้จากการผลิตแป้งมันมี 2 ส่วน คือ เปลือกดิบและเปลือกล้าง มีความชื้นค่อนข้างสูง นำมาใช้ผสมดินปลูกต้นไม้เป็นหลัก
- กากมัน
กากมันสำปะหลัง ลักษณะทั่วไปคือ เปลือกมีลักษณะเป็นขุยสีน้ำตาล กากมันมีลักษณะละเอียดสีขาว ความชื้นสูงประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ แหล่งที่มาเป็นเศษที่เหลือจากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง มักนำไปใช้ผสมอาหารสัตว์ในมันเส้นและทำปุ๋ย จุดเด่นคือ ยังมีส่วนที่ยังขายไม่ได้ทางโรงงานต้องนำไปฝังกลบ และจุดด้อยคือ มีความชื้นสูงจึงต้องผ่านกระบวนการลดความชื้น ถ้าต้องการนำไปเป็นเชื้อเพลิง
- เศษเหง้ามันและลำต้น
ต้นมันสำปะหลังเป็นส่วนที่ได้จากการเก็บผลผลิตของมันสำปะหลัง ต้นมันสำปะหลังเป็นส่วนที่อยู่ส่วนบนของหัวมัน กล่าวคือเป็นส่วนของลำต้นที่อยู่เหนือโคน ปกติส่วนของต้นมันสำปะหลังนี้จะ เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ลักษณะทั่วไปคือ เป็นส่วนที่ถูกตัดออกจากหัวมัน ด้านบนประกอบด้วย ลำต้น ใบ และส่วนที่เป็นกิ่งก้าน ต้นมันสำปะหลังมีอยู่ตามไร่มันสำปะหลัง ปัจจุบันยังไม่ค่อยนำมาใช้งาน จึงมักถูกเผาทิ้งตามไร่ ปริมาณการผลิตสามารถติดตามได้จากพื้นที่เพาะปลูกผลผลิต และผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย ซึ่งมีการประเมินว่าเหง้าและลำต้นมันสำปะหลังถูกทิ้งปีละ 3.4 ล้านตัน ส่วนเหง้ามันมีลักษณะทั่วไปคือ เป็นส่วนที่ถูกตัดออกจากหัวมัน ด้านบนมีลักษณะเป็นลำต้น

ค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 15 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ส่วนอีกด้านหนึ่งมีรูปร่างไม่แน่นอนมักถูกทิ้งไว้ที่ไร่นาสำปะหลัง ปัจจุบันยังไม่ค่อยนำไปใช้ประโยชน์ จึงมักถูกเผาทิ้งตามไร่ แต่जूด้อยก็มีความชื้นโดยเฉลี่ย 40 เปอร์เซ็นต์ และมีขนาดรูปทรงไม่แน่นอน จึงต้องผ่านกระบวนการที่ทำให้มีขนาดเล็กลง ก่อนนำไปเป็นเชื้อเพลิง [10]

2.1.3.3 ข้าวโพด

ข้าวโพดนิยมปลูกแพร่หลายในแถบอเมริกา แคนาดา สามารถปลูกได้ในสภาพที่ภูมิอากาศแตกต่างกันมาก ๆ เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์ เพราะสามารถนำมาเลี้ยงสัตว์ได้ทั้งต้น ใบ และเมล็ด สำหรับประเทศไทย คนไทยรู้จักนำข้าวโพดมาเลี้ยงสัตว์ตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่ 1 โดย หม่อมเจ้าสิทธิพร กฤดากร ได้นำข้าวโพดพันธุ์ที่ใช้เลี้ยงสัตว์มาปลูกและทดลองใช้เลี้ยงสัตว์ ซึ่งในขณะนั้นเป็นที่ยังเป็นที่รู้จักกันน้อย จนกระทั่งหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 การใช้ข้าวโพดเริ่มแพร่หลายขึ้น เนื่องจากหลวงสุวรรณ เรศานนท์ ได้นำการเลี้ยงไก่แบบการค้ามาเริ่มสาธิต และกระตุ้นให้ประชาชนปฏิบัติตามผู้เลี้ยงไก่จึงรู้จักใช้ข้าวโพดมากขึ้นกว่าเดิม แต่เนื่องจากกระษัตริย์นั้นข้าวโพดมีราคาสูงและหายาก การใช้ข้าวโพดจึงใช้เป็นเพียงส่วนประกอบของอาหารหลักซึ่งมีรำและปลายข้าวเป็นส่วนใหญ่ ข้าวโพดเป็นพืชจำพวกหญ้ามีลำต้นตั้งตรงแข็งแรง เนื้อภายในพามคล้ายฟองน้ำสูงประมาณ 1.4 เมตร ใบ จะเป็นเส้นตรงปลายแหลม ยาวประมาณ 30-100 ซม. เส้นกลางของใบจะเห็นได้ชัด ตรงขอบใบมีขนอ่อนๆ ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในต้นเดียวกัน ช่อดอกตัวผู้อยู่ส่วนยอดของลำต้น ช่อดอกตัวเมียอยู่ต่ำลงมาอยู่ระหว่างกาบของใบ และลำต้นฝักเกิดจากดอกตัวเมียที่เจริญเติบโตแล้ว ฝักอ่อนจะมีสีเขียวพอฝักเริ่มแก่จะเป็นสีนวล

ข้าวโพดโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

1. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หรือข้าวโพดไร่ (Field Corn) ที่รู้จักในปัจจุบันเช่นข้าวโพดหัวนุ้ม (Dent Coorn) และข้าวโพดหัวแข็ง (Fint Corn) ซึ่งเป็นการเรียกตามลักษณะเมล็ดข้าวโพดหัวนุ้มหรือหัวนุบ ข้าวโพดชนิดนี้เมื่อเมล็ดแห้งแล้วตรงส่วนหัวบนสุดจะมีรอยนุ้มลงไป ซึ่งเป็นส่วนของแป้งสีขาว ข้าวโพดชนิดนี้สำคัญมากและนิยมปลูกกันมากใน ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเฉพาะทางแถบคอร์เนเบลท์ สีของเมล็ดมีตั้งแต่ขาวไปจนถึงเหลือง เนื่องจากมีหลายสายพันธุ์มีโปรตีนน้อยกว่าพวกข้าวโพดหัวแข็ง ข้าวโพดหัวแข็ง ข้าวโพดพันธุ์นี้ส่วนบนสุดของเมล็ดมักมีสีเหลืองจัดและเมื่อแห้งจะแข็งมาก ภายในเมล็ดมีสารที่ทำให้ข้าวโพดมีสีเหลืองจัดเป็นสารให้สีที่ชื่อ คริปโตแซนทีน (Cruptoxanthin) สารนี้เมื่อสัตว์ได้รับร่างกายสัตว์จะเปลี่ยนสารนี้ให้เป็นวิตามินเอ นอกจากนี้สารนี้ยังช่วยให้ไข่แดงมี

สีแดงเข้ม ช่วยให้ไก่มีผิวหนัง ปาก เนื้อ และแข้งมีสีเหลืองเข้มขึ้น เป็นที่นิยมของตลาดโดยเฉพาะแถบอเมริกาส่วนอังกฤษนั้นนิยมใช้ข้าวโพดขาว

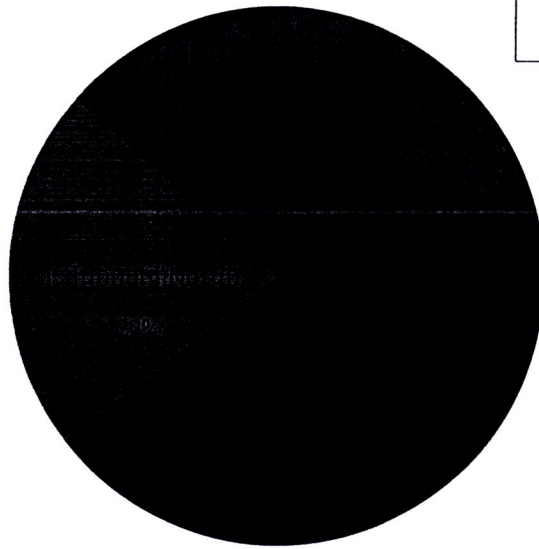
2. ข้าวโพดหวาน (Sweet Corn) เป็นข้าวโพดที่คนใช้รับประทาน ไม่มีการแปรรูป เมล็ดมักจะใสและเหนียวเมื่อแก่เต็มที่ เพราะมีน้ำตาลมาก ก่อนที่จะสุกจะมีรสหวานมากกว่าชนิดอื่น ๆ จึงเรียกข้าวโพดหวาน มีหลายสายพันธุ์

3. ข้าวโพดคั่ว (Pop Corn) เป็นข้าวโพดที่คนใช้รับประทาน ไม่มีการแปรรูป เมล็ดค่อนข้างแข็ง สีดี และขนาดแตกต่างกัน สำหรับต่างประเทศ ถ้าเมล็ดมีลักษณะแหลมเรียกว่า ข้าวโพดข้าว (Rice Corn) ถ้าเมล็ดกลม เรียกว่า ข้าวโพดไข่มุก (Pearl Corn)

4. ข้าวโพดแป้ง (Flour Corn) เมล็ดมีสีหลายชนิด เช่น ขาว (ขุ่น ๆ หรือปนเหลืองนิด ๆ) หรือสีน้ำเงินคล้ำ หรือมีทั้งสีขาวและสีน้ำเงินคล้ำในฝักเดียวกัน เนื่องจากกลายพันธุ์ พวกที่มีเมล็ดสีคล้ำและพวกกลายพันธุ์เรียกว่าข้าวโพดอินเดียนแดง (Squaw Corn) หรือเรียกได้อีกชื่อว่าข้าวโพดพันธุ์พื้นเมือง (Native Corn) พวกข้าวโพดสีคล้ำนี้จะมีในอาซิน สูงกว่าข้าวโพดที่มีแป้งสีขาว

5. ข้าวโพดเทียน (Waxy Corn) เป็นข้าวโพดที่คนใช้รับประทาน จะมีแป้งที่มีลักษณะเฉพาะคือ นุ่มเหนียว เพราะในเนื้อแป้งจะประกอบด้วยแป้งพวกแอมมิโลเปกติน (Amylopectin) ส่วนข้าวโพดอื่น ๆ มีแป้งแอมมิโลส (Amylose) ประกอบอยู่ด้วย จึงทำให้แป้งค่อนข้างแข็ง

เมื่อพิจารณาพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปี พ.ศ. 2552 พบว่า จังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดคือ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 1,011,406 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2551 ประมาณ 34,043 ไร่ และจากการนำข้อมูลปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาจำแนกตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย พบว่า ปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาจากภาคเหนือมากที่สุดประมาณ 64 เปอร์เซ็นต์ของประเทศหรือประมาณ 2,982,247 ตัน อันดับที่สองคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ของประเทศหรือประมาณ 1,005,129 ตัน ส่วนภาคใต้ไม่มีปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพราะไม่มีการเพาะปลูก ดังแสดงในรูปที่ 2.4



ผลผลิตรวม 4,616,119 ตัน

รูปที่ 2.4 ปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552 [7]

ในช่วงปี พ.ศ. 2550 – 2553 เนื้อที่เพาะปลูกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากราคาสูงใจทำให้เกษตรกรขยายการเพาะปลูก และบางเนื้อที่มีการปลูกทดแทนมันสำปะหลังที่เกิดเพลี้ยแป้งระบาด ผลผลิตต่อไร่ในปี พ.ศ. 2553 เพิ่มขึ้นจาก 612 กิโลกรัม ในปี พ.ศ. 2550 เป็น 650 กิโลกรัม ส่งผลให้ในปี พ.ศ. 2553 ผลผลิตรวมเพิ่มขึ้นจาก 4.25 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2550 เป็น 4.62 ล้านตัน เนื้อที่เพาะปลูกในปี พ.ศ. 2553 เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2552 เป็น 7.1 ล้านไร่ ส่งผลให้ผลผลิตรวมเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2552 ร้อยละ 8.71 เนื่องจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้รับน้ำฝนเพียงพอต่อการเจริญเติบโต แนวโน้มเนื้อที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปี พ.ศ. 2554 คาดว่ามี 7.11 ล้านไร่ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2553 ร้อยละ 0.14 เนื่องจากมันสำปะหลังเกิดปัญหาเพลี้ยแป้งระบาดได้รับความเสียหาย เกษตรกรจึงปรับเปลี่ยนมาปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทดแทนในเนื้อที่เดิมเพื่อตัดวงจรการระบาดของเพลี้ยแป้ง สำหรับผลผลิตต่อไร่ลดลงเหลือไร่ละ 631 กิโลกรัม ลดลงจากปี พ.ศ. 2553 ร้อยละ 2.92 เนื่องจากช่วงต้นฤดูปลูกเกิดภาวะแห้งแล้งและระหว่างเดือนสิงหาคม-ตุลาคม ปี พ.ศ. 2553 มีฝนตกหนัก น้ำท่วม ทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหาย ส่งผลให้ผลผลิตรวมลดลงเหลือ 4.49 ล้านตัน ลดลงจากปี พ.ศ. 2553 ร้อยละ 2.81 จากการนำข้อมูลเนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยปี พ.ศ. 2550 – 2554 มาเฉลี่ยหาศักยภาพของผลผลิต พบว่า มีปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ยประมาณ 4.234 ล้านตัน ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 เนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปี พ.ศ. 2550 – 2554 [8]

รายการ	2550	2551	2552	2553*	2554**	เฉลี่ย
เนื้อที่เพาะปลูก (ล้านไร่)	6.41	6.36	6.69	7.10	7.11	6.734
ผลผลิต (ล้านตัน)	3.92	3.89	4.25	4.62	4.49	4.234
ผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่)	612	611	635	650	631	627.8

หมายเหตุ: *ข้อมูลถึงเดือนกันยายน 2553 **ประมาณการ ณ เดือนกันยายน 2553

เศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพด

จากการศึกษาปริมาณผลผลิตที่ได้จากต้นข้าวโพด 1 ต้น พบว่า มีปริมาณเมล็ดข้าวโพดมากที่สุด ประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ ลำต้น ประมาณ 31 เปอร์เซ็นต์ ใบ ประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ ชัง ประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ และมียอดและเปลือกน้อยที่สุด ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ปริมาณร้อยละของผลผลิตที่ได้จากต้นข้าวโพด 1 ต้น [15]

- ช้างข้าวโพด

ช้างข้าวโพดได้จากการสีข้าวโพดเพื่อนำเมล็ดมาใช้งาน ส่วนใหญ่เป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การสีข้าวโพดจะใช้เครื่องจักรที่เคลื่อนที่ได้เคลื่อนไปตามไร่ข้าวโพด ช้างข้าวโพดมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น นำไปเป็นวัตถุดิบผลิตแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิง ผสมกับโมลาสเพื่อเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น จุดเด่นคือ ช้างข้าวโพดมีค่าความร้อนสูงเมื่อเทียบกับมวลชีวภาพชนิดอื่นๆ

- ลำต้นข้าวโพด

ลำต้นข้าวโพดเป็นส่วนที่ถูกตัดหลังจากการเก็บเกี่ยว ซึ่งบางครั้งทำให้ได้ทั้งส่วนที่เป็นลำต้นและช้างข้าวโพด ลำต้นข้าวโพดมีส่วนหนึ่งที่ไม่ได้นำไปใช้งาน ชาวไร่ข้าวโพดมักจะไถฝังกลบในไร่ ต้นข้าวโพดจะเก็บรวบรวมลำบากร เพราะต้องใช้แรงงานคนมาก ดังนั้นจึงไม่เป็นที่ต้องการ แต่ลำต้นบางส่วนก็สามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์และผลิตเชื้อเพลิงเหลวได้

จากการศึกษาปริมาณลำต้น ยอด ใบ และช้างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552 พบว่า ภาคเหนือมีปริมาณลำต้น ยอด ใบ และช้างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มากที่สุด เท่ากับ 2,660,164 และ 563,645 ตันต่อปี ตามลำดับ อันดับที่สองคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณลำต้น ยอด ใบ และช้างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เท่ากับ 896,575 และ 189,969 ตันต่อปี ตามลำดับ และน้อยที่สุดคือ ภาคกลาง มีปริมาณลำต้น ยอด ใบ และช้างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เท่ากับ 560,839 และ 118,832 ตันต่อปี ตามลำดับ ส่วนภาคใต้ไม่มีการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมปริมาณลำต้น ยอด ใบ และช้างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทั้งประเทศ เท่ากับ 4,117,578 และ 872,446 ตันต่อปี ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ปริมาณลำต้น ยอด ใบ และช้างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2552 [7]

ภูมิภาค	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ตันต่อปี)	
	ลำต้น ยอด และใบ	ช้างข้าวโพด
ภาคเหนือ	2,660,164	563,645
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	896,575	189,969
ภาคกลาง	560,839	118,832
ภาคใต้	-	-
รวมทั้งประเทศ	4,117,578	872,446

2.1.3.4 ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันชนิดที่ปลูกในประเทศไทยในปัจจุบันมีแหล่งกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยผ่านทางประเทศอินโดนีเซียและมาเลเซียเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2470 ที่สถานีทดลองยางคอหงส์ จังหวัดสงขลา และสถานีกสิกรรมพลู จังหวัดจันทบุรี ส่วนการปลูกเพื่อเป็นการค้าเริ่มต้นภายหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ที่จังหวัดสงขลา แต่ก็ได้ล้มเลิกกิจการไปจนกระทั่งในปี พ.ศ. 2511 ได้มีการส่งเสริมอีกครั้งหนึ่งจากนั้นพื้นที่เพาะปลูกได้ขยายตัวออกอย่างรวดเร็วในปี พ.ศ. 2530 มีเนื้อที่เพาะปลูกประมาณ 600,000 ไร่ จากนั้นพื้นที่เพาะปลูกได้ขยายตัวออกไปอีกทุกๆ ปี ปาล์มน้ำมันจะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีในสภาพอากาศที่ร้อนชื้นมีปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 2,000 มิลลิเมตรต่อปีขึ้นไป จึงปลูกมากในภาคใต้และชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทย

เศษวัสดุเหลือใช้จากปาล์มน้ำมัน

- ใบปาล์ม

ใบปาล์มเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากการผลิตน้ำมันปาล์ม มีลักษณะเป็นใบ ถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม

- กะลา

กะลาเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากการผลิตน้ำมันปาล์ม มีขนาดเล็กประมาณ 1-2 เซนติเมตร ความชื้นต่ำ และจุดเด่นของกะลาปาล์มคือ มีค่าความร้อนค่อนข้างสูงสุดในมวลชีวภาพด้วยกัน จึงเหมาะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง แต่ต้องระวังเศษน้ำมันที่ตกค้างอยู่

- ทะลายปาล์ม

ทะลายเปล่าเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากการผลิตน้ำมันปาล์ม มีลักษณะเป็นพุ่ม สมัยก่อนมักจะเผาทิ้ง แต่ปัจจุบันได้นำไปเพาะเห็ดแทนซึ่งเลื่อย ส่วนทะลายปาล์มเปล่ายังไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ แต่ถ้านำมาเผาจะได้ขี้เถ้าที่มีแร่ธาตุโพแทสเซียมสูงมาก และจุดด้อยคือ การนำทะลายปาล์มมาเป็นเชื้อเพลิงนั้นต้องผ่านกระบวนการย่อยหรือตัดก่อน เนื่องจากทะลายปาล์มเปล่ามีขนาดใหญ่ และมีสารประกอบคลอไรด์สูง อาจจะทำให้ท่อน้ำในหม้อน้ำสุกร่อนได้ง่าย

- ทางปาล์มหรือใบปาล์ม

ทางปาล์มหรือใบปาล์มเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยว มีความชื้นสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และมีขนาดใหญ่ ปัจจุบันยังไม่มีให้นำไปใช้ประโยชน์ แต่อาจจะใช้คลุมดินในสวนบ้าง

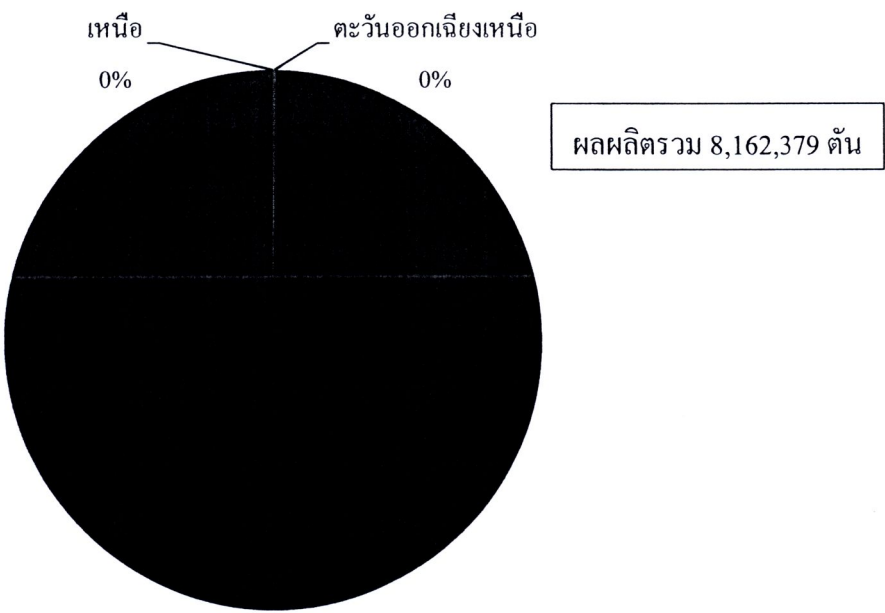
- ลำต้นปาล์ม

เมื่อต้นปาล์มมีอายุ 25 ปีขึ้นไป ลำต้นจะสูงทำให้ชาวสวนไม่สามารถมองเห็นว่าผลปาล์มสุกพร้อมที่จะเก็บเกี่ยว ดังนั้นชาวสวนจึงโค่นต้นปาล์มเพื่อปลูกใหม่ เนื้อภายในลำต้นปาล์มเป็นเส้นยาวค่อนข้างใหญ่ ซึ่งไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ ปล่อยให้ย่อยสลายในสวนปาล์ม

- กากปาล์ม

กากปาล์มเป็นผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม กากปาล์มที่พบในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ กากผลปาล์มซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการนำปาล์มทั้งผลมาสกัดน้ำมัน และกากเมล็ดปาล์มเป็นผลพลอยได้จากการนำเมล็ดปาล์มซึ่งแยกเอาส่วนของเปลือกนอกออกแล้วมาสกัดน้ำมัน กากผลปาล์มมีโปรตีนค่อนข้างต่ำประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเยื่อใยสูงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ กากเมล็ดปาล์มซึ่งมีส่วนประกอบของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มและส่วนที่เป็นกะลาปนกันมีโปรตีนประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใยประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ กากผลปาล์มมีเยื่อใยสูงมากไม่เหมาะที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการประกอบสูตรอาหารสุกรและสัตว์ปีก กากเมล็ดปาล์มมีเยื่อใยสูงเช่นกัน ทำให้ไม่สามารถใช้ได้ในระดับสูงในสูตรอาหารสัตว์ สูตรอาหารไก่สามารถใช้กากเมล็ดปาล์มได้ไม่เกินร้อยละ 20 ของสูตรอาหาร และในสูตรอาหารสุกรรุ่นและขุนสามารถใช้กากเมล็ดปาล์มได้ไม่เกินร้อยละ 30 ของสูตรอาหาร ไฟเบอร์นำมาเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบจึงมีเหลือไม่มาก

เมื่อพิจารณาพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันปี พ.ศ. 2552 พบว่า จังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดคือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 829,360 ไร่ ลดลงจากปี พ.ศ. 2551 ประมาณ 85,895 ไร่ และจากการนำข้อมูลปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันมาจำแนกตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย พบว่า ปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันมาจากภาคใต้มากที่สุดประมาณ 92 เปอร์เซ็นต์ของประเทศหรือประมาณ 7,464,883 ตัน อันดับที่สองคือภาคกลางประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของประเทศหรือประมาณ 678,869 ตัน ส่วนภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณผลผลิตน้ำมันต่ำลงเล็กน้อยมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันในภูมิภาคต่างๆของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552 [7]

ในช่วงปี พ.ศ. 2550 – 2553 เนื้อที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณเนื้อที่ให้ผล 3.64 ล้านไร่ ผลผลิต 9.03 ล้านตัน ผลผลิตต่อไร่ 2,483 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2552 พบว่าเนื้อที่ให้ผลและผลผลิตมีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.11 และร้อยละ 10.66 ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันนั้นมีการขยายตัวที่มีศักยภาพอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับราคาผลปาล์มในปีที่แล้วมีราคาที่สูงส่ง ส่งผลให้เกษตรกรมีการดูแลรักษาปาล์มน้ำมันดีขึ้น ส่วนผลผลิตต่อไร่มีปริมาณลดลงร้อยละ 3.01 เนื่องจากต้นปาล์มที่มีอายุมากและผลกระทบจากภัยแล้งในช่วงปลายปี พ.ศ. 2552 ต่อเนื่องถึงเดือนพฤษภาคม 2553 จึงส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่ลดลง แนวโน้มผลผลิตปาล์มน้ำมันปี พ.ศ. 2554 (คาดการณ์ ณ เดือนกันยายน 2553) คาดว่าจะมีปริมาณเนื้อที่ยืนต้นประมาณ 4.51 ล้านไร่ เป็นเนื้อที่ให้ผลประมาณ 3.84 ล้านไร่ ผลผลิต 10.86 ล้านตัน ผลผลิตต่อไร่ 2,827 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2553 คิดเป็นร้อยละ 7.38, 5.49, 20.27 และ 13.85 ตามลำดับ เนื่องจากการขยายตัวของพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันประกอบกับราคาผลปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกษตรกรมีการดูแลรักษาปาล์มน้ำมันดีขึ้น จากการนำข้อมูลเนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ของปาล์มน้ำมันในประเทศไทยปี พ.ศ. 2550 – 2554 มาเฉลี่ยหาศักยภาพของผลผลิตเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไบโอดีเซลที่สามารถผลิตได้พบว่า มีปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ยประมาณ 8.742 ล้านตัน ดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ของปาล์มน้ำมันในประเทศไทย
ปี พ.ศ. 2550 – 2554 [8]

รายการ	2550	2551	2552	2553*	2554**	เฉลี่ย
เนื้อที่ยืนต้น (ล้านไร่)	3.20	3.68	3.89	4.20	4.51	3.896
เนื้อที่ให้ผล (ล้านไร่)	2.66	2.88	3.19	3.64	3.84	3.242
ผลผลิต (ล้านตัน)	6.39	9.27	8.16	9.03	10.86	8.742
ผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่)	2,399	3,214	2,560	2,483	2,827	2,697

หมายเหตุ: *ข้อมูลถึงเดือนกันยายน 2553 **ประมาณการ ณ เดือนกันยายน 2553

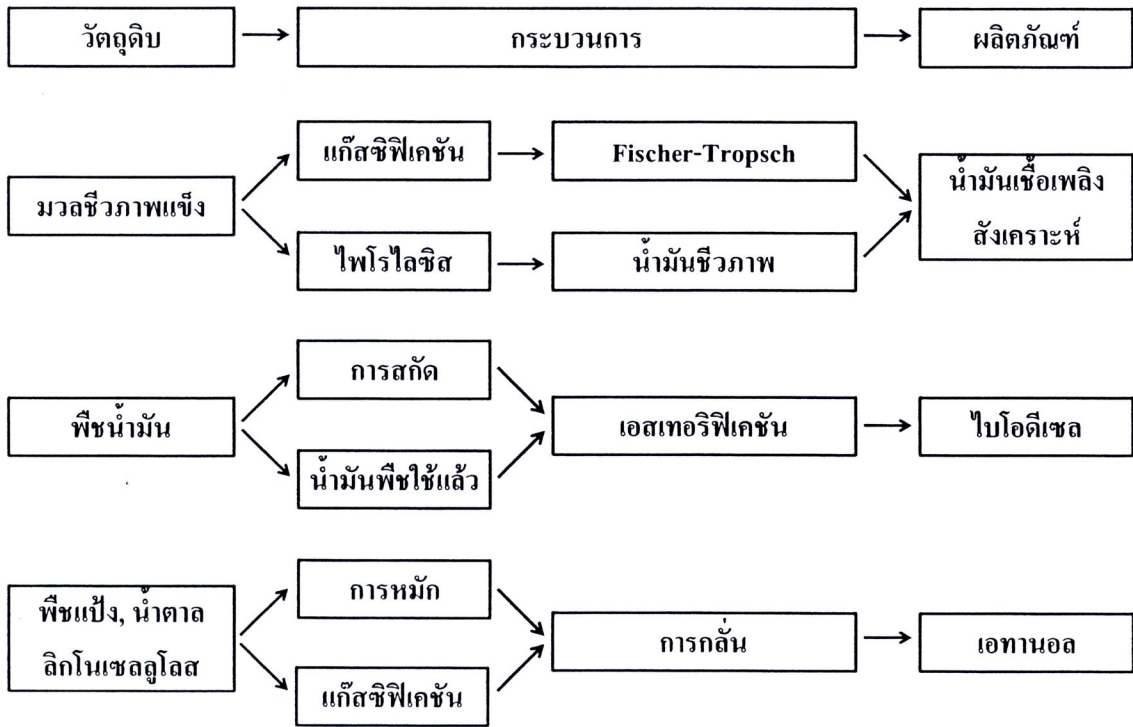


2.2 เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลว

การผลิตเชื้อเพลิงเหลวเป็นการนำมวลชีวภาพมาผ่านกระบวนการทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพ เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงเหลว ทั้งนี้กระบวนการต่างๆ ที่ใช้จะขึ้นอยู่กับประเภทมวลชีวภาพและผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพเท่านั้น

การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพแบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็น 3 กระบวนการ ดังนี้

- 1. กระบวนการผลิตเอทานอล
ขั้นตอนโดยสรุปคือ นำพืชประเภทแป้ง น้ำตาล และลิกโนเซลลูโลสจากพืชผลการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวฟ่างหวาน กากน้ำตาล และเศษลำต้นอ้อย มาผ่านกระบวนการหมัก (Fermentation) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเอทานอลที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 8-12 โดยปริมาตร โดยพืชประเภทแป้งและลิกโนเซลลูโลสต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลก่อน จากนั้นนำมาแยกเอทานอลออกโดยใช้กระบวนการกลั่นลำดับส่วน (Distillation) ทำให้ได้เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ 95 โดยปริมาตร และนำเอทานอลที่ความบริสุทธิ์ ร้อยละ 95 มาผ่านกรรมวิธีในการแยกน้ำโดยการ ใช้กระบวนการโมเลกูลาร์ซีฟ (Molecular Sieve Separation) ทำให้ได้เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 สามารถนำไปผสมกับน้ำมันเบนซินเป็นน้ำมันแกโซฮอล์เพื่อใช้ในเครื่องยนต์เบนซินได้



รูปที่ 2.7 กระบวนการแปลงสภาพมวลชีวภาพไปเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ [16]

2. กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล
- ขั้นตอนโดยสรุปคือ นำพืชประเภทน้ำมัน เช่น ปาล์ม สนุ่นดำ ละหุ่ง และถั่วเหลือง มาผ่านกระบวนการสกัด (Extraction) น้ำมันออกจากพืช จากนั้นนำน้ำมันที่ได้ไปผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นไบโอดีเซลสามารถนำไปผสมกับน้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลได้
3. กระบวนการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์
- สามารถจำแนกเส้นทางตามลักษณะกระบวนการผลิตได้ 2 เส้นทางคือ เส้นทางที่ใช้กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) และเส้นทางที่ใช้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification)
- กระบวนการไพโรไลซิส
- ขั้นตอนโดยสรุปคือ นำมวลชีวภาพมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงประมาณ 500-800 องศาเซลเซียสในสภาพไร้ออกซิเจน ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันดิบชีวภาพ (Bio-Oil) แก๊สเชื้อเพลิง (Producer-Gas) และถ่านชาร์ (Char-Coal) จากนั้นนำน้ำมันดิบชีวภาพที่ได้ไปกลั่นเพื่อปรับปรุงคุณภาพ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสังเคราะห์สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ได้
- กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน

ขั้นตอนโดยสรุปคือ นำมวลชีวภาพมาเผาไหม้แบบจำกัดปริมาณออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง ในช่วงประมาณ 800-1,800 องศาเซลเซียส ได้แก๊สสังเคราะห์ ($\text{CO} + \text{H}_2$) จากนั้นนำแก๊สสังเคราะห์ที่ได้ไปผ่านกระบวนการฟิชเชอร์โทรปช์ (Fischer-Tropsch) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ใช้สังเคราะห์ไฮโดรคาร์บอนสายยาว ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสังเคราะห์สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ได้

2.2.1 เอทานอล

เอทานอลเป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง ไม่มีสี ติดไฟได้ ซึ่งเกิดจากการหมักพืชเพื่อเปลี่ยนแป้งจากพืชเป็นน้ำตาล แล้วเปลี่ยนจากน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ มีสูตรทางเคมีคือ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ [17]

2.2.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอล

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอลด้วยวิธีการหมักมี 3 ประเภท คือน้ำตาล แป้ง และเซลลูโลส (Celluloses) โดยแต่ละประเภทจะต้องนำไปผ่านกระบวนการปรับปรุงตามชนิดของวัตถุดิบก่อนที่จะนำไปหมักเป็นเอทานอล

- วัตถุดิบประเภทแป้ง ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวต่างๆ ธัญพืช และมันฝรั่ง แป้งเป็นน้ำตาลโมเลกุลใหญ่หรือเรียกว่า พอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยน้ำตาลเชิงเดี่ยวมากกว่า 10 โมเลกุลขึ้นไป (100-1000 โมเลกุล) เรียงต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic Bond) อาจมีแขนงหรือไม่ก็ได้ กระบวนการนี้เรียกว่า พอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) สารที่ได้มีสมบัติเป็นของแข็งสีขาวเทา ไม่มีการละลายน้ำ ไม่มีรสหวาน ไม่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมี ตัวอย่างพอลิแซ็กคาไรด์ที่สำคัญ ได้แก่ แป้ง เดกซ์ทริน ไกลโคเจน และเซลลูโลส โดยทั้งหมดมีกลูโคสเป็นองค์ประกอบเหมือนกัน แต่มีโครงสร้างของสายยาวหรือการแตกแขนงแตกต่างกัน
- วัตถุดิบประเภทน้ำตาล ได้แก่ อ้อย กากน้ำตาล ข้าวฟ่างหวาน และบัติน้ำตาล สำหรับวัตถุดิบประเภทนี้ ยีสต์สามารถนำไปใช้ได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการใดๆ เพียงเตรียมปรับปรุงความเข้มข้น แล้วนำน้ำตาลไปหมัก ซึ่งน้ำตาลที่นำไปหมักได้ต้องเป็น ‘มอโนแซ็กคาไรด์’ ซึ่งเป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยว เป็นคาร์โบไฮเดรตขนาดเล็กที่สุด ประกอบด้วยคาร์บอน 3-7 อะตอม ไม่สามารถย่อยให้เล็กกว่านี้ได้อีก มอโนแซ็กคาไรด์ที่เรารู้จักกันดีคือ

พวกเฮกโซส ได้แก่ กลูโคส ฟรุคโทส กาเล็กโทส ซึ่งมีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่โครงสร้างการเรียงตัวของอะตอมในโมเลกุลต่างกัน เรียกว่า ไอโซเมอร์ (Isomer) กัน น้ำตาลทั้งสามชนิดนี้เป็นผลสุดท้ายของการย่อยคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่อื่นๆ ที่สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายไปใช้เป็นแหล่งพลังงานและเปลี่ยนแปลงเป็นสารจำเป็นอื่นๆ ได้

- วัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลส (Lignocelluloses) ส่วนมากวัตถุดิบกลุ่มนี้จะเป็นผลิตผลจากป่าไม้ การเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร เช่น ไม้ หญา ฟางข้าว ชานอ้อย ชังข้าวโพด และของเสียจากอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ซึ่งวัตถุดิบประเภทนี้มีส่วนประกอบสำคัญ 4 ชนิด คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และสารประกอบอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่มีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลักประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์

เทคโนโลยีการผลิตเอทานอลจากมวลชีวภาพมี 2 เทคโนโลยีหลักได้แก่

1. เทคโนโลยีการหมัก (Fermentation)
2. เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification)

2.2.1.2 เทคโนโลยีการหมัก

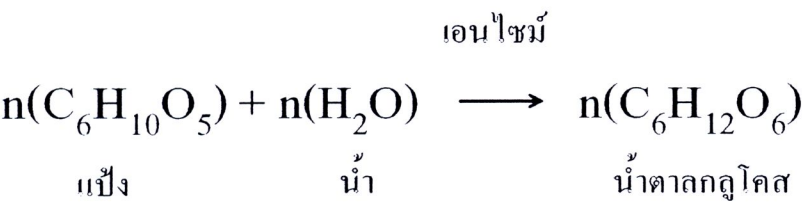
การหมักในทางชีวเคมี หมายถึง การสร้างพลังงานจากกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ โดยมีสารอินทรีย์เป็นทั้งตัวให้และตัวรับอิเล็กตรอน ส่วนการหมักในทางจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม หมายถึง กระบวนการผลิตผลผลิตใดๆ ก็ตามที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์จำนวนมาก ซึ่งจะครอบคลุมทั้งกระบวนการแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน ในขณะที่การหมักทางชีววิทยาเคมีจะหมายถึง เฉพาะกระบวนการแบบไม่ใช้ออกซิเจน การหมักเป็นวิธีที่ใช้ในการผลิตเอทานอลโดยวิธีการเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวให้เป็นเอทานอล ระยะเวลาในการหมักประมาณ 48 ชั่วโมง เพื่อให้ได้เอทานอลที่มีความเข้มข้น 8-12 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

2.2.1.2.1 การเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้ากระบวนการหมัก

- วัตถุดิบประเภทแป้ง ได้แก่ หัวมันสำปะหลังและเมล็ดข้าวโพด ต้องผ่านการ โม่บดให้เป็นผงแป้ง และผสมกับน้ำให้ขึ้น จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการย่อยแป้งโดยใช้เอนไซม์จากเชื้อจุลินทรีย์เพื่อให้ได้เป็นน้ำตาลกลูโคส ซึ่งมี 2 ขั้นตอน แบ่งตามสถานะการทำงานของเอนไซม์คือ

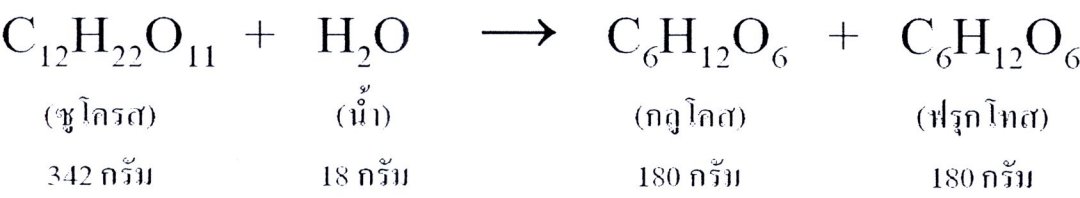
‘การย่อยครั้งแรก ขั้นตอนนี้จะใช้กรดหรือเอนไซม์กลุ่มแอลฟาอะไมเลส (Alpha-Amylase) ย่อยแป้งที่อุณหภูมิประมาณ 95-100 องศาเซลเซียส ให้ได้โมเลกุลขนาดเล็กลงและมีความ

หนักลดลง ของเหลวที่ได้จะมีค่าสมมูลเดกซ์โทรส (Dextrose Equivalent) อยู่ในช่วง 10-15 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า มอลโทเดกซ์ทริน (Maltodextrin) การย่อยครั้งสุดท้าย สารละลายน้ำตาลที่ได้จากการย่อยแป้งควรมีสมมูลเดกซ์โทรสสูง ยีสต์จึงจะทำงานได้ดี ขั้นตอนนี้จะใช้เอนไซม์กลูโคสไมเลส (Glucoamylase) เข้าไปย่อยทำให้ได้ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โดยเอนไซม์สามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการย่อยจะให้ความร้อนเพื่อหยุดกิจกรรมเอนไซม์และฆ่าเชื้อที่อาจปนเปื้อนก่อนที่จะเข้ากระบวนการหมัก ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล [2]

- วัตถุดิบประเภทน้ำตาล ได้แก่ อ้อยและกากน้ำตาล ต้องมีการหีบหรืออัดเพื่อแยกน้ำตาลออกมาก่อน ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครสที่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโทส เมื่อนำน้ำตาลซูโครสที่ได้มาทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) จะได้น้ำตาลกลูโคสและฟรุกโทสอย่างละ 1 โมเลกุล แล้วนำมาปรับปรุงอัตราส่วนหรือปรับความเข้มข้นให้พอเหมาะก่อนที่จะเข้ากระบวนการหมัก ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโทส [2]

- วัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลส ได้แก่ ชานอ้อย และลำต้น ยอด ใบ และซังข้าวโพด โดยลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulic) ประกอบด้วยเซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และลิกนิน (Lignin) โดยเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสต่อกันเป็นสายยาวและอยู่ในรูปผลึก มีลักษณะเป็นเส้นใยเหนียวและไม่ละลายน้ำ เฮมิเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลเพนโทส (Pentose) หลายชนิด เช่น ไซโลส (Xylose) แมนโนส (Mannose) และอะราบินโนส (Arabinose) เป็นต้น และลิกนินเป็นพอลิเมอร์ของฟีนิลโพรเพน (Phenylpropane) ซึ่งทนต่อการย่อยสลายอย่างมาก ดังนั้นจึงต้องทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เพื่อให้สายยาวพวกนี้สั้นลงจนกลายเป็นน้ำตาลอิสระก่อนที่จะนำไปหมักเป็นเอทานอล กระบวนการไฮโดรไลซิสเซลลูโลสมี 2 กระบวนการหลัก ได้แก่

1. การไฮโดรไลซิสด้วยกรด

การใช้กรดเจือจางภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง หรืออาจจะเพิ่มความเข้มข้นของกรดที่ใช้เพื่อลดอุณหภูมิและความดันของปฏิกิริยาลง เกิดการแตกผลึกของผสมของกรดและน้ำตาลอยู่ในรูปของน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ด้วยกรดจะต้องนำไปนิวเทรลไลซ์ (Neutralize) แต่จะมีผลต่อการหมักในภายหลังเนื่องจากมีความเป็นพิษสูงซึ่งจะรบกวนกระบวนการหมัก ขั้นตอนสุดท้ายแยกกระออกจากรน้ำตาลโดยวิธีโครมาโทกราฟี และสามารถนำกรดมาใช้ใหม่ได้อีก

2. การไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์

การใช้เอนไซม์ในการย่อยสายโมเลกุลของเซลลูโลสได้กลายเป็นน้ำตาลโดย Cellulase Enzyme ซึ่งโดยปกติแล้วปฏิกิริยานี้เกิดภายในอุณหภูมิร่างกายในท้องของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น วัว แกะ เอนไซม์นี้สร้างมาจากแบคทีเรีย เมื่อนำเอาเอนไซม์นี้มาใช้จึงต้องจำลองสภาวะให้เหมือนกับที่อยู่ในท้องของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในการไฮโดรไลซ์ (Hydrolyze) นี้ต้องใช้เอนไซม์หลายชนิดและหลากหลายขั้นตอนภายใต้สภาวะที่ไม่รุนแรง อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส pH ประมาณ 5 โดยที่ไม่มีผลิตภัณฑ์ข้างเคียงในอนาคต การใช้เอนไซม์จึงเป็นวิธีการที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน เพราะมีราคาถูกและให้ปริมาณน้ำตาลสูงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการหมักเอทานอลด้วยยีสต์ในขั้นตอนต่อไป

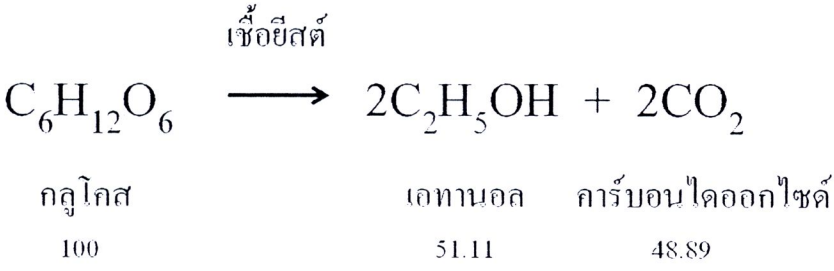
2.2.1.2.2 ลักษณะกระบวนการหมัก

การหมักสามารถแบ่งตามลักษณะกระบวนการที่ใช้ได้เป็น 3 แบบด้วยกันคือ

- การหมักแบบกะ เป็นการหมักแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch) ซึ่งทำในระบบปิดที่มีสารเชื้อหมักเริ่มต้นปริมาณจำกัด เมื่อจุลินทรีย์ที่ต้องการเพาะเลี้ยงลงไปในระบบแล้วจะไม่มีการเติมสารอาหารใดๆเพิ่มลงไปในระบบอีก
- การหมักแบบเติมเป็นช่วงๆ เป็นการหมักที่มีการเติมสารอาหารบางอย่างลงไปในเชื้อหมักที่ใช้เพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เป็นระยะๆ เพื่อให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตและใช้สารอาหารได้อย่างเต็มที่ โดยไม่ต้องถ่ายอาหารเก่าออก การหมักแบบนี้ส่วนใหญ่ใช้เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับข้อจำกัดเรื่องความเข้มข้นของสารอาหารเริ่มต้น ซึ่งถ้าใช้มากไปอาจจะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ หรืออาจจะทำให้เกิดปัญหาในการให้ออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอได้ยาก
- การหมักแบบต่อเนื่อง เป็นการหมักแบบต่อเนื่องโดยมีการเติมอาหารใหม่และถ่ายอาหารเก่าออกจากระบบในอัตราเดียวกันตลอดเวลา ทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีข้อจำกัดในเรื่องอาหาร

2.2.1.2.3 ปฏิบัติการกระบวนการหมัก

การหมักเอทานอลส่วนมากใช้ ยีสต์ สายพันธุ์ *Saccharomyces Cerevisiae* ซึ่งสามารถผลิตเอทานอลได้สูงและสามารถทนสภาพแวดล้อมที่มีเอทานอลได้ดีกว่าสายพันธุ์อื่น การทำงานของยีสต์ในการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสเป็นเอทานอลเกิดขึ้นในระดับเซลล์และปลดปล่อยเอทานอลออกมาภายนอกเซลล์ ตามทฤษฎีเชื้อยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสเป็นเอทานอล 51.1 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เหลือเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 48.9 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.10 แต่ในทางปฏิบัติมีน้ำตาลเพียงประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่เปลี่ยนเป็นเอทานอล ส่วนที่เหลือยีสต์จะใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างสารอื่นเช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) กรดอะซิติก (CH₃COOH) และกลีเซอริน (C₃H₅OH)



รูปที่ 2.10 ปฏิบัติการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสเป็นเอทานอล [2]

การเกิดการเปลี่ยนแปลงจากน้ำตาลกลูโคสไปเป็นเอทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์นั้น เกิดจากการหายใจของยีสต์หรือเชื้อจุลินทรีย์ที่ใส่ในถังหมัก กระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นโดยไม่ใช้ออกซิเจน การหมักเริ่มต้นจากการใส่เชื้อจุลินทรีย์ลงในน้ำตาลกลูโคสที่ปรับสภาวะให้พอเหมาะแล้วจะเกิดปฏิกิริยาเรียกว่า กระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) เป็นกระบวนการสลายกลูโคสที่เกิดขึ้นต่อเนื่องหลายขั้นตอน ให้ได้เป็นกรดไพรูเวต (Pyruvate) โดยจะได้พลังงานในรูปแบบ ATP (Adenosine Triphosphate) ซึ่งเก็บพลังงานเคมีไว้ในกระบวนการ กระบวนการนี้เกิดขึ้นกับเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยเกิดขึ้นในส่วนของไซโตซอล (Cytosol) เป็นปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน คือ เกิดได้ไม่ว่าจะมีออกซิเจนหรือไม่ก็ตาม กรดไพรูเวตที่เกิดขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้ได้ทั้งในแบบปฏิกิริยาที่ใช้ ออกซิเจนโดยผ่านทางวัฏจักรเครปส์ (Krap's Cycle) และระบบถ่ายทอดอิเล็กตรอนหรือไม่ใช้ออกซิเจนโดยเปลี่ยนเป็นเอทานอลในกระบวนการหมักแอลกอฮอล์

2.2.1.3 เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน

เทคโนโลยีนี้จะเปลี่ยนรูปพลังงานจากมวลชีวภาพที่เป็นเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊ส โดยการให้ความร้อนผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ ออกซิเจนหรือไอน้ำ กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) จะมีความแตกต่างจากกระบวนการเผาไหม้ (Combustion) อย่างสิ้นเชิง โดยการเผาไหม้เป็นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างสมบูรณ์ในหนึ่งกระบวนการ แต่สำหรับกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) เป็นการเปลี่ยนรูปพลังงานเคมีภายในของคาร์บอนในมวลชีวภาพไปเป็นแก๊สที่สามารถเผาไหม้ได้ (Combustion Gas) กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันเป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปทางด้านเคมีความร้อน (Thermochemical Conversion Process) โดยอาศัยอากาศ ออกซิเจนหรือไอน้ำ ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 800 องศาเซลเซียส ซึ่งมวลชีวภาพจะต้องผ่านการบดและลดขนาดลงให้เหมาะสม รวมถึงการขจัดน้ำโดยการอบแห้งเพื่อให้สามารถเข้าสู่กระบวนการได้ จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) โดยทำให้เกิดปฏิกิริยา Partial Oxidation ภายใต้อุณหภูมิและความดัน โดยใช้ไอน้ำเพื่อผลิตแก๊สสังเคราะห์ (Synthetic Gas) แก๊สที่ได้จะต้องผ่านกระบวนการทำความสะอาดและปรับสภาพ โดยการขจัดเศษวัสดุออกและใช้ตะกอนในการกำจัดน้ำมันดิบชีวภาพ (Tar) ความชื้น CO_2 และอื่นๆ จนได้ Synthetic Gas ที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอล ส่วน By Product ที่เหลือจะถูกนำไปเผาเป็นพลังงานความร้อนต่อไป เช่น methanol, n-propanol, n-butanol และ n-pentanol เป็นต้น

การผลิตเอทานอลโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันมี 2 วิธี คือ 1. การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) และ 2. การใช้จุลินทรีย์ในการหมัก (Yeast Fermentation)

- แก๊สซฟิเคชันที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

เทคโนโลยีชนิดนี้จะทำการเปลี่ยนโครงสร้างทั้งหมดของลิกโนเซลลูโลส ให้อยู่ในรูปแก๊สสังเคราะห์ โดยไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาณลิกนินที่มีอยู่ในโครงสร้าง เทคโนโลยีนี้จึงมีประสิทธิภาพสูงกว่า เทคโนโลยีการหมัก หลังจากลิกโนเซลลูโลสถูกแปรสภาพเป็นแก๊สสังเคราะห์แล้ว จะถูกนำไปผ่าน ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ได้ผลผลิตเป็นเอทานอล ข้อดีของกระบวนการนี้คือแก๊สสังเคราะห์จะถูก แปรสภาพเป็นเอทานอลได้อย่างรวดเร็ว

- แก๊สซฟิเคชันที่ใช้จุลินทรีย์ในการหมัก

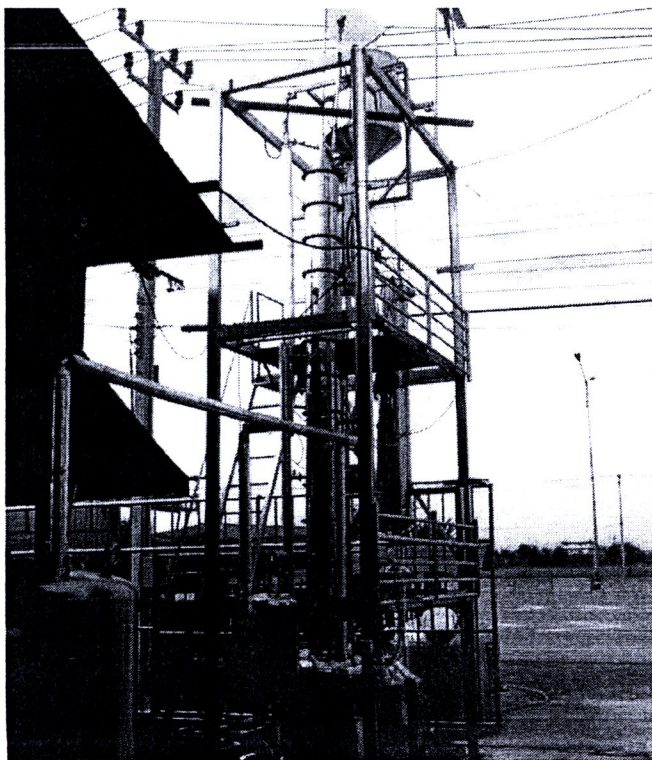
เทคโนโลยีนี้มีขั้นตอนคล้ายคลึงกับกระบวนการผลิตเอทานอลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) แต่แตกต่างกันตรงที่แก๊สสังเคราะห์ที่ได้ จะถูกนำไปหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ แต่เนื่องจากประสิทธิภาพ ของการผลิตเอทานอลค่อนข้างต่ำ ใช้ระยะเวลาในการหมักค่อนข้างนาน และยังไม่สามารถหา เชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมได้ จึงทำให้เทคโนโลยีนี้ยังไม่เป็นที่นิยม [18]

2.2.1.4 กระบวนการกลั่นเอทานอล

โดยทั่วไปจากกระบวนการหมักจะได้สารผสมที่มีความเข้มข้นของเอทานอลในช่วง 5-10 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ซึ่งในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงจะต้องทำให้มีความบริสุทธิ์ตั้งแต่ 95 เปอร์เซ็นต์โดย ปริมาตร ดังนั้นจึงต้องนำเทคนิคการกลั่นเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตเอทานอล การกลั่นจัดว่าเป็นวิธี ที่สำคัญที่สุดวิธีหนึ่งสำหรับการทำของเหลวให้บริสุทธิ์ ใช้แยกของเหลวที่ผสมกันเป็นสารละลายเนื้อ เดียวออกจากกัน โดยอาศัยความแตกต่างของจุดเดือด การกลั่นเป็นกระบวนการที่ทำให้ของเหลว ได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอแล้วทำให้ควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง ในขณะที่กลั่นของ ผสมนั้นของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำจะกลายเป็นไอบวกออกมาก่อนจากนั้นของเหลวที่มีจุดเดือดที่สูงขึ้น จะแยกออกมาภายหลัง [2]

การกลั่นเอทานอลจะใช้วิธีการกลั่นลำดับส่วนเป็นส่วนใหญ่ ภายในหอกลั่นเอทานอล ดังแสดงในรูป ที่ 2.11 จะมีลักษณะเป็นชั้นเรียกว่า Tray ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน และจะใช้ tray ชนิดใดขึ้นอยู่กับ การออกแบบ ในส่วนของน้ำหมักที่มีแอลกอฮอล์ 9-10 เปอร์เซ็นต์ จะถูกป้อนเข้าที่ประมาณช่วงกลางหอ กลั่น และไหลลงมาตามชั้นต่างๆ จนถึงส่วนล่างสุดของคอลัมน์ที่เป็นส่วนให้ความร้อน (ส่วนใหญ่ใช้ ไอน้ำลักษณะ Direct Steam) ซึ่งภายในหอกลั่นจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของเหลวที่ ควบแน่นตกลงมาข้างล่างซึ่งเย็นกว่ากับไอของเหลวที่ร้อนกว่าซึ่งลอยขึ้นข้างบน เมื่อของเหลวใน คอลัมน์ได้รับความร้อนจากไอของเหลวบางส่วนที่มีจุดเดือดต่ำจะกลายเป็นไอ ในส่วนของไอ

ของเหลวที่ลอยขึ้นไปเมื่อให้ความร้อนแก่อิส่วนอื่นแล้ว ตัวเองก็เย็นลงบางส่วนซึ่งมีจุดเดือดสูง จะควบแน่นเป็นของเหลวตกลงมาวนเวียนเป็นแบบนี้เรื่อยไป และส่วนที่เป็นไอจะประกอบด้วยสาร ที่มีจุดเดือดเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะแยกลอยขึ้นไปถึงยอดคอลัมน์ ไอนี้เมื่อผ่านคอนเดนเซอร์ จะควบแน่นเป็นของเหลวออกมาเรียกว่า Distillate ซึ่งเป็นสิ่งที่เราต้องการ คือ เอทิลแอลกอฮอล์ และถ้าใน Distillate ยังไม่ได้เอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ก็จะนำกลับเข้าไป Reflux ในหอกกลั่นใหม่นวนกว่าจะได้ 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของเหลวซึ่งควบแน่นอยู่ในคอลัมน์จะประกอบด้วย สารที่มีจุดเดือดสูง (ในที่นี้คือน้ำ) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะตกลงมาเป็น Residue หรือ Bottom product อยู่ที่ก้นหอกกลั่น แต่การนำไปใช้ผสมกับน้ำมันแกโซลีนเพื่อผลิตเป็นน้ำมันแกโซลีน นั้นจะต้องทำให้เอทานอลมีความบริสุทธิ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 99.5 โดยปริมาตร ดังนั้นจำเป็นต้องใช้เทคนิคหรือเทคโนโลยีในการกลั่น เพื่อให้ได้เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 99.5 ซึ่งเทคโนโลยีที่นิยมใช้มีอยู่ 3 เทคโนโลยี คือ 1. การดูดซับด้วย (Molecular sieve) 2. การกลั่นอะซีโอโทรป (Azeotropic Distillation) และ 3. เทคโนโลยีแผ่นเยื่อบาง (Membrane Technology)



รูปที่ 2.11 หอกกลั่นเอทานอล [19]

2.2.1.5 ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเอทานอล

ในกระบวนการผลิตเอทานอลนอกจากได้เอทานอลเป็นผลผลิตแล้วยังมีผลพลอยได้อื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก และฟูเซลอยล์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการกลั่น รวมถึงของเสียจากกระบวนการผลิตคือ น้ำเสียหรือน้ำกากส่า ซึ่งมีเซลล์ยีสต์ปนอยู่เกิดขึ้นด้วย ทั้งนี้คุณภาพของน้ำกากส่าที่ได้จะแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้

- คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดขึ้นในระหว่างการหมักน้ำตาลเป็นเอทานอลด้วยเชื้อยีสต์ ซึ่งจะมีปริมาณประมาณครึ่งหนึ่งโดยน้ำหนักของน้ำตาลกลูโคสที่ใช้ในการหมัก จากการประมาณที่กำกับการผลิตเอทานอล 150,000 ลิตร/วัน จะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 100-120 ตัน/วัน การใช้ประโยชน์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถใช้ได้ทั้งสถานะที่เป็นแก๊ส (Gas) ของเหลว (Liquid CO_2) และของแข็ง (Solid CO_2) โดยจะใช้มากในอุตสาหกรรมอาหารเช่น ใช้เป็นสารทำความเย็นและอุตสาหกรรมเครื่องดื่มประเภทที่มีการอัดแก๊ส นอกจากนี้ยังมีการใช้ในอุตสาหกรรมอื่นบ้าง ได้แก่ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมการเชื่อมโลหะ พลาสติกและยางและกสิกรรม แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สามารถผลิตได้จากหลายกระบวนการด้วยกัน ได้แก่ กระบวนการเผาไหม้ (Combustion) ของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ และผลพลอยได้จากกระบวนการต่างๆ ได้แก่ กระบวนการสังเคราะห์แอมโมเนีย การอบปูนขาว (CaCO_3) ในเตาเผา การผลิตโซเดียมฟอสเฟตจากไบโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) และกระบวนการหมักเอทานอล

- ฟูเซลอยล์ (Fusel oil)

ฟูเซลอยล์ หรือที่บางครั้งเรียกว่าฟูเซลแอลกอฮอล์ (Fusel alcohol) ใช้เรียกส่วนผสมของแอลกอฮอล์อื่นที่มีจุดเดือดสูงกว่าเอทานอล ซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการกลั่นเอทานอล ฟูเซลอยล์ประกอบด้วยแอลกอฮอล์หลายชนิด ส่วนมากเป็นองค์ประกอบที่มีคาร์บอน 3, 4 หรือ 5 อะตอม ได้แก่ ไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ (Isoamyl alcohol) และแอคทีฟเอมิลแอลกอฮอล์ (Active amyl alcohol) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่มีมูลค่าสูงนอกจากนี้ยังมีบิวทานอล (Butanol) และโพรพานอล (Propanol) อยู่ด้วย การใช้ฟูเซลอยล์จะต้องมีการแยกแอลกอฮอล์ออกโดยวิธีการกลั่น วิธีทางโครมาโตกราฟี หรือวิธีทางเคมี และผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ แล้วจึงนำไปแอลกอฮอล์ที่ได้

ไปใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมจำพวกเรซินและพลาสติก อุตสาหกรรมแล็กเกอร์ และหมึกพิมพ์

- DDGS (Dry distillers grains with solubles)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรวมกันของกากที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้น ซึ่งเป็นส่วนของกากสำที่เป็นของแข็งกับ ส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำส่ำหลังการกลั่นแยกเอทานอล แล้วทำแห้ง เพื่อให้มีความชื้น เหลือประมาณร้อยละ 10 ถึง 12 ในประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งมีการใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบในการผลิต เอทานอล จะมีการผลิต DDGS ที่ได้จากการนำกากแห้งที่เป็นของแข็งผสมกับส่วนของแข็งที่ละลาย น้ำได้เพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ โดย DDGS จะเป็นแหล่งของโปรตีนและพลังงานที่สำคัญสำหรับโคนมและ โคเนื้อ อีกทั้งเป็นแหล่งของไฟเบอร์และฟอสฟอรัสของสัตว์จำพวกที่ไม่ใช่สัตว์เคี้ยวเอื้อง รวมทั้งสัตว์ ปีกและสัตว์น้ำ ขั้นตอนการผลิต DDGS จะประกอบด้วยการแยกส่วนที่เป็นของเหลวและของแข็ง ออกจากกัน (Separation) โดยเครื่องปั่นเหวี่ยง นำส่วนที่เป็นของเหลวที่เหลือหลังจากการกลั่นแยก เอทานอลไประเหยเพื่อทำให้เข้มข้นขึ้น (Evaporation) นำไปผสมกับส่วนของแข็งแล้วทำให้แห้ง (Drying) และเป็นตัวลง (Cooling) โดยรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกจำหน่ายออกสู่ท้องตลาดมีทั้ง ในรูปของผงแห้ง และในรูปของ DDGSอัดเม็ด DDGS ที่ผลิตจากมันสำปะหลังจะมีปริมาณโปรตีน ประมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งต่ำกว่า DDGS ที่ได้จากข้าวโพด ซึ่งมีโปรตีนประมาณร้อยละ 25 โดยน้ำหนักแห้ง

- ยีสต์ (Yeast)

ยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ที่แยกได้จากการหมักเป็นแหล่งโภชนาการที่สำคัญ โดยในเซลล์ ยีสต์จะประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 40 โดยน้ำหนักแห้งคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 34 โดยน้ำหนักแห้ง ไขมันร้อยละ 4 โดยน้ำหนักแห้ง และวิตามินบี จึงสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทน และอาหาร เสริมสำหรับการเจริญเติบโตของทั้งมนุษย์และสัตว์หรือสกัดแยกเป็นยีสต์สกัด (Yeast extract) และ ผนังเซลล์ยีสต์ (Yeast cell wall) ยีสต์สกัดสามารถนำมาใช้ประโยชน์สำหรับอาหารสัตว์ โดยจัดเป็น สารเสริมอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพสูง สามารถใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นในอาหารสัตว์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีกลิ่นคล้ายกลิ่นเนื้อสัตว์ ส่วนผนังเซลล์ยีสต์มีองค์ประกอบของเบต้า 1,3 และ 1,6 กลูแคน ซึ่งมีสมบัติช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายมนุษย์และสัตว์ สามารถใช้ในการเลี้ยงสัตว์ แบบไม่ใช่ยาปฏิชีวนะ เช่น ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เป็นต้น สารสกัดจากเซลล์ยีสต์ที่แยกได้จากน้ำ

กากสำจากมันสำปะหลังมีปริมาณกรดอะมิโนส่วนใหญ่ทั้งที่จำเป็นและไม่จำเป็นสูงกว่าสารสกัดจากเซลล์ยีสต์ที่มีขายในเชิงพาณิชย์ แต่สารสกัดจากเซลล์ยีสต์ที่แยกได้จากน้ำกากสำจากกากน้ำตาลจะมีปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดน้อยกว่ายีสต์แอสปาร์ติก

- แก๊สชีวภาพ (Biogas)

แก๊สชีวภาพ หมายถึง แก๊สที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ใช้เป็นพลังงานทดแทนซึ่งสามารถผลิตได้จากวัสดุเหลือทิ้งและน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการเกษตร แก๊สชีวภาพประกอบด้วยแก๊สหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทน (Methane; CH_4) ประมาณร้อยละ 50-70 และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณร้อยละ 30-50 ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ แก๊สมีเทนบริสุทธิ์ให้ค่าความร้อนประมาณ 35,800 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร (kJ/m^3) ส่วนแก๊สชีวภาพที่มีสัดส่วนของแก๊สมีเทนร้อยละ 65 ให้ค่าความร้อน 22,400 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากแก๊สชีวภาพมีส่วนประกอบหลักเป็นแก๊สมีเทน จึงทำให้มีคุณสมบัติจุดติดไฟได้ดีและสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปต่าง ๆ ได้ เช่น การเผาเพื่อใช้ประโยชน์จากความร้อนโดยตรง จะได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง จึงสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มไอน้ำ (Steam boiler) ของโรงงานซึ่งโดยทั่วไปจะใช้น้ำมันเตาเป็นแหล่งพลังงาน แก๊สชีวภาพปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถทดแทนน้ำมันเตาได้ 0.55 ลิตร ซึ่งได้มีการนำมาใช้กับ Boiler เพื่อผลิตไอน้ำสำหรับกลั่นเอทานอล โดยทั่วไปกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น ไขมัน แป้ง และโปรตีน ซึ่งอยู่ในรูปสารละลายจนกลายเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile acids) โดยจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด (Acid-producing bacteria) และขั้นตอนการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้เป็นแก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทน (Methane-producing bacteria) ในโรงงานเอทานอลส่วนใหญ่จะเลือกใช้ระบบถังหมักแก๊สชีวภาพ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการหมักแบบไร้อากาศ (Anaerobic treatment technology) สามารถแบ่งตามรูปแบบการเจริญของจุลินทรีย์ได้เป็น 3 แบบ คือ กลุ่มจุลินทรีย์ที่แขวนลอยในระบบ (Suspended growth) จุลินทรีย์ที่ยึดเกาะกับวัสดุในระบบ (Supported growth) และแบบลูกผสม (Hybrid) ได้แก่ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB), Anaerobic Lagoons (AL) และ Upflow Sludge Blanket/Fixed Bed Reactor (USB/FBR)

- ปุ๋ยอินทรีย์

น้ำกากส่ามีอินทรีย์วัตถุ และประกอบด้วยเกลือที่ละลายได้เป็นจำนวนมาก โดยพบว่าธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช คือ โพแทสเซียม (K) จะพบในปริมาณที่สูงมากที่สุด รองลงมาคือไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ตามลำดับ และประกอบด้วยธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมต่างๆ อีกมากมาย ที่สามารถใช้เป็นปุ๋ยได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง หรือทำเป็นปุ๋ยน้ำเข้มข้น หรือปุ๋ยแห้ง ทั้งนี้ เนื่องจากข้อจำกัดของการขนส่งในกรณีที่ใช้น้ำกากส่าโดยตรง โดยในการทำปุ๋ยน้ำเข้มข้น จะนำน้ำกากส่าที่ได้ผ่านเครื่องต้มระเหย (Evaporator) ทำให้มีความเข้มข้นมากยิ่งขึ้น โดยทั่วไปน้ำกากส่าจะมีความเข้มข้นของของแข็งประมาณร้อยละ 10-15 สามารถทำให้เข้มข้นเป็นร้อยละ 30 ได้ แล้วนำไปใช้ในไร่ต่อไป โดยเวลาใช้จะต้องเครื่องฉีดพ่นซึ่งอาจใช้แรงคน หรือเป็นเครื่องจักรก็ได้ ในกรณีที่ต้องการทำเป็นปุ๋ยแห้งจะต้องมีการนำของแข็งเช่น กากหม้อกรองของโรงงานน้ำตาลหรือขานอ้อย มาผสมกับน้ำกากส่าที่เข้มข้น [20]

2.2.1.6 การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง

เอทานอลเป็นแอลกอฮอล์ที่สามารถนำไปใช้ผสมน้ำมัน (Fuel Alcohol) เป็นแอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ตั้งแต่ 95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ใน 3 รูปแบบ คือ

- เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงทดแทนน้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซลใช้ได้กับเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดสูง บราซิลเป็นประเทศแรกที่มีการศึกษาวิจัยและเริ่มใช้เอทานอลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงตั้งแต่ปี 2516 โดยผลิตเอทานอลจากอ้อย และกากน้ำตาล ยานพาหนะที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงมีมากถึงประมาณร้อยละ 41 สำหรับในเครื่องยนต์ดีเซลสามารถใช้เอทานอลบริสุทธิ์ 95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรผสมในน้ำมันดีเซลเรียกว่า ดีโซฮอล (Diesohol) ในอัตราส่วนร้อยละ 15 และเพิ่มสารปรับปรุงสมบัติบางตัวในปริมาณร้อยละ 1-2
- เอทานอลบริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ผสมในน้ำมันเบนซินซึ่งจะเรียกว่า แกโซฮอล (Gasohol) โดยทั่วไปใช้ผสมกับน้ำมันเบนซินอัตราส่วนร้อยละ 10 ในลักษณะของสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงค่าออกเทนของน้ำมันเบนซิน ซึ่งสามารถนำมาใช้งานกับเครื่องยนต์ทั่วไปโดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์แต่อย่างใด ซึ่งบราซิลก็ใช้ เอทานอลผสมในน้ำมันเบนซินที่อัตราส่วนร้อยละ 22

- สารเคมีเพิ่มออกเทน (Octane) แก่เครื่องยนต์ โดยการเปลี่ยนรูปเอทานอลมาเป็นสาร ETBE (Ethyl Tertiary Butyl Ether) สามารถใช้ทดแทนสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ซึ่ง MTBE เป็นสารเติมแต่งในน้ำมันเบนซินที่หลายประเทศประกาศห้ามใช้เนื่องจากก่อให้เกิดมลภาวะในอากาศที่สูงกว่าสารเติมแต่งอื่นๆ

ประเทศไทยได้กำหนดเป้าหมายให้มีการใช้เอทานอล ในรูปน้ำมันแกโซฮอล์ สูตร E10 (มีส่วนผสมของเอทานอลในน้ำมันเบนซิน ร้อยละ 10) เพื่อทดแทนสาร MTBE (Methyl Tertiary-Butyl Ether) ในน้ำมันเบนซิน 95 วันละ 1 ล้านลิตร ในปี 2549 และให้มีการใช้เอทานอลวันละ 3 ล้านลิตร เพื่อทดแทน MTBE ในน้ำมันเบนซิน 95 และทดแทนเนื้อน้ำมันในน้ำมันเบนซิน 91 ภายในปี 2554 และเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2549 คณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบแนวทางการเปิดเสรีโรงงานเอทานอล รวมทั้งปัจจุบันได้มีการจำหน่ายน้ำมันแกโซฮอล์ สูตร E20 (มีส่วนผสมของเอทานอลในน้ำมันเบนซิน ร้อยละ 20) การผลิตและจำหน่ายรถยนต์รุ่นใหม่ของหลายค่าย อาทิเช่น ฮอนด้า โตโยต้า และฟอร์ด เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้น้ำมันแกโซฮอล์ สูตร E20 ได้ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในเรื่องความต้องการเอทานอลที่จะต้องเพิ่มขึ้นอย่างมากในอนาคตการมีแผนการก่อสร้างโรงงานผลิตเอทานอลของเอกชนที่ได้รับอนุญาตรองรับ น่าจะเป็นการสร้างความมั่นใจระดับหนึ่งของรัฐบาลในการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนของประเทศเพิ่มเป็นร้อยละ 8 ในปี พ.ศ. 2554 อย่างไรก็ตามด้วยปริมาณความต้องการเอทานอลจำนวนมาก จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการบริหารจัดการวัตถุดิบเป็นอย่างดี มิฉะนั้นปัญหาการขาดแคลน ปัญหาวัตถุดิบมีราคาแพง จะส่งผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล และนโยบายการใช้เอทานอลเป็นพลังงานทดแทนเพื่อลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงก็อาจไม่สัมฤทธิ์ผล [21]

2.2.2 น้ำมันไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลเป็นชื่อเรียก น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ที่มีสารไตรกลีเซอไรด์ (Tryglyceride) เป็นองค์ประกอบหลักมาทำปฏิกิริยาเคมีกับอัลคิลแอลกอฮอล์ เช่น เมทิลแอลกอฮอล์ (Methyl Alcohol) หรือเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) โดยใช้กรดหรือเบสเป็นสารเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาเคมีนี้เรียกว่า การสลับหมู่เอสเทอร์หรือทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification) น้ำมันที่ผ่านการปรับปรุงลักษณะแล้วสามารถนำไปผสมหรือใช้แทนน้ำมันดีเซลได้ [22]

2.2.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

วัตถุดิบที่มีศักยภาพในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลในประเทศไทย ได้แก่ น้ำมันพืช น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันละหุ่ง น้ำมันงา น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันสบู่ดำ และน้ำมันพืชใช้แล้ว โดยวัตถุดิบที่ใช้มีผลต่อสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ ดังนั้นวัตถุดิบหลักในประเทศที่ใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ถูกกำหนดในยุทธศาสตร์การพัฒนาและส่งเสริมน้ำมันไบโอดีเซล เมื่อวันที่ 18 มกราคม พ.ศ.2548 คือ ปาล์มน้ำมัน โดยตั้งเป้าหมายในปี พ.ศ.2555 สามารถผลิตน้ำมันไบโอดีเซลได้ถึง 8.5 ล้านลิตรต่อวัน โดยมีเป้าหมายให้ผสมน้ำมันไบโอดีเซล 10 เปอร์เซ็นต์ กับน้ำมันดีเซล เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีศักยภาพในการแข่งขันสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น ทั้งด้านการผลิตและการตลาด คือ มีต้นทุนการผลิตและราคาต่ำกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ปาล์มยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายทั้งในสินค้าอุปโภคและบริโภค น้ำมันปาล์มสเตียรีน (Palm Stearin Oil) เป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปาล์ม สามารถนำมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลได้อีก อย่างไรก็ตาม ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ต้องการน้ำและสารอาหารมาก จึงเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศทางภาคใต้ [23]

กรรมวิธีการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากมวลชีวภาพมี 2 กระบวนการหลักๆ คือ

1. การสกัด (Extraction)
2. กระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชัน (Esterification)

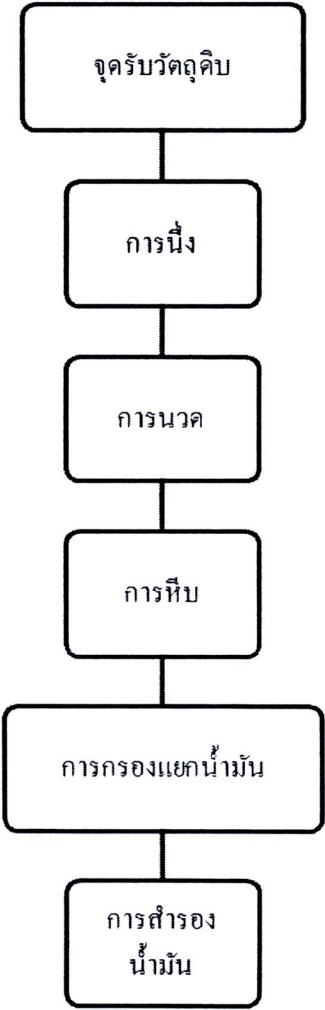
2.2.2.2 การสกัด

การสกัดน้ำมันปาล์มดิบมีวิธีดังนี้ 1. คัดแยกผลปาล์มน้ำมัน 2.นำไปนึ่งและนวดเพื่อปรับสภาพทำให้ง่ายต่อการหีบน้ำมัน 3. นำไปเข้าเครื่องหีบน้ำมัน (เครื่องหีบที่ใช้มีทั้งแบบไฮดรอลิกและแบบสกรู) 4. นำน้ำมันที่ได้จากการหีบไปกรองแยกสิ่งเจือปนออกจากน้ำมัน และ 5. นำน้ำมันไปเก็บสำรอง เพื่อการนำมาใช้ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.12

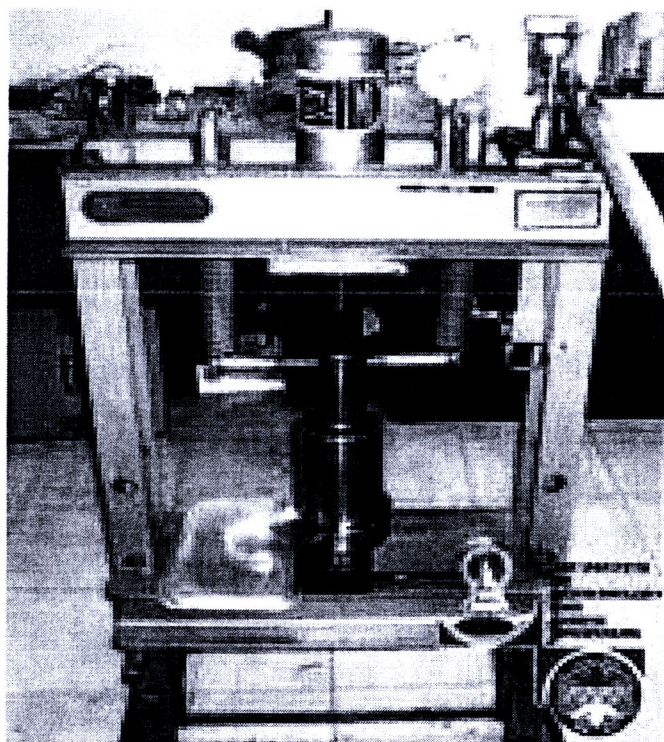
2.2.2.2.1 การสกัดโดยวิธีการบีบอัดเชิงกล (Mechanical Extraction)

การสกัดโดยวิธีการบีบอัดเชิงกลเป็นการบีบอัดมวลชีวภาพโดยใช้หลักการเปลี่ยนปริมาตรของวัตถุดิบให้มีปริมาตรลดลงซึ่งเป็นวิธีการบีบอัดแบบธรรมชาตินิยมใช้กับพืชน้ำมันที่มีปริมาณน้ำมันสูง เครื่องมือที่นิยมใช้ส่วนใหญ่คือ เครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิก (Hydraulic Press) ดังแสดงใน

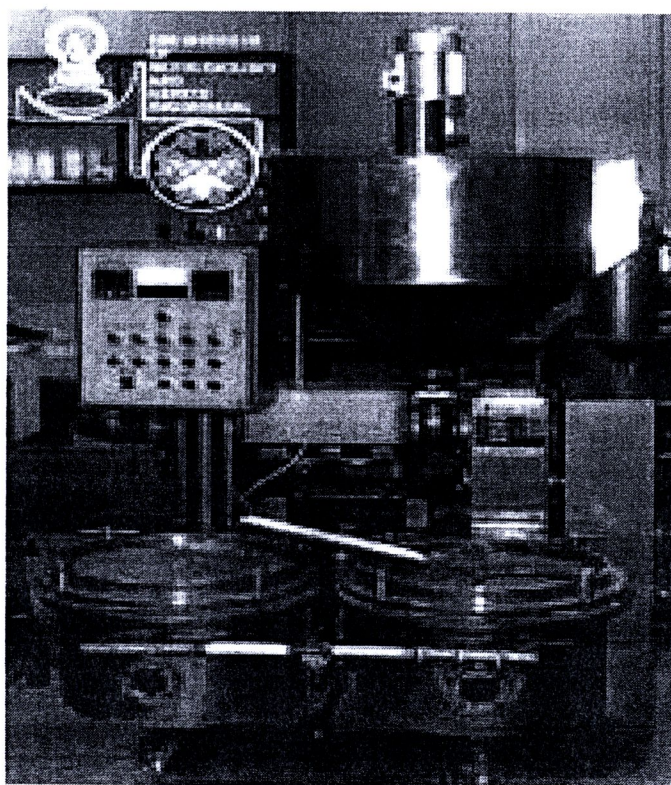
รูปที่ 2.13 และเครื่องบีบอัดแบบแท่งสกรู (Single Screw Press) ดังแสดงในรูปที่ 2.14 การสกัดโดยวิธีการบีบอัดเชิงกลนั้นมีข้อดีและข้อเสียที่ควรให้ความสำคัญดังแสดงในตารางที่ 2.10



รูปที่ 2.12 การสกัดน้ำมันปาล์มดิบ [24]



รูปที่ 2.13 เครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิก [25]



รูปที่ 2.14 เครื่องบีบอัดแบบแท่งสกรู [25]

ตารางที่ 2.10 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการสกัดน้ำมันจากมวลชีวภาพโดยวิธีการบีบอัด
เชิงกล [23]

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ต้นทุนการสกัดต่ำ ใช้เครื่องจักรจำนวนน้อย ใช้เชื้อเพลิงต่ำ	1. ปริมาณน้ำมันติดในกากพืชน้ำมันสูง ซึ่งอาจสูงถึง 10 – 15 เปอร์เซ็นต์
2. ไม่มีกรรมวิธีการผลิตที่ยุ่งยากซับซ้อน	2. ปริมาณน้ำมันที่ได้น้อย และไม่สามารถทำ การสกัดได้หมด
3. สามารถทำเป็นอุตสาหกรรมภายใน ครอบครัว	3. ไม่สามารถสกัดสิ่งเจือปนภายในวัตถุดิบ ได้หมด ทำให้คุณภาพกากต่ำ มีปริมาณสาร โปรตีนต่ำมาก ทำให้ได้ราคาขายถูกกว่าที่ ควรเป็น
4. ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้สามารถนำไป จำหน่ายเป็นอาหารสัตว์เสริมได้	4. ไม่สามารถควบคุมคุณภาพน้ำมันได้ แน่นอน

2.2.2.2.2 การสกัดโดยวิธีการใช้สารทำละลาย (Solvent Extraction)

การสกัดน้ำมันจากพืชมวลชีวภาพโดยใช้สารละลายนี้เป็นกรรมวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันและเป็นวิธีที่ให้ผลผลิตสูงกว่าวิธีสกัดด้วยแรงบีบอัดในกรณีของน้ำมันพืชจะให้ผล 99.0 – 99.5 เปอร์เซ็นต์เมื่อสกัดด้วยตัวทำละลาย แต่กรณีที่ใช้วิธีสกัดด้วยแรงบีบอัดจะให้ผลประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์หรือน้อยกว่า ตัวทำละลายที่นิยมใช้ได้แก่ ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) กับอีเทอร์ (Ether) นอกจากนี้ยังใช้อะซิโตน (Acetone) เฮกซะเซน (n - Hexane) ซึ่งมีจุดเดือดอยู่ระหว่าง 66 – 69 องศาเซลเซียส การสกัดด้วยตัวทำละลายอาศัยหลักการที่ว่าน้ำมัน และไขมันสามารถละลายได้โดยการสกัดวิธีนี้ใช้ตัวทำละลายพ่นใส่วัตถุดิบที่ถูกทำให้แบนหรือขนาดเซลล์ที่เล็กลงแล้ว จากนั้นจึงระเหยตัวทำละลายออกได้น้ำมันพืชดิบซึ่งต้องไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ต่อไป

ข้อดีในการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายคือ สามารถสกัดน้ำมันออกได้เกือบทั้งหมด เหลือน้ำมันติดกากเพียงประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น โรงสกัดน้ำมันพืชขนาดใหญ่นิยมใช้วิธีการนี้เพราะได้ผลผลิตมากกว่า และเครื่องมือเครื่องจักรสามารถใช้ได้กับวัตถุดิบหลากหลายชนิด แม้ว่าจะต้องลงทุนด้าน

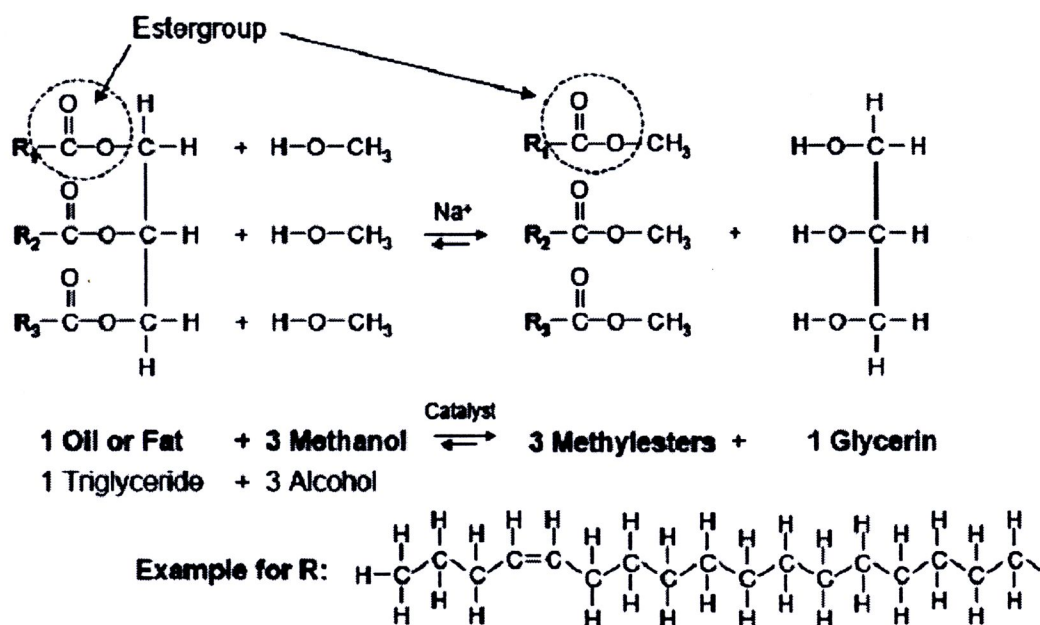
เครื่องจักรในราคาสูงและต้องเสียค่าจ้างผู้ปฏิบัติงานที่มีความชำนาญการให้เหมาะสมกับเทคนิคขั้นสูงในการผลิต ก็ยังนับว่าคุ้มค่าเพราะให้ผลตอบแทนสูงเช่นกัน [26]

2.2.2.3 กระบวนการทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน

น้ำมันพืชโดยทั่วไปประกอบด้วยกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid), Phospholipids, Sterols, น้ำ และสิ่งเจือปนอื่นๆ ดังนั้นในการนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจำเป็นต้องผ่านกระบวนการเคมีเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันพืชให้เป็นสายโซ่ตรงก่อน โดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน (Transesterification) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำมันที่ได้จากการสกัดกับแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอลหรือเอทานอล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาได้แก่ กรด เบส เรซิน และเอนไซม์ ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้คือ ไบโอดีเซลและกลีเซอรอล และไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแต่ใช้สภาวะเหนือวิกฤติของแอลกอฮอล์แทน

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน (หรือปฏิกิริยา Alcoholysis) จะเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันจาก Triglycerides ให้เป็นโมโนอัลคิลเอสเทอร์ (Mono alkyl Ester) ได้แก่ เมทิลเอสเทอร์ (Methyl Ester) หรือ เอทิลเอสเทอร์ (Ethyl Ester) และกลีเซอริน (Glycerine หรือ Glycerol) กระบวนการทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันเป็นกระบวนการที่ใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งน้ำมันไบโอดีเซลประเภทนี้เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง น้ำมันพืช ไขมันสัตว์ หรือน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว กับแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล หรือ เอทานอล โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งเป็นกรดหรือด่าง โดยปกติในน้ำมันพืชประกอบไปด้วยกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid), Phospholipids, Sterols, น้ำ และสิ่งเจือปนอื่นๆ ดังนั้นในการนำน้ำมันมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จำเป็นต้องผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างให้เป็นสายโซ่ตรงก่อน ในส่วนของแอลกอฮอล์มีการใช้ทั้งเมทานอลและเอทานอล แต่เนื่องจากเมทานอลมีราคาถูกกว่า จึงมีการใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมากกว่า จึงทำให้เรารู้จักน้ำมันไบโอดีเซลในอีกชื่อหนึ่ง คือ Fatty Acid Methyl Esters (FAME) ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยามีทั้งกรดและด่าง ตัวอย่างของกรดที่ใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ได้แก่ กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) และมักใช้ในกรณีที่น้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ที่นำมาผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูง สำหรับด่างที่มีการใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือ โซเดียมเมทอกไซด์ ($NaOCH_3$) ซึ่งเมื่อพิจารณาตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสองประเภท พบว่าในกระบวนการผลิตของโรงงานน้ำมันไบโอดีเซลทั่วโลกมักใช้ด่างในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากสามารถเร่งปฏิกิริยาได้เร็วกว่าการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้น้ำมันไบโอดีเซลและกลีเซอรินที่

ได้สามารถแยกจากกันได้ง่ายเนื่องจากมีความหนาแน่นต่างกัน โดยกลีเซอรินจะมีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำมันไบโอดีเซล ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน [23]

2.2.2.3.1 ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด (Acid Catalyst)

การใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยามีข้อดีคือ สามารถใช้กับวัตถุดิบที่มีความชื้นและปริมาณกรดไขมันอิสระสูง เช่น สามารถใช้ได้กับน้ำมันทำอาหารที่มีกรดไขมันอิสระสูงถึง 6 เปอร์เซ็นต์ การใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถเร่งปฏิกิริยาได้ทั้งทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันและเอสเทอร์ฟิเคชัน แต่ถ้าใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในวัตถุดิบที่มีน้ำอยู่ในปริมาณมากจะทำให้เกิดการยับยั้งปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้สารที่มีความเป็นขี้ผึ้งมากในปฏิกิริยาของกรดจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง เนื่องจากสารที่มีขี้ผึ้งจะไปแย่งการจับตัวกับไฮโดรเจนไอออนและไปขัดขวางไอออนอื่นๆ ของตัวเร่งปฏิกิริยา นอกจากนี้การใช้กรดอาจทำให้เกิดการแยกชั้นอีกด้วย แต่สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ตัวทำละลายร่วม กล่าวคือ การใช้วัตถุดิบที่มีกรดไขมันอิสระสูงสามารถทำการย่อยด้วยกรดก่อน จากนั้นจึงใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งราคาของผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็จะมีราคาสูงขึ้นตามไปด้วย การเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของกรดโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอทานอลและเมทานอล พบว่า การใช้เมทานอลจะให้ผลดีกว่าการใช้เอทานอล กรดที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยามีอยู่

หลายชนิด แต่ที่นิยมมากที่สุดคือ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) รองลงมาคือ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กรดไตรฟลูออไรด์โบรอน (BF_3) กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) และกรดซัลโฟนิก (SO_2NH_2) ตามลำดับ การใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอาจจะเกิดน้ำขึ้นในปฏิกิริยาซึ่งมีผลเสียต่อการผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากน้ำจะไปไฮโดรไลซ์เอสเทอร์เกิดเป็นกรดไขมันอิสระอีกครั้งหนึ่ง แต่การมีน้ำก็มีข้อดีคือ ทำให้กรดทำปฏิกิริยากับน้ำมากกว่าแอลกอฮอล์เกิดการล่อม รอบโปรตอนซึ่งเป็นการป้องกันไม่ให้กรดไปทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์และไปยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน การเกิดการล่อมรอบโปรตอนในตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดนี้จะส่งผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันมากกว่าปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่เป็นโมเลกุลใหญ่และมีขั้วน้อยกว่า เนื่องจากขั้วของหมู่คาร์บอกซิลิกของกรดไขมันอิสระและความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ การใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าการใช้เบส แต่ก็ทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้ากว่าถึง 4,000 เท่า และต้องใช้อุณหภูมิสูงในการทำปฏิกิริยา ทำให้การใช้กรดในการเร่งปฏิกิริยาเหมาะสมกับวัตถุดิบที่เป็นไขมันสัตว์หรือไขมันที่ใช่แล้ว แต่สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ตัวทำละลายร่วม เช่น วัตถุดิบที่มีกรดไขมันอิสระสูงสามารถทำการย่อยด้วยกรดก่อน (Preesterification) จากนั้นจึงใช้เบสเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาสูงขึ้นแต่ผลผลิตที่ได้จะมีคุณภาพดีขึ้น

2.2.2.3.2 ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส (Base Catalyst)

การใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันสามารถเกิดได้เร็วกว่าการใช้กรดในปริมาณที่เท่ากัน แต่ก็มีราคาแพงกว่า ปัจจุบันตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสที่โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่นิยมใช้ได้แก่ โซเดียมเมทอกไซด์ (CH_3ONa) โพแทสเซียมเมทอกไซด์ (CH_3OK) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) จากการศึกษาพบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยา KOH มีประสิทธิภาพดีที่สุด รองลงมาคือ NaOH , CH_3ONa และ CH_3OK ตามลำดับ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้ในระดับอุตสาหกรรมคือ NaOH และ KOH เนื่องจากมีราคาถูก การเกิดปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทเมทอกไซด์ไอออนเกิดขึ้นได้ 2 ทางคือ กลีเซอรอลเมทอกไซด์และการทำปฏิกิริยาของเมทานอลกับหมู่ไฮดรอกซิลของอัลคาไลด์ไฮดรอกไซด์ ซึ่งเมทอกไซด์ไอออนจะเป็น นิวคลีโอไฟล์ที่แข็งแรงเพื่อไปชนกับหมู่คาร์บอนิลแล้วเกิดเป็นแอลคิลเอสเตอร์ การใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยานั้นน้ำมันที่ใช้จะต้องมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ จากผลการเปรียบเทียบปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่า NaOH ใช้น้อยกว่า KOH และ CH_3ONa เนื่องจากมีมวลโมเลกุลน้อยที่สุด แต่ในเทอม

ของความเข้มข้นพบว่า CH_3ONa ใช้น้อยกว่า NaOH และ KOH ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ได้จาก CH_3ONa มีค่ามากที่สุด การใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันต้องเป็นภาวะที่ปราศจากน้ำ ดังนั้นการเตรียม KOH และ NaOH ต้องใช้เมทานอลแอนไฮดรัสเพื่อให้ได้ CH_3ONa และน้ำเกิดขึ้น ซึ่งน้ำจะทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์และ Na^+ ทำให้เกิดสบู่จึงมีการสูญเสียไตรกลีเซอไรด์บางส่วนไป ขณะที่ CH_3ONa พอแตกตัวให้ CH_3O^- กับ Na^+ นั้นจะไม่มีน้ำเข้ามาทำปฏิกิริยา เมื่อใช้ NaOH และ CH_3ONa จะได้ชั้นเอสเตอร์ที่เป็นของเหลว โดยชั้นล่างเป็นกลีเซอรอลที่มีความหนืดสูงและถ้ามีสบู่เกิดขึ้นจะทำให้จับตัวเป็นก้อน การใช้ KOH จะได้ของเหลว 2 ชั้น ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมมักใช้ KOH เนื่องจากสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน การเปรียบเทียบราคาของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบสพบว่า NaOH มีราคาถูกที่สุด รองลงมาคือ KOH และ CH_3ONa โดยสรุปพบว่า NaOH มีความเหมาะสมกว่า KOH ทั้งในด้านราคาและปริมาณการใช้

2.2.2.3.3 ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็ง (Solid Catalyst)

แม้ว่าการใช้ของเหลวเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีประสิทธิภาพดี แต่มีปัญหาในด้านการปนเปื้อนและต้องมีการขั้นตอนการทำให้เป็นกลาง รวมทั้งความยุ่งยากในการเอาผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นออกจึงทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการแยกผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็งเพื่อทำให้เกิดความสะดวกในการแยกผลิตภัณฑ์และสามารถนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็งกลับมาใช้ใหม่ได้ การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็งที่เป็นกรดมีข้อดีกว่าการใช้ของแข็งที่เป็นเบสคือ มีความเสถียรมากกว่า การกักต่อนและปัญหาของสภาพแวดล้อมน้อยกว่า อีกทั้งการทำให้บริสุทธิ์ง่ายกว่าและมีราคาถูกกว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็งที่เหมาะสมนั้นควรอยู่ในถังแบบ Packed Bed Continuous ซึ่งง่ายต่อการแยกและทำให้บริสุทธิ์รวมทั้งลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้น การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็งจะต้องศึกษาปัจจัยต่างๆ เช่น การเชื่อมต่อของรูขนาดใหญ่ ความเข้มข้นของกรดบริเวณที่ทำปฏิกิริยา และพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำ

ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็งได้แก่ เซอร์โคเนียมซัลเฟต เป็นของแข็งที่มีความเป็นกรดแก่เหมาะสมสำหรับช่วยในการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ เช่น แอลคิเลชัน ไอโซเมอไรเซชัน และทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาสำหรับไฮโดรคาร์บอนสายยาวภายใต้สภาวะปานกลาง โดยเซอร์โคเนียมซัลเฟตเตรียมได้จากการนำ $\text{ZrOCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ มาละลายน้ำและทำให้ตกตะกอนด้วยแอมโมเนีย จากนั้นนำไปล้างและกรองเอาคลอไรด์ไอออนออก จะได้ไฮดรอกไซด์ของ $\text{Zr}(\text{OH})_4$

นำไปทำให้แห้งและนำไปจุ่มใน H_2SO_4 นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรอง จะได้เซอร์โคเนียมซัลเฟตสุดท้ายทำให้แห้งและนำไปเผาที่ 550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง [27]

การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็งที่เป็นกรด หลังจากปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์จะต้องมีการกรองเพื่อแยกเอาตัวเร่งปฏิกิริยาออกมาเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เมทิลเอสเตอร์ที่ได้จะมีความคงตัวในระดับสูง การใช้ของแข็งที่เป็นกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยากับน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระสูงจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ของแข็งที่เป็นเบสเนื่องจากมี Activity สูงกว่าและมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วกว่า แต่ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งที่เป็นเบสมีความไวต่อน้ำและกรดไขมันอิสระในวัตถุดิบ ทำให้การใช้ของแข็งที่เป็นเบสต้องใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพสูงเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดการยับยั้งปฏิกิริยา (Deactivation) แต่การใช้ของแข็งที่เป็นกรดสามารถใช้ได้กับวัตถุดิบที่มีน้ำและกรดไขมันอิสระสูง ซึ่งปกติ Catalytic Activity ในของแข็งที่เป็นกรดจะมีค่าต่ำมาก ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งที่เป็นกรดเหมาะกับน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระ เนื่องจากจะทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยามีความเสถียร นอกจากนี้ยังมีปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันอีกประเภทหนึ่งคือ การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งที่เป็นกรดของเซอร์โคเนียมซัลเฟตร่วมกับก๊าซไฮโดรเจนโดยใช้ความร้อนสูง เมื่อปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์จะต้องทำให้เย็นเพื่อป้องกันการเกิดของแข็งในน้ำมัน จากนั้นกรองเอาของแข็งออกและนำไปวิเคราะห์ด้วย GC โดยเซอร์โคเนียมซัลเฟตจะใช้โปรตอนจากพื้นผิวของโลหะเพื่อไปเร่งการเปลี่ยนไฮโดรคาร์บอนสายยาว ซึ่งก๊าซไฮโดรเจนที่ให้เข้าไปจะไปชดเชยกับไฮโดรเจนที่หลุดออกมาจากพื้นผิวของเซอร์โคเนียมซัลเฟต [28]

2.2.2.3.4 ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ (Enzyme Catalyst)

นอกจากการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด เบส และของแข็งคือ เเรซิน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ปัจจุบันได้มีการนำเอนไซม์ไลเปส (Lipase Enzyme) มาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยเอนไซม์ไลเปสสามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยไขมันให้ได้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล และเร่งปฏิกิริยาย้อนกลับคือ สร้างกลีเซอไรด์จากกลีเซอรอลและกรดไขมัน ซึ่งในปัจจุบันการผลิตกรดไขมันและ กลีเซอไรด์ต่างๆ ส่วนใหญ่ได้จากการย่อยสลายไขมันที่ความร้อนและความดันสูง ซึ่งผลผลิตที่ได้บางครั้งมีปัญหาในเรื่องของสีและกลิ่น การใช้เอนไซม์ไลเปสจะสามารถทำปฏิกิริยาได้ที่อุณหภูมิและความดันปกติทำให้ประหยัดพลังงาน แหล่งที่มาของเอนไซม์ไลเปสมีทั้งจากพืช สัตว์ และจุลินทรีย์หลายชนิด แต่พบว่าเชื้อแบคทีเรียให้ไลเปสที่มีคุณสมบัติที่มีความทนทานดีที่สุดทั้งยัง

สามารถผลิตได้ปริมาณสูงในระยะเวลาสั้น เนื่องจากระยะเวลาในการเจริญของเชื้อเร็ว เอนไซม์ที่ทนต่ออุณหภูมิสูงได้จะเป็นประโยชน์เพราะทำให้สามารถแยกเอนไซม์ออกได้ง่ายโดยวิธีที่ใช้กันทั่วไป และยังไม่ต้องระมัดระวังมากในการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระดับต่ำเพื่อให้เอนไซม์คงสภาพอยู่ได้ การใช้เอนไซม์ไลเปสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเมทาโนไลซิสนั้นมีข้อดีกว่าการใช้กรดหรือด่างได้แก่

1. สภาพที่ใช้ในการเร่งปฏิกิริยาไม่รุนแรง เนื่องจากใช้อุณหภูมิประมาณ 30-40 องศาเซลเซียส
2. การแยกกลีเซอรอลซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงทำได้โดยง่าย
3. สามารถควบคุมปริมาณของกรดไขมันอิสระได้ โดยทำปฏิกิริยาในตัวทำละลายอินทรีย์
4. สามารถแยกเมทิลเอสเทอร์ออกจากปฏิกิริยาได้ง่ายกว่า

แต่เอนไซม์ไลเปสมีราคาค่อนข้างแพงมาก ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการนำเอนไซม์ไลเปสกลับมาใช้ใหม่ ในรูปของเอนไซม์ไลเปสที่ถูกตรึง (Immobilized Lipase Enzyme) ทำให้เอนไซม์ไลเปสมีความเสถียรมากขึ้นและสามารถแยกเอนไซม์ไลเปสออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่ายขึ้น ส่งผลทำให้มีต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลต่ำกว่าเดิม

2.2.2.3.5 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่สภาวะเหนือวิกฤติของแอลกอฮอล์

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่สภาวะเหนือวิกฤติของแอลกอฮอล์สามารถทำได้โดยใช้สภาวะที่รุนแรง เช่น ใช้สภาวะเหนือวิกฤติ (Supercritical Condition) ของแอลกอฮอล์ เช่น การใช้เมทานอลที่ความดัน 8.09 MPa และอุณหภูมิ 239 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปแล้วยังความเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น อัตราการเอสเทอร์ฟิเคชันก็เร็วขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้การทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันและแอลกอฮอล์สามารถทำได้โดยการสังเคราะห์ด้วยเอนไซม์ในการ์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤติ ข้อดีของการสังเคราะห์แบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานี้คือ

- ขั้นตอนท้ายไม่มีสารเจือปนจากตัวเร่งปฏิกิริยา
- ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาน้อยกว่า
- ไม่เกิดปฏิกิริยาเป็นสบู่ดังเช่นการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นเบส

ข้อเสียคือ การใช้สภาวะที่รุนแรงต้องมีอุปกรณ์เครื่องมือที่ยุ่ยากและใช้พลังงานมาก



2.2.2.4 เทคโนโลยีการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

- เทคโนโลยีการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลแบบกะ (Batch Technology) มีข้อดีคือราคาถูกแต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาจมีความไม่สม่ำเสมอและมีกำลังการผลิตที่ได้ต่อครั้งไม่มากนัก
- เทคโนโลยีการผลิตแบบต่อเนื่องด้วยวิธีทรานเอสเทอริฟิเคชัน เป็นกระบวนการที่มีคุณภาพของผลิตภัณฑ์สม่ำเสมอ พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่าแบบกะที่อัตรากำลังการผลิตที่เท่ากัน แต่การลงทุนสูงกว่าแบบแรก
- เทคโนโลยีการผลิตแบบต่อเนื่องชนิด 2 ขั้นตอน เป็นการใช้กระบวนการเอสเทอริฟิเคชันในช่วงแรก และใช้กระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชันเป็นขั้นตอนที่สอง ซึ่งวิธีการนี้จะมีความเหมาะสมกับวัตถุดิบทุกชนิด โดยเฉพาะน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระสูง

นอกจากนี้ยังมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตโดยพัฒนาแต่ละส่วนของกระบวนการ อย่างการใช้ความร้อนจากแหล่งอื่น เช่น คลื่นไมโครเวฟ คลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic) หรือการเพิ่มหน่วยแยกน้ำมันไบโอดีเซลและกลีเซอริน โดยใช้อุปกรณ์ปั่นเหวี่ยงเพื่อลดเวลาแยก และทำให้เกิดความต่อเนื่องในกระบวนการผลิต อย่างไรก็ตามการเพิ่มเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เสริมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพมีผลทำให้ต้องใช้เงินทุนมากขึ้น จึงยังไม่มีการใช้ในระดับอุตสาหกรรม

น้ำมันไบโอดีเซลโดยทั่วไปจะหมายถึงน้ำมันไบโอดีเซลที่บริสุทธิ์ซึ่งจะใช้สัญลักษณ์ B100 หมายถึงน้ำมันเชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันไบโอดีเซลเพียงอย่างเดียว แต่ถ้าเป็นน้ำมันไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลจะใช้สัญลักษณ์ BXX หมายถึงเชื้อเพลิงที่ประกอบด้วยน้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ XX ซึ่งน้ำมันไบโอดีเซลสูตรต่างๆ จะมีดังนี้

B2 เกิดจากการผสม น้ำมันไบโอดีเซล 2 เปอร์เซ็นต์ และ น้ำมันดีเซล 98 เปอร์เซ็นต์

B5 เกิดจากการผสม น้ำมันไบโอดีเซล 5 เปอร์เซ็นต์ และ น้ำมันดีเซล 95 เปอร์เซ็นต์

B20 เกิดจากการผสม น้ำมันไบโอดีเซล 20 เปอร์เซ็นต์ และ น้ำมันดีเซล 80 เปอร์เซ็นต์

2.2.2.5 โรงงานผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย

2.2.2.5.1 โรงงานไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์

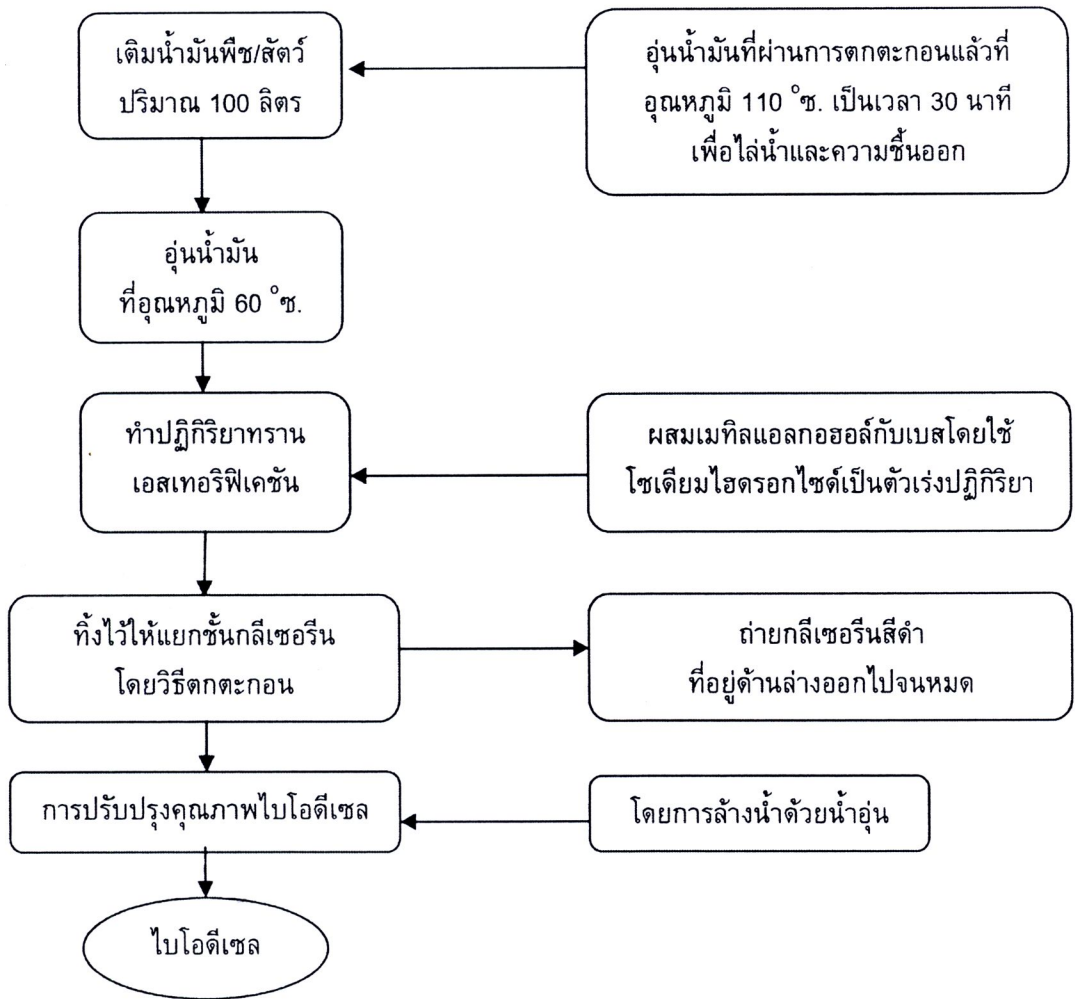
โรงงานไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย เป็นโรงงานที่มีกำลังการผลิตระหว่าง 10,000 ถึง 200,000 ลิตรต่อวันขึ้นไป เป็นกระบวนการผลิตด้วยการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันแบบสองครั้ง วัตถุดิบน้ำมันที่ใช้มักเป็นน้ำมันพืชใช้แล้ว หรือปาล์มสเตียร์น เนื่องจากน้ำมันทั้งสองประเภทมีค่ากรดไขมันอิสระต่ำ ทำให้ผลิตได้ง่ายกว่าการใช้ไขมันปาล์มดิบเป็นวัตถุดิบ อย่างไรก็ตาม ยังมีบางโรงงานที่ใช้ไขมันปาล์มดิบเป็นวัตถุดิบ การใช้ไขมันปาล์มดิบเป็นวัตถุดิบ จะมีปัญหาที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงและเปลี่ยนแปลงเร็ว ในการผลิตไบโอดีเซลต้องใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตเพิ่มมากขึ้น และมีปัญหาที่ต้องใช้เวลานานในการแยกกลีเซอรินออกจากไบโอดีเซล นอกเหนือจากที่ต้องเพิ่มขั้นตอนการลดปริมาณกรดไขมันอิสระ ด้วยกระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชัน ก่อนเข้าสู่กระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชันอีกด้วย ในการผลิตนิยมใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยามากกว่าใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากมีราคาถูกกว่า การผลิตในเชิงพาณิชย์มีทั้งกระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องและแบบต่อเนื่อง เมื่อผ่านขั้นตอนการทำปฏิกิริยาแล้ว จึงเข้าสู่การแยกกลีเซอริน โดยใช้วิธีการปล่อยให้แยกชั้น โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก ในระบบชุดถังแยกหลายถังต่อเนื่องกัน ในบางโรงงานอาจมีระบบแยกกระเหยกลับเพื่อนำเมทานอลจากส่วนกลีเซอรินที่แยกออกไปแล้วกลับมาใช้ใหม่ด้วย จากนั้นจึงส่งไบโอดีเซลไปทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งมีทั้งแบบล้างด้วยน้ำ และแบบไม่ใช้น้ำล้างดังนี้

- ระบบล้างด้วยน้ำ ใช้น้ำอุณหภูมิประมาณ 50-60 C° แล้วแยกน้ำล้างออก ซึ่งเป็นวิธีการทั่วไปส่วนมากมักทำการล้างเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง อัตราส่วนโดยปริมาตรของน้ำที่ใช้ล้างต่อไบโอดีเซลอยู่ระหว่าง 1:1 จนถึง 3:1 จนกว่าสารปนเปื้อนในไบโอดีเซลจะหมด หรือจนกว่าไบโอดีเซลจะมีสภาพเป็นกลาง หลังจากนั้นจึงนำไบโอดีเซลที่ล้างแล้วไปกำจัดน้ำที่ยังเจือปนอยู่ โดยให้ความร้อนเพื่อต้มน้ำระเหยออก หรือใช้ระบบการระเหยแบบสุญญากาศ จนกว่าไบโอดีเซลจะมีสภาพใส และปราศจากสิ่งเจือปน จึงผ่านเข้าระบบกรองหรือตกตะกอนก่อนเก็บเข้าถังเก็บผลิตภัณฑ์ และเก็บตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์
- ระบบไม่ใช้น้ำ ในปัจจุบันมีเพียง 2 แห่งเท่านั้น ที่ใช้ระบบนี้ คือ บริษัท กรีนเพาเวอร์คอร์ปอเรชัน จำกัด ซึ่งหลังจากแยกกลีเซอรินออกด้วยถังตกตะกอนแล้ว ไบโอดีเซลชั้นบนจะถูกปั๊มเข้าหอกลั่นระเหยเพื่อดึงเมทานอลส่วนเกินที่เจือปนอยู่กลับมาใช้ใหม่ หลังจากนั้นจึงกำจัดเบสและสารเคมีอื่นๆ โดยผ่านเข้าหอบรรจุสารดูดซับจำพวกแมกนีเซียมซิลิเกต แล้วจึง

ได้ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลตามต้องการ อีกแห่งหนึ่งคือ บริษัท วีระสุวรรณ จำกัด ใช้เทคโนโลยีการกลั่นลำดับส่วนของโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมมาใช้ โดยหลังจากผ่านการแยกกลีเซอรินแล้ว ไบโอดีเซลจะถูกเก็บเข้าถังเก็บเพื่อทำการระเหยเมทานอลออกหมดก่อน แล้วจึงส่งไบโอดีเซลเข้าหอกลั่นสุญญากาศ เพื่อกลั่นไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์และความแน่นทางยอดหอ ซึ่งไบโอดีเซลที่ได้นี้จะมีความบริสุทธิ์สูงมาก โดยทั้งสองกระบวนการนี้ ปราศจากน้ำเสียจากระบบผลิต

2.2.2.5.2 โรงงานไบโอดีเซลชุมชน

ระบบผลิตในระดับนี้ ไม่มีความซับซ้อนมากนัก โดยมากเป็นเครื่องผลิตขนาดเล็กที่มีกำลังผลิตประมาณ 100 – 1,000 ลิตรต่อวัน และเป็นกระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชันแบบไม่ต่อเนื่องขั้นตอนเดียว ส่วนมากใช้น้ำมันพืชใช้แล้วเป็นวัตถุดิบ ได้จากการรวบรวมเองหรือรับซื้อตามชุมชนซึ่งมักจะมีตะกอนเศษอาหารและน้ำเจือปนอยู่มาก จึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนการตกตะกอนออก เพื่อไม่ให้สิ่งปนเปื้อนเหล่านี้ไปขัดขวางปฏิกิริยา และเนื่องจากไบโอดีเซลชุมชนมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมและช่วยเหลือภาคการเกษตร ดังนั้นมาตรฐานต่างๆ ของผลิตภัณฑ์จึงมีข้อกำหนดที่น้อยกว่า เพื่อให้สามารถผลิตไบโอดีเซลใช้ได้เองในราคาถูก และอุปกรณ์เครื่องผลิตไม่ซับซ้อนมากนัก โดยเทคโนโลยีของเครื่องผลิต ส่วนใหญ่ได้รับการส่งเสริมจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ตามโครงการไบโอดีเซลชุมชน 72 แห่ง และโครงการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานด้วยไบโอดีเซลชุมชนของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นเครื่องชุดสำเร็จ มีราคาไม่สูง มีศักยภาพเพียงพอสำหรับการผลิตไบโอดีเซลเพื่อใช้กับเครื่องจักรกลทางการเกษตรได้กระบวนการผลิต เครื่องชุดสำเร็จ ประกอบด้วย ถัง 4 ชุด คือ ถังผสมโซเดียมเมทอกไซด์ 1 ใบ ถังปฏิกรณ์ขนาด 100-120 ลิตร 1 ใบ ถังล้างน้ำ 1 ใบ และถังเก็บไบโอดีเซล 1 ใบ ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แผนผังกระบวนการผลิตของเครื่องไบโอดีเซลชุมชน [29]

จากข้อกำหนดด้านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ประกาศโดยกรมธุรกิจพลังงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์ ปี พ.ศ. 2550 และไบโอดีเซลชุมชน ปี พ.ศ. 2549 นั้น จึงอาจพิจารณาให้การผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยแบ่งเป็น 2 ระดับด้วยเช่นกัน โดยไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์ เป็นโรงงานผลิตที่มีขนาดใหญ่มีกำลังการผลิตและการลงทุนสูง ไบโอดีเซลที่ผลิตขึ้นมีสมบัติตามมาตรฐานประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน สามารถใช้น้ำมันไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูงได้ และจำหน่ายในสถานบริการเชื้อเพลิง ในขณะที่ไบโอดีเซลชุมชนเป็นโรงงานผลิตขนาดเล็กมีกำลังการผลิตต่ำและผลิตเพื่อใช้กับเครื่องจักรกลทางการเกษตรเท่านั้น และไม่จำหน่ายในสถานบริการเชื้อเพลิง ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2550

และไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร พ.ศ. 2549 เพื่อการควบคุมคุณภาพของไบโอดีเซลที่ผลิต
ทั้งในเชิงพาณิชย์และชุมชน ดังแสดงในตารางที่ 2.11 และ 2.12 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.11 กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน
พ.ศ.2550 (ไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์) [29]

รายการ	ข้อกำหนด		อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ
1.	เมทิลเอสเทอร์	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่ต่ำกว่า	96.5	EN 14103
2.	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 C°	กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	860 900	ASTM D 1298
3.	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 C°	เซนติสโตกส์	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	3.5 5.0	ASTM D 445
4.	จุดวาบไฟ	C°	ไม่ต่ำกว่า	120	ASTM D 93
5.	กำมะถัน	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 2622
6.	กากถ่าน (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น)	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.30	ASTM D 4530
7.	จำนวนซีเทน		ไม่ต่ำกว่า	51	ASTM D 613
8.	เถ้าซัลเฟต	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.02	ASTM D 874
9.	น้ำ	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.050	EN ISO 12937
10.	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.0024	EN 12662
11.	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง		ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	ASTM D 130
12.	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 C°	ชั่วโมง	ไม่ต่ำกว่า	6	EN 14112
13.	ค่าของกรด	มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม	ไม่สูงกว่า	0.50	ASTM D 664
14.	ค่าไอโอดีน	กรัมไอโอดีน/100 กรัม	ไม่สูงกว่า	120	EN 14111
15.	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	12.0	EN 14103
16.	เมทานอล	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14110

ตารางที่ 2.11 กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน
พ.ศ.2550 (ไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์) (ต่อ) [29]

รายการ	ข้อกำหนด		อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ
17.	โมนอกลิเซอไรด์	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.80	EN 14105
18.	ไดกลิเซอไรด์	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
19.	ไตรกลิเซอไรด์	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
20.	กลีเซอรินอิสระ	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.02	EN 14105
21.	กลีเซอริน ทั้งหมด	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.25	EN 14105
22.	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียม และ โพแทสเซียม)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ไม่สูงกว่า	5.0	EN 14108 และ EN 14109
	โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและ แมกนีเซียม)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ไม่สูงกว่า	5.0	prEN 14538
23.	ฟอสฟอรัส	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 4951

ตารางที่ 2.12 กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร พ.ศ. 2549
(ไบโอดีเซลชุมชน) [29]

รายการ	ข้อกำหนด		อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ ¹
1.	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 C°	กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	900	ASTM D 1298
2.	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 C°	เซนติสโตกส์	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	1.9 8.0	ASTM D 445
3.	จุดวาบไฟ	C°	ไม่ต่ำกว่า	120	ASTM D 93
4.	กำมะถัน	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.0015	ASTM D 2622
5.	จำนวนซีเทน		ไม่ต่ำกว่า	47	ASTM D 613
6.	เถ้าซิลเฟด	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.02	ASTM D 874
7.	น้ำและตะกอน	ร้อยละโดยปริมาตร	ไม่สูงกว่า	0.2	ASTM D 2709
8.	การกัดกร่อนแผ่น ทองแดง		ไม่สูงกว่า	หมายเลข 3	ASTM D 130

ตารางที่ 2.12 กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร พ.ศ. 2549
(ไบโอดีเซลชุมชน) (ต่อ) [29]

รายการ	ข้อกำหนด		อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ ¹
9.	ค่าความเป็นกรด		ไม่สูงกว่า	0.80	ASTM D 664
10.	กลีเซอรินอิสระ	มิลลิกรัม โพแทสเซียม ไฮดรอกไซด์/กรัม	ไม่สูงกว่า	0.02	ASTM D 6584
11.	กลีเซอรินทั้งหมด	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	1.5	ASTM D 6584
12.	สี	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	ม่วง ²	ตรวจพินิจด้วย สายตา
13.	สารเติมแต่ง (ถ้ามี)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน			

- หมายเหตุ: 1. วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้
2. ใช้สารประกอบประเภท 1,4-dialkylamino anthraquinone และ alkyl derivatives of azobenzene- 4-azo-2- naphthol

2.2.3 น้ำมันเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์

ปัจจุบันน้ำมันเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์จากมวลชีวภาพ เป็นเชื้อเพลิงชนิดใหม่ชนิดหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจ เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้คือมวลชีวภาพประเภทลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulosic) ได้แก่ ไม้ และวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ได้แก่ ชานอ้อย และลำต้น ยอด ใบ และชังข้าวโพด เป็นต้น โดยวัตถุดิบเหล่านี้ประเทศไทยมีศักยภาพมาก หากการวิจัยประสบความสำเร็จถึงขั้นใช้ในพาณิชย์ได้อย่างแพร่หลาย จะเป็นการเปิดโอกาสให้มีการใช้มวลชีวภาพปริมาณมากเพื่อผลิตเชื้อเพลิง โดยไม่กระทบกับการผลิตอาหาร ซึ่งมีหลายประเทศทำการศึกษาวิจัยเช่น เยอรมัน ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น

2.2.3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์

การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์สามารถนำมวลชีวภาพมาใช้ได้หลากหลายชนิด เช่น เศษไม้จากป่าไม้หรือฟืน เศษไม้จากโรงเลื่อยหรืออุตสาหกรรมการผลิตเครื่องเรือนจากไม้ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ชานอ้อย ยอดอ้อย ใบอ้อย แกลบ ฟางข้าว ทะลายปาล์ม เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม กะลามะพร้าว ทะลายมะพร้าว ลำต้นมันสำปะหลัง ลำต้น ยอด ใบ และชังข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง

ลำต้นฝ้าย ลำต้นใบและเปลือกถั่วเหลือง และไม้เชื้อเพลิง เช่น ยูคาลิปตัส โดยมีมวลชีวภาพแต่ละชนิด จะมีศักยภาพในการผลิตน้ำมันไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในของมวลชีวภาพชนิดนั้น กระบวนการเปลี่ยนมวลชีวภาพประเภทลิกโนเซลลูโลสให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงเหลวมีความยุ่งยาก ซับซ้อนกว่ากระบวนการเปลี่ยนมวลชีวภาพประเภทแป้งและน้ำตาลให้เป็นเอทานอลหรือ กระบวนการเปลี่ยนพืชน้ำมันให้เป็นน้ำมันไบโอดีเซล จึงมีความพยายามที่จะพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพื่อลดต้นทุนจากกระบวนการผลิตให้ถูกลง

เทคโนโลยีการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์มีหลายเทคโนโลยี แต่เทคโนโลยีที่มีความสำคัญ และมีการศึกษาอย่างแพร่หลายในปัจจุบันมี 2 เทคโนโลยีได้แก่

1. เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน/ฟิชเชอร์โทรปช์ (Gasification/Fischer Tropsch)
2. เทคโนโลยีไพโรไลซิส (Pyrolysis)

2.2.3.2 เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน

กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ใช้ในการแปลงสภาพมวลชีวภาพภายใต้สภาวะที่มีการจำกัดปริมาณออกซิเจนที่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) เพื่อให้เป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Combustion) หรือ (Partial Combustion) ประกอบด้วยกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางกายภาพ ได้แก่ การทำแห้ง การไพโรไลซิส การรีดักชัน และการเผาไหม้ ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปพลังงานทางเคมีความร้อนที่อุณหภูมิสูงในช่วง 800-1,800 องศาเซลเซียส โดยแก๊สที่เกิดจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันเป็นแก๊สที่สามารถเผาไหม้ได้ (Combustibles Gas) แก๊สนี้เรียกว่าแก๊สเชื้อเพลิง (Producer Gas) มีส่วนประกอบคือ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สมีเทน (CH₄) แก๊สไฮโดรเจน (H₂) แก๊สไนโตรเจน (N₂) และสารระเหยต่างๆ เป็นองค์ประกอบ ซึ่งคุณภาพของแก๊สเชื้อเพลิงจะขึ้นอยู่กับชนิดของกระบวนการผลิต การควบคุมการเกิดปฏิกิริยา และวัสดุที่นำมาเป็นเชื้อเพลิง โดยทั่วไปเชื้อเพลิงที่นิยมนำมาใช้คือ ไม้ ถ่าน แกลบ ชีءเลี้ยง สัดส่วนของแก๊สเชื้อเพลิงที่เกิดจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันที่พิเศษไม่ใช่วัตถุดิบ แสดงในตารางที่ 2.13 สามารถนำแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น การนำไปเผาให้ความร้อนโดยตรงในหม้อไอน้ำ การใช้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ เครื่องกังหันแก๊ส การใช้กับเซลล์เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า และใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตน้ำมันสังเคราะห์สำหรับการขนส่ง [30]

ตารางที่ 2.13 สัดส่วนของแก๊สเชื้อเพลิงที่เกิดจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันที่ใช้เศษไม้ [31]

ชนิดของแก๊ส	ร้อยละโดยมวล
CO	24
H ₂	14
CO ₂	11
CH ₄	3

2.2.3.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันได้แก่

1. ความชื้นของเชื้อเพลิง (Moisture Content) ช่วยทำให้สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนในแก๊สเชื้อเพลิงสูงขึ้น แต่ความชื้นจะทำให้ประสิทธิภาพของเตาผลิตแก๊สและค่าความร้อนที่ได้ลดลง
2. ขนาดของเชื้อเพลิง (Fuel Size) มีผลต่อความดันตกคร่อม (Pressure Drop) ภายในเตาแก๊สซิฟายเออร์ ถ้าเกิดความดันตกภายในเครื่องมากเกินไปจะทำให้ต้องใช้พลังงานในการนำอากาศเข้าและพาแก๊สที่ได้ออกจากเตามาก เพราะถ้าเชื้อเพลิงมีขนาดใหญ่เกินไปเมื่อเทียบกับขนาดเครื่อง เมื่อเผาไหม้แล้วเชื้อเพลิงจะไหลลงไม่สะดวกและไม่ทันกับการเผาไหม้ที่มีอากาศเข้าเท่าเดิม อัตราการป้อนอากาศต่อเชื้อเพลิงจึงสูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นถึง 2,000 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงพอที่จะเหนียวนำไปเกิดเถ้าหลอมในเชื้อเพลิงทุกชนิดได้
3. การกระจายขนาด (Size Distribution) เชื้อเพลิงที่ดีต้องมีขนาดที่สม่ำเสมอไม่แตกต่างกันมาก เพราะถ้าแตกต่างกันมากอากาศและแก๊สจะไหลผ่านตามช่องว่างที่เกิดจากเชื้อเพลิงขนาดใหญ่และเล็กเกยกันอยู่ ทำให้บางบริเวณมีการเผาไหม้รุนแรงแต่บางบริเวณเย็นตัวลง และอาจสลับกันในเวลาต่อมาทำให้เกิดการหลอมเป็นก้อนติดกัน
4. ความหนาแน่นของบัตก์ (Bulk Density) เป็นค่าที่แสดงลักษณะการใช้ปริมาตรของเชื้อเพลิงนั้น กล่าวคือเมื่อเทเชื้อเพลิงที่เป็นเม็ดลงในภาชนะ รูปทรงของแต่ละเม็ดจะทำให้ผิวของเม็ดเชื้อเพลิงแนบกันไม่ได้ นั่นคือเกิดช่องว่างระหว่างเม็ดเชื้อเพลิง ทำให้เปลืองปริมาตรในภาชนะ บรรจุได้น้ำหนักน้อยเนื่องจากมีช่องว่างอากาศ ทำให้ค่าความหนาแน่นโดยรวมต่ำลง โดยทั่วไปเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตแก๊สจะเปลืองเนื้อที่ประมาณ 20-75 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรบรรจุ

5. สารระเหยในเชื้อเพลิง (Volatile Matter) ที่ปล่อยออกมาระหว่างปฏิกิริยา ถ้าความแน่นที่อุณหภูมิ 100-500 องศาเซลเซียส สามารถทำให้เกิดน้ำมันดินและน้ำมันที่กลั่นตัวต่างๆ ถ้าเชื้อเพลิงมีสารระเหยมากอาจสร้างปัญหาได้ เนื่องจากน้ำมันดินและไอน้ำมันที่มีอุณหภูมิความแน่น 120-150 องศาเซลเซียส จะเกาะฝังตัวบนผนังทำให้ต้องแยกออกก่อนนำไปใช้งาน
6. เถ้า (Ash) เกิดจากสารแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบในเชื้อเพลิงรวมตัวกับออกซิเจนขณะเผาไหม้ ในความเป็นจริงอาจจะมีถ่านชาร์ (Char) ค้างอยู่ด้วย สัดส่วนของเถ้าในเชื้อเพลิงจะมีผลต่อการทำงานของเตาแก๊สซิฟายเออร์ ถ้ามีสัดส่วนสูงจะทำให้พลังงานของแก๊สเชื้อเพลิงลดลง และเตาแก๊สซิฟายเออร์ต้องสำรองเนื้อที่เก็บเถ้ามากขึ้น มวลชีวภาพส่วนใหญ่จะมีเถ้าประมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นแกลบและฟางข้าวจะมีสัดส่วนเถ้าประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์
7. ความหนาของชั้นเชื้อเพลิง จะมีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในเตาเผา ในกรณีที่มีความหนาของชั้นเชื้อเพลิงสูงจะทำให้บริเวณที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันมีช่วงกว้างขึ้น ปฏิกิริยาทางเคมีจะเปลี่ยนแก๊ส CO_2 ให้เป็น CO ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิของเตาลดลง

2.2.3.2.2 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันสามารถแบ่งโซนการเกิดปฏิกิริยาออกเป็น 4 โซนคือ

1. Combustion หรือ Oxidation Zone 2. Reduction Zone 3. Pyrolysis หรือ Distillation Zone และ 4. Drying Zone [30]

1. Combustion Zone

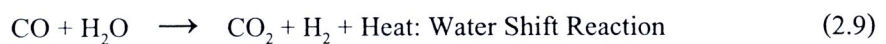
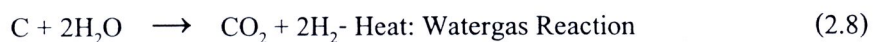
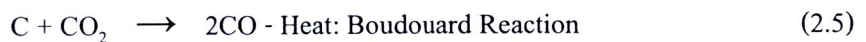
โซนการเผาไหม้ (Combustion Zone) ในบริเวณโซนนี้เป็นตำแหน่งที่มวลชีวภาพกับออกซิเจนทำปฏิกิริยาเคมีกัน โดยคาร์บอนและไฮโดรเจนที่มีอยู่ในมวลชีวภาพจะเผาไหม้กับออกซิเจนที่อยู่ในอากาศ ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ ดังสมการที่ (2.3) และ (2.4)



ปฏิกิริยาในโซนการเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic Reaction) โดยความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาคูดความร้อนในโซนก่อนเกิดแก๊สและโซนกลั่นสลาย โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในโซนการเผาไหม้จะมีค่ามากกว่า 800 องศาเซลเซียส ขึ้นไป

2. Reduction Zone

โซนปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction Zone) ผลิตแก๊สที่ได้จากกระบวนการเผาไหม้จะไหลผ่านมายังโซนกำเนิดแก๊ส โดยที่ในโซนนี้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของแก๊สที่เผาไหม้ไม่ได้ นั่นก็คือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ ที่ได้จากโซนการเผาไหม้ให้กลายเป็นแก๊สที่สามารถเผาไหม้ได้ (Combustibles Gas) ซึ่งมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นหลายปฏิกิริยาร่วมกัน และมีช่วงของอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาอยู่ระหว่าง 600-900 องศาเซลเซียส โดยคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำที่เกิดขึ้นจากโซนการเผาไหม้ไหลผ่านคาร์บอนที่กำลังลุกไหม้อยู่ ก่อให้เกิดปฏิกิริยาได้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจนและมีเทน ดังสมการที่ (2.5) ถึง (2.9)

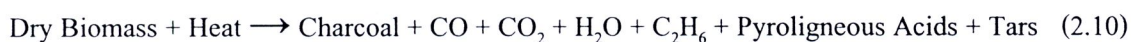


ในขณะที่แก๊สจากโซนการเผาไหม้ไหลเข้ามาโซนนี้ทำให้อุณหภูมิของแก๊สลดลงเนื่องจากในสมการที่ (2.5) (2.6) และ (2.8) เป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน (Endothermic Reaction) ในขณะเดียวกันไฮโดรเจนบางส่วนก็ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนทำให้เกิดเป็นแก๊สมีเทนได้เล็กน้อยดังสมการที่ (2.7) โดยจะเกิดขึ้นที่ความดันสูง และเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนเช่นเดียวกับสมการที่ (2.9) โดยเป็นปฏิกิริยาที่จะเกิดขึ้นถ้าในมวลชีวภาพหรือในระบบมีความชื้นมากเกินไป ซึ่งทำให้แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าความร้อนลดลง โดยทั่วไปแล้วปฏิกิริยาหลักที่เกิดขึ้นในโซนก่อนเกิดแก๊สจะมีอยู่ 3 ปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยาในสมการที่ (2.5) (2.6) และ (2.7) ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะดีเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเร็วระหว่างแก๊สกับมวลชีวภาพที่สัมผัสกัน และพื้นที่ที่แก๊สสัมผัสกับผิวมวลชีวภาพ ดังนั้นขนาดมวลชีวภาพที่ป้อนเข้าเตาจึงมีผลต่อการผลิตแก๊สถ้ามวลชีวภาพมีขนาดใหญ่จะมีช่องว่างระหว่างเชื้อเพลิงมากและมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำเป็นผลทำให้อากาศที่ไหลเข้าไหลเข้าไปในระบบมาก ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นก็น้อยตามไปด้วย

3. Pyrolysis Zone

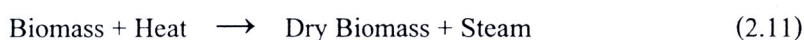
โซนกลั่นสลาย (Pyrolysis Zone) ในโซนนี้มวลชีวภาพจะถูกย่อยสลายด้วยความร้อนโดยปราศจากออกซิเจนในการทำปฏิกิริยา ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อนเพื่อเปลี่ยนสารออร์แกนิกที่อยู่ในมวล

ชีวภาพทำให้เกิดสารระเหย (Volatile Matter) ออกมา ซึ่งมีองค์ประกอบหลายชนิด โดยมีทั้ง เมทานอล กรดน้ำส้ม น้ำมันดิน เป็นต้น โดยอุณหภูมิในโซนนี้เกิดขึ้นระหว่าง 135-600 องศาเซลเซียส ของแข็งที่เหลือจากกระบวนการกลั่นสลายคือ คาร์บอนในรูปของถ่านซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อในโซนก่อนเกิดแก๊ส และโซนการเผาไหม้ ดังสมการที่ (2.10)



4. Drying Zone

โซนไล่ความชื้น (Drying Zone) ในโซนนี้ความร้อนจะลดลงมากทำให้อุณหภูมิในโซนนี้ไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการกลั่นสลายตัวของสารระเหย แต่สามารถที่จะระเหยความชื้นที่มีอยู่ภายในตัวมวลชีวภาพออกมาในรูปของ ไอน้ำส่งผลทำให้มวลชีวภาพมีปริมาณความชื้นลดลง โดยโซนนี้จะเกิดขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิบรรยากาศไปจนถึง 135 องศาเซลเซียส ดังสมการที่ (2.11)



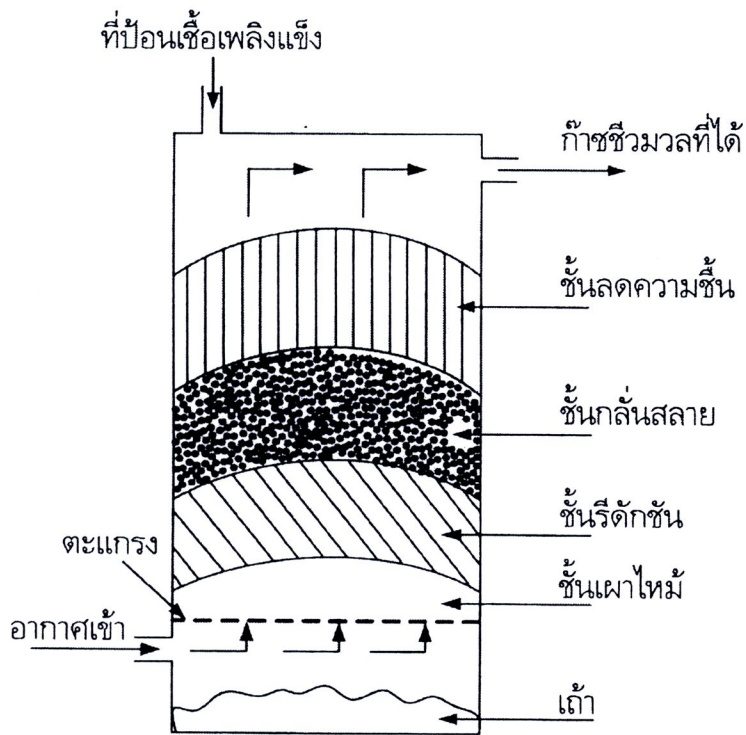
2.2.3.2.3 ประเภทของเตาแก๊สซิฟายเออร์ (Gasifier) สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เตาปฏิกิริยาแบบชั้นเชื้อเพลิงนิ่ง และเตาปฏิกิริยาแบบชั้นของไหล

- เตาปฏิกิริยาแบบชั้นเชื้อเพลิงนิ่ง

เตาประเภทนี้สามารถแบ่งตามทิศทางการไหลของแก๊สเชื้อเพลิงได้เป็น 3 แบบคือ

1. Updraft Gasifier (เตาแบบแก๊สไหลขึ้น)

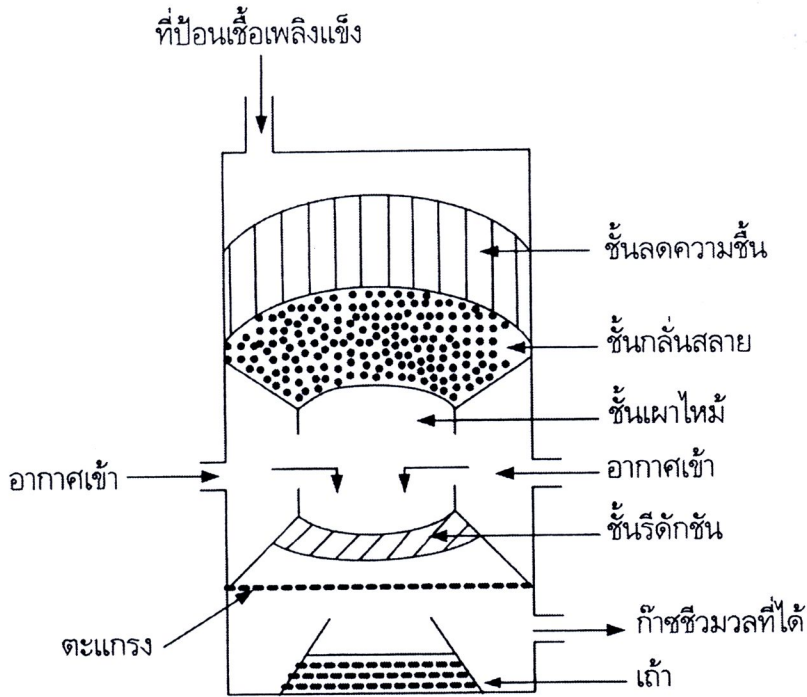
เตาแบบนี้มวลชีวภาพจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของเตา และอากาศจะถูกส่งผ่านตะแกรงเข้ามาจากด้านล่าง บริเวณเหนือตะแกรงเป็นบริเวณที่มวลชีวภาพเกิดการเผาไหม้ เกิดปฏิกิริยาขึ้นได้แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ แก๊สร้อนที่มีอุณหภูมิสูงจะถูกส่งไปที่บริเวณปฏิกิริยารีดักชันซึ่งเป็นบริเวณที่มีปริมาณของคาร์บอนมากเพียงพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยากับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ได้เป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน จากนั้นแก๊สที่ได้จะไหลเข้าสู่ชั้นของมวลชีวภาพที่เพิ่งป้อน แก๊สยังคงมีอุณหภูมิสูงอยู่จึงทำให้ความชื้นที่อยู่ในมวลชีวภาพที่เพิ่งป้อนเข้ามาระเหยออก และทำให้แก๊สที่ได้มีอุณหภูมิต่ำลงก่อนออกจากเตา ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 เตาแบบแก๊สไหลขึ้น [2]

2. Downdraft Gasifier (เตาแบบแก๊สไหลลง)

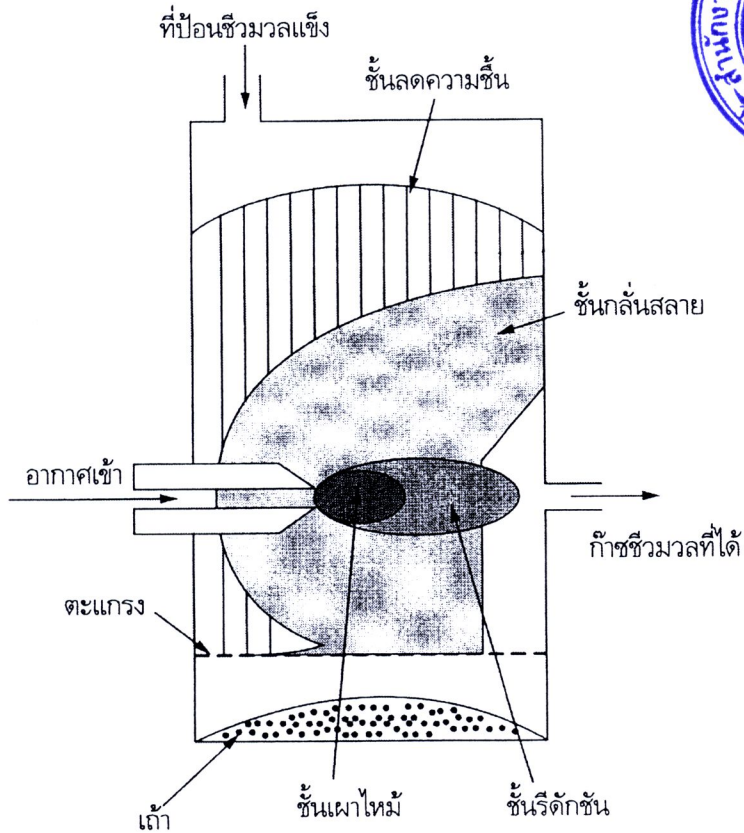
เตาประเภทนี้ถูกพัฒนาเพื่อกำจัดน้ำมันดินที่มีอยู่ในมวลชีวภาพแข็งโดยเฉพาะ โดยอากาศจะถูกดูดผ่านจากด้านบนของเตาลงสู่ด้านล่างของเตาผ่านกลุ่มของหัวฉีดซึ่งในบริเวณนี้จะเกิดการเผาไหม้ของมวลชีวภาพ แก๊สที่ได้จากบริเวณนี้จะเกิดการรีดักชันในขณะที่ไหลลงด้านล่างและผ่านชั้นของคาร์บอนร้อนซึ่งอยู่เหนือตะแกรง ขณะเดียวกันในชั้นของมวลชีวภาพที่อยู่ทางด้านบนของบริเวณเผาไหม้จะมีปริมาณออกซิเจนน้อยมากทำให้เกิดการสลายตัวทางความร้อน และไอน้ำของน้ำมันดินที่เกิดขึ้นจะไหลผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อนทำให้น้ำมันดินเกิดการแตกตัวเป็นแก๊ส ซึ่งจะเกิดในช่วงอุณหภูมิ 800-1000 องศาเซลเซียส เตาแบบนี้แก๊สที่ได้จะมีความสะอาดกว่าเตาแบบแก๊สไหลขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 เตาแบบแก๊สไหลลง [2]

3. Cross Draft (เตาแบบแก๊สไหลขวาง)

เตาแบบนี้อากาศจะถูกดูดผ่านหัวฉีดซึ่งอยู่ในแนวราบ บริเวณที่เกิดการเผาไหม้จะอยู่ถัดจากหัวฉีดออกไป และถัดออกไปอีกจะเป็นบริเวณที่เกิดการรีดักชัน แก๊สที่ได้จากมวลชีวภาพจะออกสู่ภายนอกโดยผ่านตะแกรงรอบเตาซึ่งอยู่ในแนวตั้งโดยรอบ ไอสารระเหยและน้ำมันดินที่ด้านการไพโรไลซิสจะผ่านบริเวณรีดักชันอุณหภูมิสูงก่อนที่จะออกไปสู่ภายนอกเตาส่งผลทำให้น้ำมันและน้ำมันดินเกิดการแตกตัวเป็นแก๊สก่อน ทำให้แก๊สที่ได้จากมวลชีวภาพมีปริมาณน้ำมันและน้ำมันดินต่ำ เตาแบบนี้ได้ถูกออกแบบให้สามารถใช้กับขานพาหนะ เนื่องจากมีน้ำหนักเบาและมีผลตอบสนองเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของภาระที่กระทำอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.19

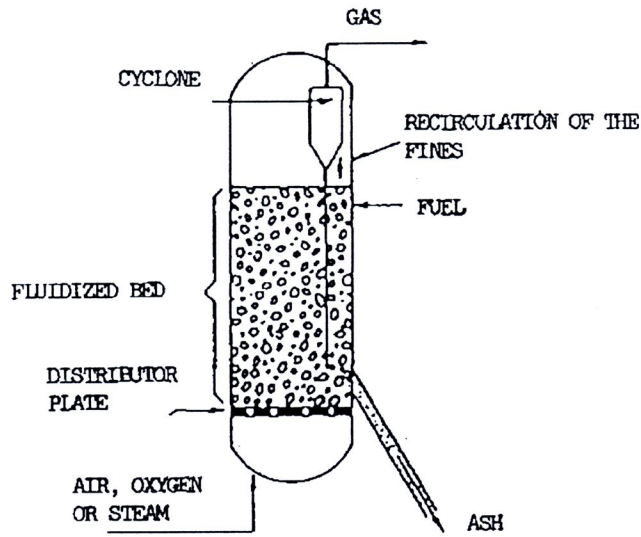


รูปที่ 2.19 เตาแบบแก๊สไหลขวาง [2]

- เตาปฏิกรณ์แบบชั้นของไหล (Fluidized Bed)

1. Bubbling (แบบพองอากาศ)

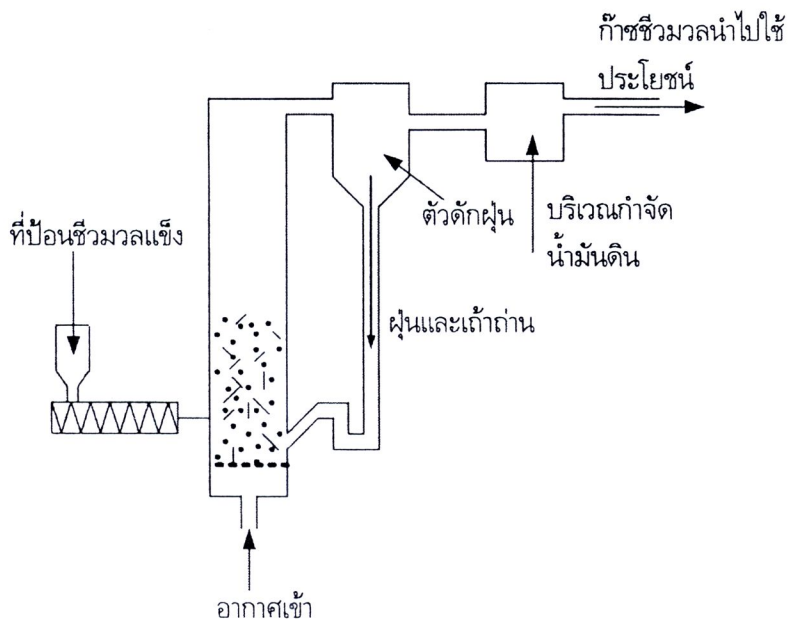
เตาแบบนี้แก๊สจะมีความเร็วต่ำซึ่งถูกพัฒนามาจากเตาแบบชั้นเชื้อเพลิงนิ่งที่กระบวนการในระบบจะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาทางเคมีและสภาพทางกายภาพของมวลชีวภาพ การทำงานของเตาแบบนี้คือทำให้กลุ่มมวลชีวภาพขนาดเล็กอยู่ในสถานะคล้ายเป็นของไหลโดยการสัมผัสกับแก๊สหรือของเหลวในชั้นของไหล แรงโน้มถ่วงที่ทำต่อน้ำหนักกลุ่มมวลชีวภาพขนาดเล็กจะถูกต้านด้วยแรงจากการไหลขึ้นของแก๊สทำให้กลุ่มมวลชีวภาพขนาดเล็กอยู่ในสถานะกึ่งแขวนลอย แก๊สหรืออากาศจะไหลผ่านเม็ดของแข็งที่อยู่บนตะแกรงพรุน เมื่อเริ่มติดไฟเม็ดวัสดุจะเริ่มร้อนจนมีอุณหภูมิสูงถึงจุดติดไฟของเม็ดของแข็ง (เชื้อเพลิง) ดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 เตาแบบแบบฟองอากาศ [2]

2. Circulating (แบบหมุนวน)

เตาแบบนี้ได้ถูกพัฒนาเพื่อลดปริมาณถ่านที่หลุดออกจากปฏิกิริยาโดยการนำกลับมาวนเข้าเตาปฏิกิริยาซ้ำ โดยมีหลักการคือ การทำให้ในเตามีระดับความปั่นป่วนสูง อนุภาคจะถูกพัดออกไปยังนอกชั้นของไหลและถูกดักด้วยลมวนไซโคลนจึงกลับเข้ามาในห้องเผาไหม้อีกครั้ง ซึ่งเตาแบบนี้ชั้นของไหลจะมีความเร็วของแก๊สสูงกว่าแบบฟองอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.21

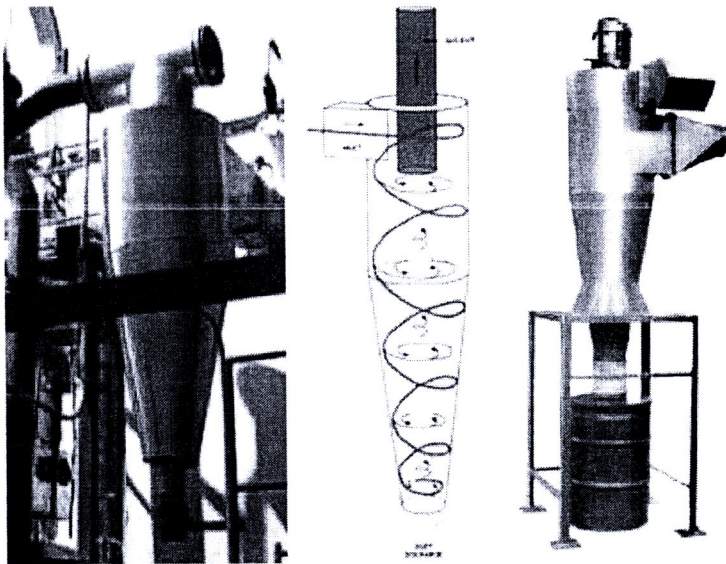


รูปที่ 2.21 เตาแบบหมุนวน [2]

2.2.3.2.4 อุปกรณ์ทำความสะอาดแก๊สเชื้อเพลิง

1. ไซโคลน (Cyclone)

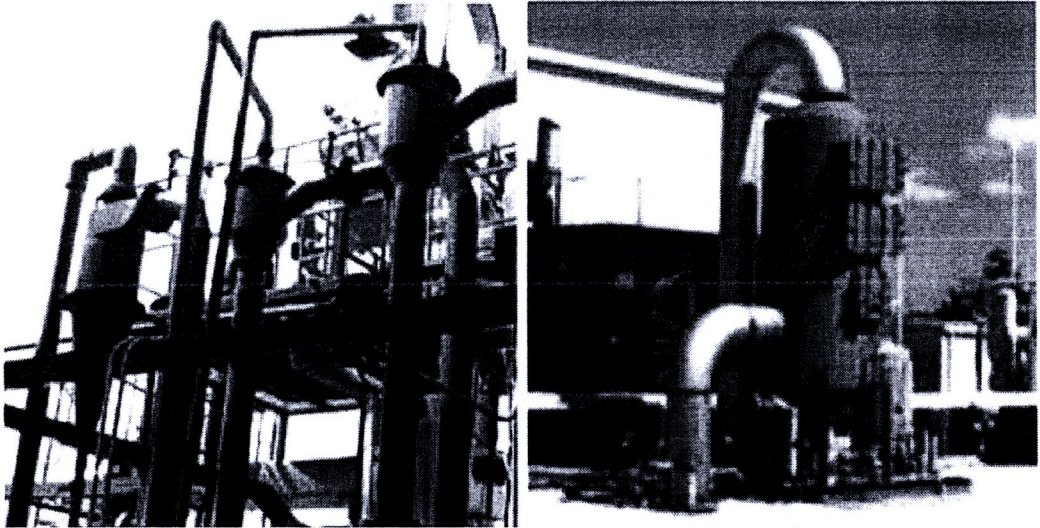
การทำงานของไซโคลนจะอาศัยหลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) โดยฝุ่นและอากาศจะไหลเข้าสู่ไซโคลนทางด้านข้างผ่านช่องทางเข้าที่มีลักษณะโค้ง ซึ่งอากาศและฝุ่นจะถูกบังคับให้เกิดการหมุนวน ทำให้ฝุ่นถูกเหวี่ยงไปปะทะกับผนังด้านข้างของไซโคลน และตกลงสู่ด้านล่างของไซโคลนด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ในขณะเดียวกัน อากาศซึ่งปราศจากฝุ่นจะไหลออกจากไซโคลนทางด้านบน การเคลื่อนที่ของอากาศและฝุ่นที่เข้าสู่ไซโคลนอาจเกิดจากแรงดูดหรือแรงเป่าก็ได้ ขึ้นอยู่กับว่าไซโคลนติดตั้งอยู่ด้านหน้าหรือด้านหลังพัดลม ด้วยหลักการทำงานที่กล่าวข้างต้น จึงทำให้ไซโคลนเหมาะสำหรับแยกฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ (ฝุ่นหยาบ) เท่านั้น แสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ไซโคลนดักฝุ่น [32]

2. สกรับเบอร์ (Scrubber)

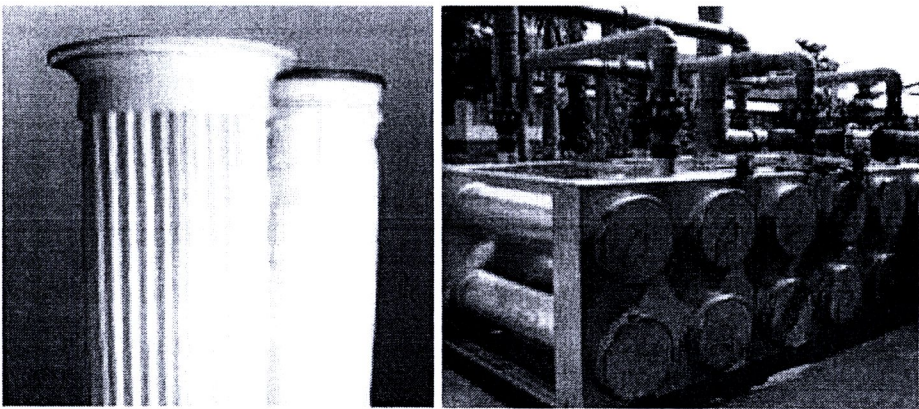
การทำงานของสกรับเบอร์อาศัยการกระจายน้ำโดยหัวฉีดความดันต่ำ ฟ่นละอองน้ำผ่านการไหลของแก๊สเชื้อเพลิงที่สกปรกเพื่อคัดแยกสิ่งสกปรกออก โดยประสิทธิภาพของระบบมีค่าประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ แสดงในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 สกรับเบอร์ [32]

3. ระบบกรอง (Filter)

ระบบกรองทำหน้าที่ดักฝุ่นละอองที่มีอนุภาคขนาดเล็กเพื่อให้ได้แก๊สที่สะอาด โดยใช้ถุงผ้ากรองในการกรองฝุ่นประสิทธิภาพการกรองขึ้นอยู่กับความละเอียดของถุงกรอง แสดงในรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 เครื่องกรองแก๊สเชื้อเพลิงที่มาจากเตาแก๊สซีฟิเออร์ [32]

2.2.3.2.5 การนำขยะมูลฝอยชุมชนมาเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน

โดยทั่วไปขยะมูลฝอยที่รวบรวมได้ จะเป็นขยะที่ผสมกันระหว่างส่วนที่เผาไหม้ได้และส่วนที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ ก่อนที่จะนำขยะมูลฝอยมาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อป้อนเข้าเตาแก๊สซิฟิเออร์นั้น จะต้องผ่านกระบวนการคัดแยกก่อนในโรงรับและคัดแยกมูลฝอย เพื่อแยกขยะที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ออกก่อน ทำให้ต้องมีการลงทุนในส่วนนี้ค่อนข้างสูงทั้งต้นทุนและค่าใช้จ่ายดำเนินการ โดยเฉพาะหากไม่

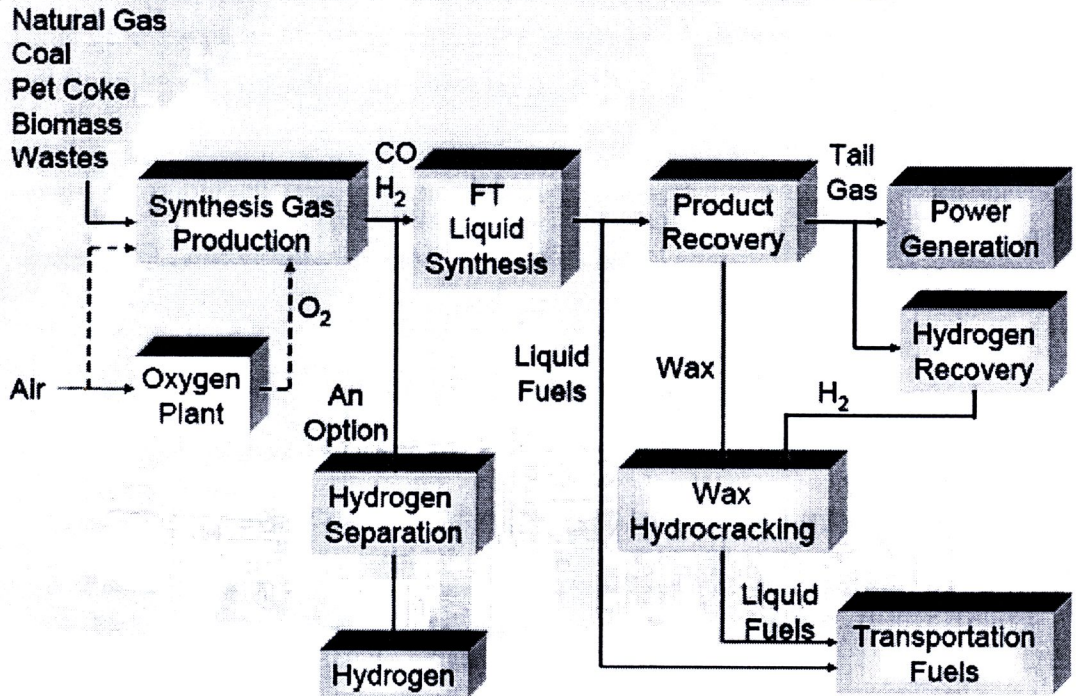
มีการแยกขยะมาตั้งแต่ที่ทิ้ง ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งคือ ขยะมูลฝอยชุมชนประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ซึ่งมีคุณลักษณะแตกต่างกันมาก เช่น มีความแตกต่างกันของค่าความร้อน ความชื้น ปริมาณเถ้า องค์ประกอบของสารระเหย ความหนาแน่น และธาตุองค์ประกอบ ดังนั้นเมื่อป้อนเข้าระบบจะทำให้ยากต่อการควบคุมระบบให้เดินได้อย่างราบเรียบ การทำให้ขยะมูลฝอยกลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกันสามารถทำได้โดยการย่อยและผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน แต่กระบวนการดังกล่าวต้องใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายที่สูง หรือป้อนขยะมูลฝอยที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel, RDF) [33]

ปัจจุบันการนำขยะมูลฝอยชุมชนมาเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน ยังคงเป็นในลักษณะทดลองและโครงการต้นแบบเป็นส่วนใหญ่ โดยยังไม่มีการใช้งานในเชิงพาณิชย์มากเท่าใดนัก อย่างไรก็ตามระบบแก๊สซิฟิเคชันซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้อากาศเผาไหม้ส่วนเกินน้อยกว่าเตาเผาขยะ ส่งผลให้เกิดข้อดีคือทำให้โอกาสในการเกิดไดออกซิน (Dioxin) น้อยกว่าการเผาไหม้โดยตรงในเตาเผาขยะ และระบบผลิตไฟฟ้าแบบแก๊สซิฟิเคชันจะมีขนาดและจำนวนอุปกรณ์น้อยกว่าโรงไฟฟ้าที่ใช้เตาเผาขยะ ส่งผลให้มีเงินลงทุนน้อยกว่าโรงไฟฟ้าที่ใช้เตาเผาขยะ

2.2.3.3 เทคโนโลยี Fischer - Tropsch

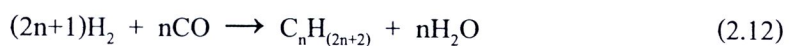
กระบวนการฟิชเชอร์โทรปช์ (Fischer-Tropsch) เป็นปฏิกิริยาเคมีที่ใช้สังเคราะห์ไฮโดรคาร์บอนสายยาวจากแก๊สผสมระหว่างไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้ออกไซด์ที่ประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนเพียงอะตอมเดียวในหนึ่งโมเลกุลกับไฮโดรเจนแล้วเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบที่เป็นของเหลวที่มีไฮโดรเจนและคาร์บอนเท่านั้น ซึ่งอยู่ในหลายรูปแบบ ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มักจะใช้กันคือเหล็กและโคบอลต์ วัตถุประสงค์ของกระบวนการฟิชเชอร์โทรปช์คือการผลิตน้ำมันสังเคราะห์ขึ้นมาทดแทนพลังงานจากถ่านหินและแก๊สธรรมชาติ [34] เทคโนโลยีกระบวนการฟิชเชอร์โทรปช์ ดังแสดงในรูปที่ 2.25

Fischer-Tropsch Technology



รูปที่ 2.25 เทคโนโลยีกระบวนการฟิชเชอร์โทรปช์ [35]

สมการทางเคมีของกระบวนการฟิชเชอร์โทรปช์



สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ($C_nH_{(2n+2)}$) ที่เกิดขึ้นจากสมการเคมี (2.12) เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์ที่ได้จากกระบวนการฟิชเชอร์โทรปช์สามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมได้ สารตั้งต้นของปฏิกิริยาเคมีในสมการเคมี (2.12) เกิดจากการผลิตแก๊สสังเคราะห์จากมวลชีวภาพโดยใช้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน



สมการเคมี (2.13) ปฏิกิริยาเคมีการเผาไหม้มวลชีวภาพ ($C_nH_{(2n+2)}$) เกิดขึ้นโดยมวลชีวภาพทำปฏิกิริยาเคมีกับแก๊สออกซิเจนในอากาศป้อนได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สสังเคราะห์



สมการเคมี (2.14) แก๊สมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากสมการ (2.7) เกิดขึ้นโดยไฮโดรเจนบางส่วนทำปฏิกิริยากับคาร์บอนเกิดเป็นแก๊สมีเทน ซึ่งแก๊สมีเทนที่ได้ทำปฏิกิริยาเคมีกับออกซิเจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สสังเคราะห์



สมการเคมี (2.15) การทำปฏิกิริยาเคมีของคาร์บอนอะตอมเดี่ยวในถ่านกับไอน้ำได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สสังเคราะห์ ปกติถ่านหรือมวลชีวภาพและไอน้ำต้องใช้พลังงานในการเกิดปฏิกิริยา โดยต้องใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้โดยใช้ออกซิเจน



สมการเคมี (2.16) การทำปฏิกิริยาเคมีของคาร์บอนอะตอมเดี่ยวกับแก๊สออกซิเจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มวลชีวภาพพื้นฐาน ได้แก่ กะลามะพร้าว ทะลายปาล์ม ชังข้าวโพด และยูคาลิปตัส เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และเกิดคาร์บอนอะตอมเดี่ยวขึ้น

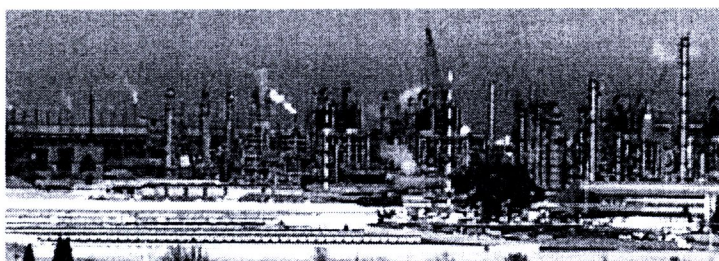
ตัวอย่างโรงงานผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์ในประเทศต่างๆ ที่ใช้เทคโนโลยี Fischer-Tropsch ในการสังเคราะห์เชื้อเพลิง แสดงในรูปที่ 2.26, 2.27 และ 2.28



รูปที่ 2.26 โรงงานผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์ บริษัท ซาซอล (Sasol) ประเทศแอฟริกาใต้ [36]



รูปที่ 2.27 โรงงานผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์ SMDS บริษัท เซลล์ ประเทศมาเลเซีย [36]



รูปที่ 2.28 โรงงานต้นแบบการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากแก๊สธรรมชาติ ณ เกาะฮอกไกโด ประเทศญี่ปุ่น [36]

ปัจจุบันเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์ยังไม่มีการนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากปัญหาทั้งทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ การศึกษาวิจัยเพื่อเลือกกระบวนการผลิตรวมถึงชนิดของวัตถุดิบที่จะนำมาเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์ที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย และการศึกษาความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์จากการผลิตเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์ในลักษณะต่าง ๆ จึงมีความสำคัญยิ่ง หากประเทศไทยมีแนวคิดที่จะนำเชื้อเพลิงทางเลือกชนิดนี้มาใช้เพื่อทดแทนน้ำมันในภาคการขนส่งในอนาคต ซึ่งมีการคาดการณ์จากสำนักต่าง ๆ อีก 15-20 ปี เราอาจเห็นการนำน้ำมันสังเคราะห์ เชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์ มาใช้ในเชิงพาณิชย์ [37]

2.2.3.4 เทคโนโลยีไพโรไลซิส

กระบวนการไพโรไลซิสเป็นกระบวนการสลายตัวของสารด้วยความร้อนโดยปราศจากออกซิเจน ในช่วงอุณหภูมิ 500-800 องศาเซลเซียส โดยได้ผลิตภัณฑ์หลัก 3 ชนิด ได้แก่ แก๊สคือ คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และแก๊สไฮโดรคาร์บอน ของเหลวคือ สารละลายอินทรีย์ และน้ำมันดิน (Tar) และของแข็งคือ ถ่านชาร์ (Char) สามารถควบคุมให้เกิดผลิตภัณฑ์สถานะใด สถานะหนึ่งมากที่สุดได้ ด้วยการควบคุม อัตราการให้ความร้อน อุณหภูมิ และเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ประเภทของกระบวนการจะใช้เวลาหรืออัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นเกณฑ์ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

1. ไพโรไลซิสแบบช้า เป็นกระบวนการที่ใช้ทำถ่าน โดยมวลชีวภาพจะถูกให้ความร้อนไปที่ประมาณ 500 องศาเซลเซียส ไอสารระเหยอยู่ในปฏิกิริยาเป็นเวลานาน 5-30 นาที จึงทำให้องค์ประกอบของไอสารระเหยยังคงเข้าทำปฏิกิริยากันอย่างต่อเนื่อง โดยได้เป็นถ่านและของเหลวออกมา หากควบคุมกระบวนการให้เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำและมีอัตราการให้ความร้อนช้า จะส่งผลทำให้เกิดถ่านชาร์มากขึ้น
2. ไพโรไลซิสแบบเร็ว เป็นกระบวนการที่ใช้อัตราการให้ความร้อนกับมวลชีวภาพในอัตราที่สูงและเร็วมากเมื่อเทียบกับแบบช้า โดยกระบวนการไพโรไลซิสแบบนี้จะใช้อัตราการให้ความร้อนสูงขึ้น ทำให้ปริมาณการเกิดสารระเหย แก๊ส และของเหลวจะมากขึ้นตาม ผลคือจะได้ปริมาณน้ำมันดิบชีวภาพ 60-70 เปอร์เซ็นต์ ถ่านชาร์ 15-25 เปอร์เซ็นต์ และแก๊สเบาไม่ควบแน่น 10-20 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดของมวลชีวภาพ กระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็วจะไม่มีของเสียทิ้ง เนื่องจากแก๊ส ถ่าน และน้ำมันสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด [2]

2.2.3.4.1 ขั้นตอนของกระบวนการไพโรไลซิส

1. การถ่ายเทความร้อนจากแหล่งความร้อนไปยังมวลชีวภาพเพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในมวลชีวภาพให้สูงขึ้น
2. การเริ่มเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิสขั้นต้น มีการปล่อยไอสารระเหย และเกิดเป็นถ่าน
3. ไอสารระเหยร้อนไหลผ่านเนื้อมวลชีวภาพที่ยังเย็นอยู่ ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างกัน
4. การควบแน่นของไอสารระเหยโมเลกุลใหญ่บางส่วนในเนื้อมวลชีวภาพที่ยังเย็นอยู่ และตามด้วยการเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิสขั้นที่สองที่สามารถเปลี่ยนสารระเหยขั้นต้นเป็นน้ำมันดิน

5. การเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิสขั้นที่สองแบบเร่งปฏิกิริยาด้วยตัวเองไปพร้อมกับการเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิสขั้นต้น มีการแข่งขันกันแย่งสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยา
6. การแตกตัวทางความร้อนเพิ่มขึ้น มีปฏิกิริยาร่วมเกิดขึ้น เช่น ปฏิกิริยารีฟอร์มมิงแก๊ส ปฏิกิริยาเปลี่ยนโมเลกุลของแข็งเป็นแก๊สด้วยน้ำ ปฏิกิริยาการรวมตัวของสารอนุมูล ปฏิกิริยาการไถ่น้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับ เวลา อุณหภูมิ และความดัน

กระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็วมากมีขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอนได้แก่

1. การให้ความร้อนและถ่ายเทความร้อนในอัตราที่สูงมาก ซึ่งปกติจำเป็นต้องใช้กับมวลชีวภาพที่ถูกไม่บดเป็นผงเล็กๆ ก่อน
2. การควบคุมอุณหภูมิของกระบวนการไพโรไลซิสให้แม่นยำที่ประมาณ 400-650 องศาเซลเซียส
3. การควบคุมให้อุณหภูมิระเหยปล่อยออกมาเร็วและไม่เกิดปฏิกิริยาต่อ โดยให้มีเวลาอยู่ในเตาปฏิกรณ์สั้นๆ ปกติไม่ควรเกิน 2 วินาที)
4. อุณหภูมิที่ได้ออกมาต้องถูกทำให้เย็นและควบแน่นอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ได้น้ำมันดิบชีวภาพ

2.2.3.4.2 เตาไพโรไลซิสแบบเร็ว

เตาไพโรไลซิสแบบเร็วโดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 แบบ ได้แก่

1. Ablative Pyrolysis เนื่อมวลชีวภาพจะถูกกดเข้ากับพื้นผิวร้อน โดยมวลชีวภาพและพื้นผิวร้อนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างผิวจนเกิดความร้อนขึ้น เนื่อมวลชีวภาพจะเกิดการหลอมที่ผิวร้อนได้เป็นแผ่นฟิล์มน้ำมันและระเหยออกมาอย่างรวดเร็ว เตาแบบนี้ใช้ได้กับมวลชีวภาพขนาดใหญ่ ข้อเสียคือควบคุมความร้อนที่พื้นที่ผิวและชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ที่อุณหภูมิสูง
2. Fluidized Bed Pyrolysis เป็นการทำปฏิกิริยาในชั้นของไหลซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งความร้อนไปยังมวลชีวภาพด้วยการนำและพาความร้อน ใช้มวลชีวภาพขนาดเล็กมาก ปกติไม่เกิน 3 มิลลิเมตร และต้องใช้แก๊สปริมาณมากในการสร้างชั้นของไหลและหอบเอาสารระเหยออกไป

3. Vacuum Pyrolysis เป็นการทำปฏิกิริยาที่สุญญากาศมีอัตราการให้ความร้อนต่ำ แต่สามารถดึงไอสารระเหยออกได้เร็ว ใช้ได้กับมวลชีวภาพขนาดใหญ่ ข้อเสีย คือ อุปกรณ์ขนาดใหญ่ ราคาสูง เนื่องจากการสร้างภาวะสุญญากาศ

2.2.3.4.3 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของเทคโนโลยีไพโรไลซิส

ข้อได้เปรียบ

- การไพโรไลซิสจะได้น้ำมันประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ และได้แก๊สประมาณ 10-30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นของแข็ง

ข้อเสียเปรียบ

- มีโอกาสในการเกิดไดออกซิน (Dioxin)
- มีน้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) ผสมในแก๊สเชื้อเพลิงทำให้ต้องหาทางกำจัดหรือทำให้น้อยลงเพื่อไม่ให้มีปัญหาต่อการทำงานของเครื่องยนต์
- มีการลงทุนค่อนข้างสูงทั้งต้นทุนและค่าใช้จ่ายในกระบวนการคัดแยกขยะมูลฝอย รวมถึงกระบวนการย่อยให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้มีขนาดใกล้เคียงกัน
- การควบคุมระบบมีความยุ่งยาก

2.3 การใช้น้ำในการเพาะปลูกพืชมวลชีวภาพในประเทศไทย

2.3.1 ทฤษฎี Water Footprint

ปัจจุบันการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อปริมาณคาร์บอนในชั้นบรรยากาศเท่านั้น แต่ยังมีผลกระทบปัญหาการขาดแคลนน้ำอุปโภคและบริโภคซึ่งเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญและมีผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมด้วยเช่นกัน เนื่องจากการใช้น้ำในกระบวนการต่างๆ ส่งผลกระทบต่อการจัดการทรัพยากรน้ำ ทำให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดแนวคิดของทฤษฎี Water Footprint ซึ่งเป็นการนำทฤษฎี Carbon Footprint มาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาปริมาณการใช้น้ำ

Water Footprint เป็นเครื่องชี้วัดการใช้น้ำของผู้บริโภคหรือผู้ผลิตไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อม ดังนั้น Water Footprint ของสินค้าหรือบริการ จึงเป็นปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเป็นการคำนวณปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วง

โซ่ของการผลิตสินค้าและบริการนั้น ปริมาณน้ำที่ใช้สามารถวัดได้จากปริมาณน้ำที่ใช้ไปและปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมา ทำให้ Water Footprint เป็นเครื่องชี้วัดที่ชัดเจน เพราะไม่ได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่ใช้และปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมาเท่านั้นแต่แสดงให้เห็นถึงสถานที่และระยะเวลาที่เกิดการใช้น้ำ

Water Footprint ได้กำหนดลักษณะการใช้น้ำโดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่

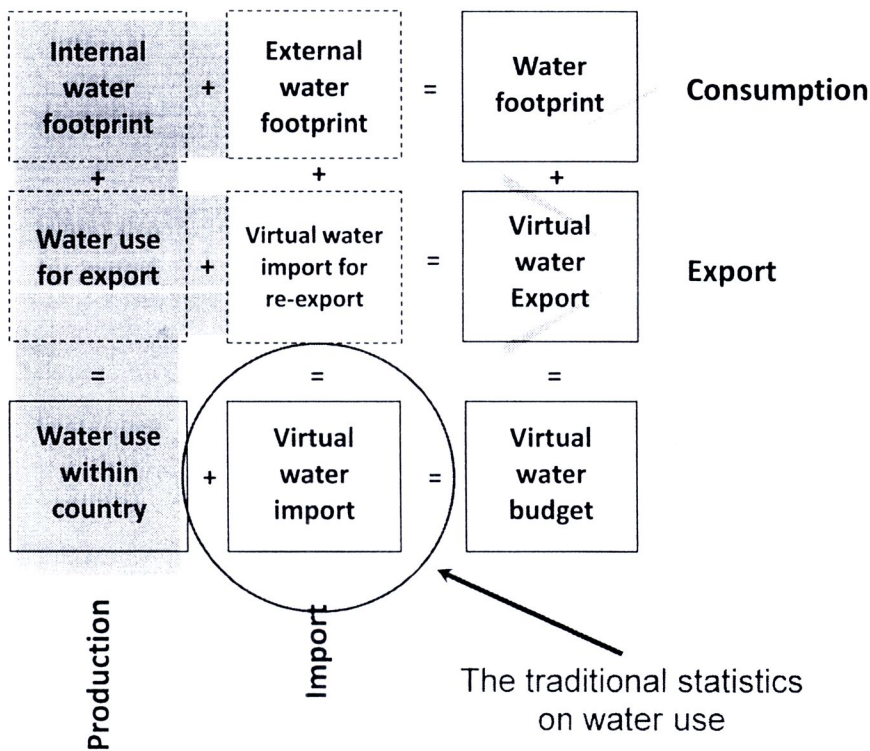
1. Blue Water Footprint หมายถึง ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งแหล่งน้ำผิวดินเช่นน้ำในแม่น้ำ ทะเลสาบรวมทั้งน้ำในอ่างเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำต่างๆ และแหล่งน้ำใต้ดินอันได้แก่น้ำบาดาล ที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค
2. Green Water Footprint หมายถึง ปริมาณน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินที่ถูกใช้ไปในการผลิตสินค้าและบริการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตพืชผลทางการเกษตร การทำไม้ และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
3. Gray Water Footprint หมายถึง ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสินค้าและบริการ ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน

ดังนั้น Water Footprint จึงมีทั้งปริมาณน้ำที่ใช้โดยตรงและโดยอ้อม ปริมาณน้ำที่ใช้อย่างต่างก็ประกอบด้วยการบันทึกการใช้น้ำทั้ง 3 ประเภท ทั้งนี้ การบันทึกสีน้ำเงินและสีเขียวเป็นปริมาณน้ำที่ใช้ หรือ Water Consumption ส่วนการบันทึกสีเทาเป็นปริมาณน้ำเสีย หรือ Water Pollution

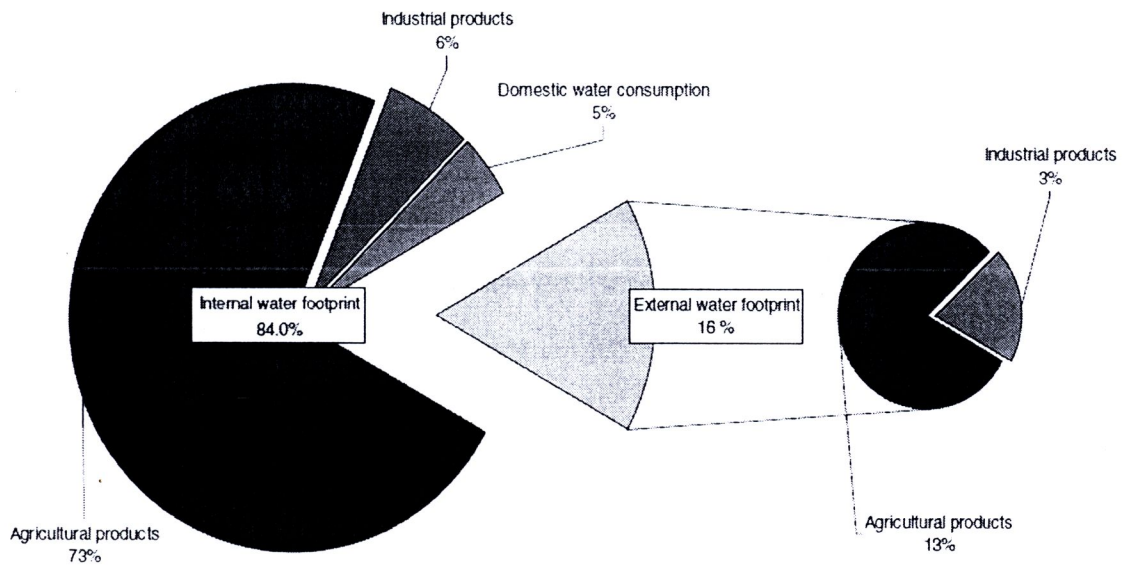
หน่วยวัดของ Water Footprint มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/ตัน โดย Water Footprint ในพืช คำนวณจาก ปริมาณน้ำที่พืชใช้ (ลูกบาศก์เมตร/เฮกตาร์) / ปริมาณผลผลิตของพืชนั้น (ตัน/เฮกตาร์) ส่วน Water Footprint ในสัตว์ คำนวณจาก ปริมาณน้ำทั้งหมดในการผลิตและให้อาหารสัตว์ น้ำดื่มของสัตว์ และน้ำที่ใช้ในกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์อื่นๆ เช่น น้ำที่ใช้เพื่อทำความสะอาดคอกสัตว์ น้ำที่ใช้ในการระบายความร้อน เป็นต้น สำหรับ Water Footprint ในผลิตภัณฑ์จากพืชและสัตว์เป็นผลรวมของ Water Footprint การผลิตผลิตภัณฑ์จากพืชและสัตว์ตั้งแต่เริ่มกระบวนการจนกระทั่งสิ้นสุดได้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์นั้นๆ [38]

แนวคิดใหม่นำน้ำเสมือน (Virtual Water) มาคำนวณด้วยเพราะสินค้าเกษตรและอาหารที่ส่งออกนั้นมีการใช้น้ำในประเทศผู้ผลิต และผู้นำเข้าซื้อไปบริโภคก็เปรียบเสมือนเป็นผู้ใช้น้ำของประเทศผู้ผลิตในทางอ้อมด้วย ทำให้มองเห็นภาพรวมของ Water Footprint ในโลก สามารถนำข้อมูลที่ได้มา

จัดการทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุด Water Footprint ของแต่ละประเทศ ภายใต้แนวคิดใหม่นี้การพิจารณาปริมาณการใช้น้ำของแต่ละประเทศจะประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1 Water Footprint ภายใน หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ภายในประเทศเพื่อผลิตสินค้าและบริการสำหรับประชาชนในประเทศนั้น และ 2. Water Footprint ภายนอก หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในประเทศอื่นเพื่อผลิตสินค้าและบริการให้ประเทศน่านำเข้ามาบริโภค ดังนั้นปริมาณน้ำเสมือนที่ส่งออกมีค่าเท่ากับผลรวมระหว่างปริมาณน้ำเสมือนที่นำเข้าเพื่อการส่งกลับสินค้าและบริการกับปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อการส่งออก และผลรวมของปริมาณน้ำเสมือนที่นำเข้ากับปริมาณน้ำที่ใช้ในประเทศนั้นคือ จำนวนของปริมาณน้ำเสมือนของประเทศนั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.29 และ 2.30



รูปที่ 2.29 แผนผังการคิดน้ำเสมือน (Virtual Water) [39]



รูปที่ 2.30 ภาพรวมของ Water Footprint ภายใน และภายนอก [39]

ผลการศึกษา ในช่วงปี 1997-2001 พบว่า ค่าเฉลี่ย Water Footprint ของโลก เท่ากับ 1,243 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี โดยประเทศไทยมีค่า Water Footprint สูงเป็นอันดับที่ 3 ของโลก (จากการผลิตสินค้าโดยรวม) เป็นผลมาจากการใช้น้ำที่ขาดประสิทธิภาพ โดยมีการใช้น้ำต่อการผลิตสินค้า 1 หน่วยสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้น้ำในการเกษตรสูงถึง 2,131 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี ซึ่งเกิดจากการผลิต เพื่อการส่งออกเป็นสำคัญ ทำให้มีผู้ใช้น้ำเสมือนในประเทศไทยเป็นจำนวนมากซึ่งอาจจะสร้างปัญหาให้กับประเทศไทยได้ [7]

งานวิจัยนี้มีวิธีการศึกษาวิเคราะห์การใช้น้ำในการผลิตเชื้อเพลิงเหลวคล้ายคลึงกับปริมาณน้ำที่ใช้ (Water Consumption) ในทฤษฎี Water Footprint ซึ่งประกอบด้วย Blue Water Footprint และ Green Water Footprint โดยหัวข้อหลักที่งานวิจัยนี้ศึกษาได้แก่ 1. การใช้น้ำในการเพาะปลูกพืชมวลชีวภาพ เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่พืชใช้ในการเพาะปลูก เพื่อผลิตเป็นวัตถุดิบมวลชีวภาพสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเหลวประเภทต่างๆ โดยแหล่งน้ำที่พืชนำมาใช้นี้ประกอบด้วย น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติหรือจากการชลประทาน และน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดิน และ 2. การใช้น้ำในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลว เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวประเภทต่างๆ ตั้งแต่ขั้นตอนการป้อนวัตถุดิบจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นเชื้อเพลิงเหลว

เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ใช้ (Water Consumption) ในทฤษฎี Water Footprint จากที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า ปริมาณน้ำที่ใช้ (Water Consumption) มีความคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์การใช้น้ำในการผลิตเชื้อเพลิงเหลวที่งานวิจัยนี้ทำการศึกษา เนื่องจากการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่ใช้จากแหล่งน้ำตามธรรมชาติและจากความชื้นในดินเหมือนกัน แต่ไม่เกี่ยวข้องกับ Gray Water Footprint ซึ่งหมายถึง ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากระบวนการผลิตสินค้าและบริการ โดยคำนวณจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน

2.3.2 การใช้น้ำในการเพาะปลูกพืชมวลชีวภาพ

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration) หมายถึง ปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริงรวมกับปริมาณน้ำที่ต้องสูญเสียไปโดยการระเหยจากผิวดินหรือผิวน้ำในแปลงเพาะปลูกนั้นด้วย โดยปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริง ได้แก่ ปริมาณน้ำที่พืชใช้สำหรับการหล่อเลี้ยงลำต้นและโครงสร้างต่างๆ และการนำอาหารขึ้นไปบำรุงส่วนต่างๆ ของพืชแล้วเกิดการคายน้ำออกทางใบ ซึ่งกรรมวิธีต่อเนื่องที่พืชดูดน้ำขึ้นมาแล้วคายออกทางใบมีชื่อเรียกทางพฤกษศาสตร์ว่าการคายน้ำ (Transpiration) และการระเหยของน้ำ (Evaporation) จากผิวดินหรือผิวน้ำในการเพาะปลูกนั้นเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้เนื่องจากพืชต้องปลูกบนดินและใช้น้ำ ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำของพืช จึงนิยมนำปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริงมาคิดรวมกับปริมาณการระเหยของน้ำที่สูญเสียไป

การหาค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช ดังสมการที่ (2.17)

$$Et_{Crop} = K_C \times ET_0 \quad (2.17)$$

เมื่อ Et_{Crop} คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration) (มม./วัน)

K_C คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient)

ET_0 คือ ค่าการระเหยของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration) (มม./วัน)

ค่า K_C ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้

- ระยะที่ 1 คือ Initial State (IS) เป็นระยะเริ่มการเจริญเติบโตของเมล็ดและการเจริญเติบโตทางลำต้น โดยนับตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอกแตกหน่อหรือแตกกอ มีการเจริญเติบโตทางราก ลำต้น และใบ รวมทั้งระบบต่างๆ ซึ่งในระยะนี้พืชจะปกคลุมดินไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์
- ระยะที่ 2 คือ Crop – development State (CS) เป็นระยะที่ต่อเนื่องจากระยะแรก โดยในระยะนี้พืชจะเจริญเติบโตเต็มที่ที่สามารถปกคลุมพื้นที่ได้ 70-80 เปอร์เซ็นต์

- ระยะที่ 3 คือ Mid – Season State (MS) เป็นระยะที่ต่อเนื่องจากระยะที่ 2 โดยในระยะนี้พืชจะเริ่มตั้งท้องออกรวงหรือออกดอกออกผล ซึ่งจะสังเกตได้จากการเปลี่ยนสีของใบ สำหรับพืชบางอย่างการเปลี่ยนสีของใบจะมีไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยว
- ระยะที่ 4 คือ Late – Season State (LS) เป็นระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโต โดยในระยะนี้พืชจะมีรวงหรือฝักสุกและแก่เต็มที่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ โดยช่วงเวลากการเจริญเติบโตในระยะต่างๆ ของพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากัน

นอกจากนี้ K_C ของพืชแต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากัน และช่วงเวลากการเจริญเติบโตของพืชในช่วงเวลาที่แตกต่างกันค่า K_C ก็จะแตกต่างกันไปด้วย [40]

2.3.2.1 การใช้น้ำในการเพาะปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ เท่ากับ 0.625 ค่าการระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยทั้งประเทศเท่ากับ 5.12 มิลลิเมตรต่อวัน ดังนั้นตลอดอายุของมันสำปะหลังใช้น้ำ 1,082 มิลลิเมตร คิดเป็นปริมาณน้ำที่มันสำปะหลังใช้ต่อไร่ เท่ากับ 1,731 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หรือ 1,730,560 ลิตรต่อไร่ ดังแสดงในตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 การใช้น้ำในการเพาะปลูกมันสำปะหลัง [41]

ภูมิภาค	อายุพืช (วัน)	จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ (วัน)	ค่าการระเหย (มม./วัน)	ค่า (K_C)	ปริมาณการใช้น้ำของพืชเฉลี่ย (มม./วัน)	ปริมาณการใช้น้ำตลอดอายุพืช		
						(มม.)	(ลบ.ม./ไร่)	(ลิตร/ไร่)
ภาคเหนือ	365	338	5.00	0.625	3.13	1,056	1,690	1,690,000
ภาคกลาง	365	338	5.30	0.625	3.31	1,120	1,791	1,791,400
ภาคตะวันออก	365	338	4.90	0.625	3.06	1,035	1,656	1,656,200
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	365	338	5.40	0.625	3.38	1,141	1,825	1,825,200
ภาคใต้	365	338	5.00	0.625	3.13	1,056	1,690	1,690,000
เฉลี่ย	365	338	5.12	0.625	3.20	1,082	1,731	1,730,560

2.3.2.2 การใช้น้ำในการเพาะปลูกอ้อย

อ้อยมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ เท่ากับ 0.71 ค่าการระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยทั้งประเทศ เท่ากับ 5.12 มิลลิเมตรต่อวัน ดังนั้นตลอดอายุของอ้อยใช้น้ำ 982 มิลลิเมตร คิดเป็นปริมาณน้ำที่อ้อยใช้ต่อไร่ เท่ากับ 1,570 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หรือ 1,570,406 ลิตรต่อไร่ ดังแสดงในตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 การใช้น้ำในการเพาะปลูกอ้อย [41]

ภูมิภาค	อายุ พืช (วัน)	จำนวน วันที่ ต้อง ส่งน้ำ (วัน)	ค่าการ ระเหย (มม./ วัน)	ค่า (K _c)	ปริมาณ การใช้ น้ำของ พืชเฉลี่ย (มม./วัน)	ปริมาณการใช้น้ำตลอดอายุพืช		
						(มม.)	(ลบ.ม./ ไร่)	(ลิตร/ไร่)
ภาคเหนือ	300	270	5.00	0.71	3.55	959	1,534	1,533,600
ภาคกลาง	300	270	5.30	0.71	3.76	1,016	1,626	1,625,616
ภาคตะวันออก	300	270	4.90	0.71	3.48	939	1,503	1,502,928
ภาคตะวันออก เฉียงเหนือ	300	270	5.40	0.71	3.83	1,035	1,656	1,656,288
ภาคใต้	300	270	5.00	0.71	3.55	959	1,534	1,533,600
เฉลี่ย	300	270	5.12	0.71	3.64	982	1,570	1,570,406

2.3.2.3 การใช้น้ำในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ เท่ากับ 0.80 ค่าการระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยทั้งประเทศ เท่ากับ 5.12 มิลลิเมตรต่อวัน ดังนั้นตลอดอายุของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ใช้น้ำ 352 มิลลิเมตร คิดเป็น ปริมาณน้ำที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ใช้ต่อไร่ เท่ากับ 564 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หรือ 563,610 ลิตรต่อไร่ ดัง แสดงในตารางที่ 2.16

ตารางที่ 2.16 การใช้น้ำในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ [41]

ภูมิภาค	อายุพืช (วัน)	จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ (วัน)	ค่าการระเหย (มม./วัน)	ค่า (K _c)	ปริมาณการใช้น้ำของพืชเฉลี่ย (มม./วัน)	ปริมาณการใช้น้ำตลอดอายุพืช		
						(มม.)	(ลบ.ม./ไร่)	(ลิตร/ไร่)
ภาคเหนือ	100	86	5.00	0.80	4.00	344	550	550,400
ภาคกลาง	100	86	5.30	0.80	4.24	365	583	583,424
ภาคตะวันออก	100	86	4.90	0.80	3.92	337	539	539,392
ภาคตะวันออก เฉียงเหนือ	100	86	5.40	0.80	4.32	372	594	594,432
ภาคใต้	100	86	5.00	0.80	4.00	344	550	550,400
เฉลี่ย	100	86	5.12	0.80	4.10	352	564	563,610

2.3.2.4 การใช้น้ำในการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ เท่ากับ 1.18 ค่าการระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยทั่วประเทศ เท่ากับ 5.12 มิลลิเมตรต่อวัน ดังนั้นตลอดอายุของปาล์มน้ำมันใช้น้ำ 2,205 มิลลิเมตร คิดเป็นปริมาณ น้ำที่ปาล์มน้ำมันใช้ต่อไร่ เท่ากับ 3,528 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หรือ 3,528,294 ลิตรต่อไร่ ดังแสดงใน ตารางที่ 2.17

ตารางที่ 2.17 การใช้น้ำในการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน [41]

ภูมิภาค	อายุ พืช (วัน)	จำนวน วันที่ ต้อง ส่งน้ำ (วัน)	ค่าการ ระเหย (มม./ วัน)	ค่า (K _c)	ปริมาณ การใช้ น้ำของ พืชเฉลี่ย (มม./วัน)	ปริมาณการใช้น้ำตลอดอายุพืช		
						(มม.)	(ลบ.ม./ ไร่)	(ลิตร/ไร่)
ภาคเหนือ	365	365	5.00	1.18	5.90	2,154	3,446	3,445,600
ภาคกลาง	365	365	5.30	1.18	6.25	2,283	3,652	3,652,336
ภาคตะวันออก	365	365	4.90	1.18	5.78	2,110	3,377	3,376,688
ภาคตะวันออก เฉียงเหนือ	365	365	5.40	1.18	6.37	2,326	3,721	3,721,248
ภาคใต้	365	365	5.00	1.18	5.90	2,154	3,446	3,445,600
เฉลี่ย	365	365	5.12	1.18	6.04	2,205	3,528	3,528,294

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิชชุดา ศิริวงศ์ [3] ได้ทำการศึกษาถึงต้นทุนในการผลิตชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานในสภาพของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2549 โดยมุ่งเน้นศึกษา อ้อย และมันสำปะหลังที่มีการปลูกมากในประเทศมาแปลงเป็นแหล่งพลังงานในรูปแบบของเอทานอลว่าจะมีแนวโน้มในลักษณะใด โดยเฉพาะเมื่อราคาน้ำมันดิบทั่วโลกมีการปรับตัวสูงขึ้น โดยได้รวบรวมข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการเพาะปลูก การผลิต การกำจัดของเสีย และการประมาณผลกำไรที่จะได้จากการขายเอทานอลที่ผลิตจาก อ้อย และมันสำปะหลัง เปรียบเทียบกับกำไรที่จะได้จากการปลูกพืชชนิดอื่นที่มีการเพาะปลูกอยู่ในพื้นที่นั้นๆ จากการศึกษาพบว่าที่ระดับราคาน้ำมันในปัจจุบันยังไม่สามารถเอาชนะกำไรจากการขาย สับปะรดได้ จึงทำการคำนวณในราคาน้ำมันต่างๆ จนกระทั่งราคาน้ำมันอยู่ที่ 41 บาทต่อลิตร ขายเอทานอล 80 เปอร์เซนต์ ของราคาน้ำมัน จึงทำให้สามารถเอาชนะกำไรจากการขายสับปะรดเฉลี่ยทั้งประเทศได้ แต่ถ้าขายเอทานอล 90 เปอร์เซนต์ จะสามารถเอาชนะกำไรจากสับปะรดได้ที่ราคาน้ำมัน 36 บาทต่อลิตร และถ้าหากน้ำมันยังมีราคาสูงขึ้น กำไรจากการผลิตเอทานอลก็จะสูงขึ้น จะทำให้ชาวไร่หันมาสนใจที่จะปลูกอ้อยและมันสำปะหลังเพื่อผลิตพลังงานกันมากขึ้น หากได้รับคำแนะนำ และให้ความสนับสนุนที่ดีจากภาครัฐ แต่ในบางจังหวัดที่ปลูกสับปะรดเป็นหลัก พบว่าได้กำไรจากการเพาะปลูก

สับปะรดมากกว่ากำไรจากการปลูกอ้อยหรือมันสำปะหลังเพื่อผลิตเป็นเอทานอล จึงเป็นการยากที่จะทำให้ชาวไร่เหล่านั้นหันมาปลูกอ้อยและมันสำปะหลังเพื่อผลิตพลังงาน

ธนศ อุทิศธรรม, วีรชัย สุนทรรังสรรค์ และประพันธ์ ปิยะกุลดำรง [5] ได้ทำการศึกษาแหล่งพลังงานจากมวลชีวภาพว่าจะเพียงพอกับนโยบายการเพิ่มมวลชีวภาพของประเทศหรือไม่ ในที่นี้ได้กำหนดการศึกษาเบื้องต้นในสิ่งเหลือใช้จากพืชมวลชีวภาพ 9 ชนิด และจากน้ำเสียอุตสาหกรรม 11 ประเภท ซึ่งผลการศึกษา พบว่า แหล่งพลังงานจากสิ่งเหลือใช้ในพืชมวลชีวภาพ 9 ชนิด และน้ำเสียอุตสาหกรรม 11 ประเภทมีศักยภาพสูง 17.1 เมกกะตันน้ำมันดิบต่อปี แบ่งเป็นจากสิ่งเหลือใช้จากพืชมวลชีวภาพจำนวน 13.0 เมกกะตันน้ำมันดิบต่อปี และจากน้ำเสียอุตสาหกรรมจำนวน 4.1 เมกกะตันน้ำมันดิบต่อปี จังหวัดนครราชสีมา เป็นแหล่งที่มีศักยภาพพลังงานจากมวลชีวภาพเหลือใช้จากทั้ง 2 แหล่งมากที่สุด 2.1 เมกกะตันน้ำมันดิบต่อปี การศึกษานี้จะช่วยให้ประสบผลสำเร็จต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ทั้งทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมต่อประเทศไทย

อาชัย พิทยภาคย์, นคร ทิพย์าวงศ์ และวสันต์ จอมภักดี [26] ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการสร้างโรงสกัดน้ำมันถั่วเหลือง และถั่วลิสงขนาดเล็กสำหรับกลุ่มเกษตรกรในท้องถิ่นภาคเหนือของประเทศไทยโดยใช้เครื่องสกัดน้ำมันแบบบีบอัดด้วยสกรูเป็นเครื่องต้นแบบ ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิต และทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรในการขายผลผลิตของตนมีการเปรียบเทียบผลทางด้านเศรษฐศาสตร์กับความเหมาะสมในการใช้เครื่องสกัดแบบนี้ ซึ่งตัวอย่างของเครื่องสกัดแบบบีบอัดด้วยสกรูถูกเลือกมาศึกษาด้วยกัน 4 รุ่นด้วยขนาดและราคาที่เหมาะสมกับกลุ่มเกษตรกรท้องถิ่น มีการวิเคราะห์การทำงานและเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องสกัดทั้งสี่ จากการศึกษาพบว่าตัวอย่างเครื่องสกัดน้ำมันที่เลือกมาทั้ง 4 รุ่น มีรุ่นที่เหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นเครื่องต้นแบบกับกลุ่มเกษตรกรในท้องถิ่นจังหวัดลำปางได้ เนื่องจากอัตราผลตอบแทนและระยะเวลาคืนทุนอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่า รุ่นอื่นๆ ทั้งในกรณีลงทุนเองและกู้เงินมาลงทุนคือ ถ้าลงทุนเอง มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ประมาณ 1,630,000 บาท และ 15,100,000 บาท อัตราผลตอบแทนภายในประมาณ 64% และ 510% และระยะเวลาคืนทุน ประมาณ 1.5 ปี และ 0.2 ปี และถ้ากู้เงินมาลงทุนมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ประมาณ 850,000 บาท และ 11,430,000 บาท อัตราผลตอบแทนภายในประมาณ 47 % และ 490 % และระยะเวลาคืนทุน ประมาณ 2.1 ปี และ 0.2 ปี สำหรับถั่วเหลืองและถั่วลิสง ตามลำดับ การลงทุนในการจัดสร้างโรงงานสกัดน้ำมันพืชของกลุ่มเกษตรกรมีความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์

จิตกร บุญชูวงศ์, รัตนชัย ไพรินทร์ และคณะ [30] ได้ศึกษาการผลิต Producer gas จากเตาผลิตแก๊สแบบ Updraft โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ต่างกันสองชนิด คือ เศษผักแห้งและแกลบ เตาผลิตแก๊สที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 cm สูง 60 cm มีฐานสำหรับนำเข้าออกขนาด 30 x 15 cm ความจุของฐานเท่ากับ 18,000 cm³ เตาสามารถจุเชื้อเพลิงเศษผักและแกลบได้ 0.9 kg และ 1.2 kg ตามลำดับ ในงานวิจัยนี้ศึกษาถึงปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สมีเทน (CH₄) และค่าความร้อนของ Producer gas ที่ผลิตได้ โดยในการทดลองมีการปรับอัตราการไหลของอากาศต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.738×10^{-3} , 2.026×10^{-3} และ 2.435×10^{-3} m³/s ซึ่งผลการทดลองหาค่าความร้อนของเศษผักและแกลบโดยตรงพบว่าค่าความร้อนของเศษผักและแกลบมีค่า 12.39 MJ/kg และ 14.4 MJ/kg ที่ความชื้น 2.24 เปอร์เซ็นต์ และ 1.38 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก (%wb.) ตามลำดับ ส่วนการทดลองการผลิต Producer gas จากเชื้อเพลิงเศษผักและแกลบพบว่า Producer gas ที่ผลิตได้จากการใช้เศษผักเป็นเชื้อเพลิงมีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 15.64 เปอร์เซ็นต์ แก๊สมีเทน 0.29 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความร้อนเท่ากับ 1,911.92 kJ/Nm³ ที่อัตราการไหลอากาศเท่ากับ 2.026×10^{-3} m³/s ซึ่งเป็นอัตราการไหลอากาศที่เหมาะสมที่สุดของเชื้อเพลิงเศษผัก ในขณะที่การใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง Producer gas ที่ผลิตได้มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 16.34 เปอร์เซ็นต์ แก๊สมีเทน 1.14 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความร้อนเท่ากับ 2,305.44 kJ/Nm³ ที่อัตราการไหลอากาศเท่ากับ 2.026×10^{-3} m³/s ซึ่งเป็นอัตราการไหลอากาศที่เหมาะสมที่สุดของเชื้อเพลิงแกลบ จะเห็นว่า Producer gas ที่ได้จากเศษผักและแกลบมีค่าความร้อนไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นเศษผักแห้งจึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเป็นเชื้อเพลิงเสริมสำหรับการผลิตพลังงาน

ปิยรัตน์ วีระชาญชัย, ชัยยศ ตั้งสติกุลชัย และมาลี ตั้งสติกุลชัย [42] ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสของมวลชีวภาพชนิดต่างๆ และศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิของการไพโรไลซิสต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ทั้งสามสถานะที่ได้ (แก๊ส, น้ำมันชีวภาพ และถ่านไม้) มวลชีวภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ กากมันสำปะหลัง กะลาปาล์ม และเนื้อในเมล็ดปาล์มที่บีบน้ำมันออกแล้วมวลชีวภาพเหล่านี้ถูกนำมาให้ความร้อนในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง ในช่วงอุณหภูมิ 300-800 องศาเซลเซียสที่อัตราการให้ความร้อน 20 องศาเซลเซียสต่ออนาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกนำมาคำนวณหาร้อยละผลผลิต ส่วนน้ำมันชีวภาพที่ได้จะถูกนำมาแยกน้ำออกและนำตัวอย่างน้ำมันชีวภาพทั้งสองแบบมาวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงและวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) จากการศึกษาพบว่าร้อยละผลผลิตสูงสุดของน้ำมันชีวภาพจากมวลชีวภาพชนิดต่างๆ ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิประมาณ 700 องศาเซลเซียส โดยน้ำมันชีวภาพจากการไพโรไลซิสของเนื้อในเมล็ดปาล์มที่บีบน้ำมันออกแล้วให้ร้อยละผลผลิตสูงสุดถึง 54.34 %wt. และสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันชีวภาพที่ได้จากการไพโรไลซิสของมวลชีวภาพชนิดต่างๆ มีค่าดังนี้ ความหนาแน่นประมาณ

1.1 กรัมน้ำต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนืดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส 1.46-1.75 เซนติสโตก ค่า pH อยู่ในช่วง 2-3 ค่าความร้อนขึ้นกับชนิดของมวลชีวภาพ อยู่ในช่วง 14.92-40.00 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม และหลังการแยกน้ำพบว่าน้ำมันชีวภาพที่ได้มีค่าความหนืด ปริมาณการคาร์บอนและปริมาณเถ้าสูงขึ้น และให้ค่าความร้อนและช่วงอุณหภูมิของการกลั่นใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าหมู่ฟังก์ชันของน้ำมันชีวภาพชนิดต่างๆมีองค์ประกอบของสารประกอบของหมู่ออกซิเจน (Oxygen-containing compounds) และกลุ่มไฮโดรคาร์บอน ซึ่งได้แก่แอลกอฮอล์, แอลดีไฮด์, คีโตน อะโรมาติก, แอลเคน, แอลคีน เป็นต้น

Abbasi [43] ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการผลิตและใช้พลังงานจากมวลชีวภาพที่มีต่อสิ่งแวดล้อม โดยศึกษาถึงแหล่งที่มาของมวลชีวภาพว่ามาจากแหล่งใดบ้าง เช่น จากพืชอาหาร จากขยะ จากวัชพืช จากป่า และจากพืชโตเร็ว เช่น พืชไม้และหญ้าต่างๆ จากนั้นศึกษาเทคโนโลยีต่างๆที่ใช้แปลงสภาพมวลชีวภาพเป็นพลังงานซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้แปลงสภาพมวลชีวภาพเป็นพลังงานจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่คือ กระบวนการทางความร้อนและกระบวนการทางเคมี กระบวนการทางความร้อนคือ ไพโรไลซิส การเผาไหม้ การใช้ความร้อนสูง แก๊สซิฟิเคชัน ส่วนกระบวนการทางเคมีคือ การหมักหรือผลิตเอทานอล กระบวนการเอสเตอริฟิเคชัน การหมักหรือผลิตไบโอแก๊ส และศึกษาผลกระทบของมวลชีวภาพที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณรวมของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำ การใช้พื้นที่ในการเพาะปลูก การสูญเสียพืชอาหาร การเสียหายของหน้าดิน และอื่นๆ รวมไปถึงผลกระทบต่อสังคม

Perez, etc. [44] ได้ทำการศึกษาทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการและการประเมินโครงการจัดการน้ำ (IWRAM) ในภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งเป็นการสนับสนุนการสร้างระบบเพื่อให้เป็นแนวทางในการเพาะปลูกและการจัดสรรน้ำ โดยซอฟต์แวร์ IWRAM ใช้ในการวิเคราะห์การขาดน้ำและขาดความอุดมสมบูรณ์โดยใช้แบบจำลองเรียกว่า CATCHCROP ซึ่งสามารถจำลองการตอบสนองต่ออัตราการขาดน้ำและความไม่อุดมสมบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลจากภายนอกและภายในที่มีอิทธิพลต่อการสร้างแบบจำลอง ความขาดแคลนของข้อมูลและการสร้างความน่าเชื่อถือจำเป็นต้องใช้แนวคิด ขั้นตอนและวิธีที่มีการยอมรับ เชื่อมโยงกับแบบจำลองทางเศรษฐกิจและอุทกวิทยาโดยเลือกเวลา 10 วันในการทดสอบกับชุดข้อมูลจาก catchments ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจแต่ยอมรับว่ามีรูปแบบที่ยังผสมผสานไม่ควรใช้ในระดับแปลงปลูกพืชไร่เพื่อประเมินการปฏิบัติ



Sugathapala [45] ได้ศึกษานโยบายพลังงานหมุนเวียนของประเทศศรีลังกา พบว่าพลังงานชีวมวลนั้นถือเป็นพลังงานที่มีความสำคัญที่จะพัฒนาให้มีศักยภาพได้ จึงมีการสนับสนุนการใช้พลังงานชีวมวล โดยสนับสนุนข้อกำหนดของการปลูกต้นไม้ในหมู่บ้านทั้งในพื้นที่ส่วนรวมและส่วนบุคคล การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและการปรับปรุงประสิทธิภาพในเตาหุงต้มที่ใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงและสนับสนุนการใช้แก๊สชีวภาพจากกากของเสียในเมือง โดยการพัฒนาเทคโนโลยีการเก็บและการใช้แก๊สชีวภาพให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

มูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย [46] ได้ทำการศึกษาและประเมินปริมาณพลังงาน และผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากทั้งวงจรกิจกรรมของการผลิตและการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง เปรียบเทียบกับการผลิตและการใช้น้ำมันเบนซินโดยใช้หน่วยการเปรียบเทียบเดียวกัน และกำหนดระดับมาตรฐานพลังงานที่ใช้ต่อการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบ (เช่น มันสำปะหลัง กากน้ำตาล) และการขนส่งเอทานอล เพื่อยกระดับเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลให้มีประสิทธิภาพ ประหยัดพลังงานและลดมลภาวะจากกระบวนการผลิต และการขนส่งเอทานอล

จากการศึกษางานวิจัยและข้อมูลต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องสามารถนำมาใช้ในการประเมินศักยภาพและเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพได้นั้น พบว่า ได้มีการศึกษารวบรวมข้อมูลศักยภาพของมวลชีวภาพในประเทศไทยจากแหล่งต่างๆ อยู่มากมาย การศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการใช้ประโยชน์จากมวลชีวภาพ และการศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพและการลดต้นทุนในการแปลงสภาพมวลชีวภาพรวมถึงการศึกษาผลกระทบต่างๆ ที่เกิดจากการผลิตและการใช้ประโยชน์จากมวลชีวภาพ แต่งานวิจัยในปัจจุบันยังไม่มี การประเมินศักยภาพของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพที่เหมาะสมกับแต่ละประเภทของมวลชีวภาพและการพัฒนาที่สอดคล้องกับแนวนโยบายและแผนพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทยในปัจจุบัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาศักยภาพของมวลชีวภาพ และระดับของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพในปัจจุบันของประเทศไทย รวมถึงการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ และแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในแต่ละประเภทของมวลชีวภาพ เพื่อการผลิตที่มีประสิทธิภาพ กลุ่มคำต่อการลงทุน สามารถส่งเสริมให้มีการผลิตมากขึ้นต่อไปในอนาคต