

เทคโนโลยีการแปลงสภาพ ชีวมวล

ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม



พิมพ์ครั้งที่ 2
นศร ทิพย์าวงศ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำนำ

ในการตีพิมพ์ครั้งที่ 1

การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกอย่างต่อเนื่อง กระตุ้นความต้องการอย่างเร่งด่วนในการจัดหาพลังงาน และวัตถุดิบ สำหรับการสนองความต้องการพื้นฐานของมนุษยชาติ ในการพัฒนาอย่างยั่งยืนไปในอนาคต ปริมาณอันมีอยู่อย่างจำกัดของแหล่งทรัพยากรพื้นฐาน กำลังถูกบริโภคให้ลดน้อยลง การค้นคว้าหาแหล่งพลังงาน และวัตถุดิบทางเลือกใหม่ และการใช้แหล่งทรัพยากรหมุนเวียนในปริมาณมหาศาลมาทดแทน จึงมีความสำคัญยิ่งในการดำรงการพัฒนาเศรษฐกิจสังคมในปัจจุบัน

ชีวมวลเป็นหนึ่งในแหล่งวัตถุดิบและพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญที่สุด มีศักยภาพสามารถใช้ทดแทนแหล่งปิโตรเลียมได้ทั้งหมด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แหล่งชีวมวลมีการกระจายตัวอยู่ทั่วไปในโลก และมีความหลากหลายตามลักษณะภูมิศาสตร์

การแปลงสภาพชีวมวล (biomass conversion) เป็นศาสตร์และเทคโนโลยีที่สำคัญสำหรับวิศวกร นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษาระดับอุดมศึกษา และผู้สนใจทั่วไป ในสาขาพลังงานหมุนเวียนที่สามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการสร้างความเข้าใจ การประกอบอาชีพวิศวกรในภาคอุตสาหกรรม นักวิทยาศาสตร์ หรือการเป็นนักวิจัยในสายเทคโนโลยีพลังงานได้

เนื้อหาของเทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวลมีความหลากหลายและพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เนื่องจากการทำวิจัยอย่างกว้างขวาง และอย่างต่อเนื่อง หนังสือหรือตำราอ้างอิงก็มียุ่่น้อยส่วนใหญ่เป็นภาษาต่างประเทศ และหนังสือหรือตำราอ้างอิงที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนค่อนข้างจะอ่านเข้าใจได้ยาก ดังนั้น เพื่อช่วยให้นักศึกษาปรับพื้นฐานและติดตามเนื้อหาได้ดี ตำราเล่มนี้จึงถูกจัดทำขึ้น ซึ่งอยู่ในลักษณะของการบรรยายสรุปเนื้อหา รวมทั้งมีตาราง และภาพประกอบที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก เพื่อให้เข้าใจได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น โดยได้ใช้สอนในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และได้ปรับปรุงเพิ่มเติมมาตลอด อย่งไรก็ตาม ผู้จัดทำยินดีรับคำแนะนำ และคำวิจารณ์ต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปปรับปรุงและแก้ไขในโอกาสต่อไป

นคร ทิพย์วงศ์

มกราคม 2553

คำนำ

ในการตีพิมพ์ครั้งที่ 2

กระแสดความสนใจของสังคมในประเด็น พลังงาน ยังคงเข้มข้นและไหลวนอย่างมีพลวัตต่อเนื่อง ทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับชาติ และระดับโลก และคงต้องสะท้อนกันต่อไป กับผลกระทบจากการแกว่งของราคาน้ำมัน ไฟฟ้า ก๊าซเชื้อเพลิง และพลังงานอื่นๆ ต่อชีวิตความเป็นอยู่ประจำวันของทุกๆ คน ที่หนีไปไม่พ้น เพราะพลังงานเกี่ยวข้องโดยตรง กับการพัฒนาเศรษฐกิจและความศิวิไลซ์ของมนุษยชาติ คำคุ้นเคย เช่น พลังงานหมุนเวียน พลังงานทางเลือก เชื้อเพลิงสะอาด ประสิทธิภาพพลังงาน การพัฒนาที่ยั่งยืน สังคมคาร์บอนต่ำ กลับมามีชีวิตชีวาอีกครั้ง และหวังว่าจะมีโอกาสหยั่งรากฝังลึกลงไปในชีวิตได้อำนาจของสังคมโดยรวมได้ในที่สุด เราจะต้องเตรียมพร้อมในการรับมือกับสถานการณ์วิกฤตพลังงาน และการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศโลกอันใกล้นี้ ด้วยสติปัญญาและกำลังความสามารถที่สั่งสมมาตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และสอดคล้องกับคำสอนของพระพุทธองค์ให้อยู่รอดปลอดภัยไปได้ แบบมีภูมิคุ้มกัน

ชีวมวลและพลังงานชีวภาพ เป็นส่วนหนึ่งของคำตอบที่ช่วยในการแก้ปัญหาและรับมือกับมรสุมของโลกใหม่นี้ได้ การแปลงสภาพชีวมวลเพื่อประโยชน์ทางพลังงานและวัสดุภัณฑ์ เป็นองค์ความรู้ที่สำคัญในหัวข้อย่อยของพลังงานหมุนเวียน หนังสือเล่มนี้ ถูกแต่งและเรียบเรียงขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอน การวิจัย เป็นพื้นฐานความรู้ ในการอ้างอิงและการนำไปปฏิบัติได้จริง

เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้ ยังคงโครงสร้างสอดคล้องกับเล่มเดิมในการพิมพ์ครั้งแรก แต่มีการปรับปรุงเพิ่มเติมเนื้อหาจากการตีพิมพ์ครั้งแรกมากขึ้น โดยมีการปรับเพิ่มบทใหม่ ที่เน้นสมบัติของชีวมวลโดยเฉพาะ และที่เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีพลาสมา รวมถึง การเพิ่มแบบฝึกหัดท้ายเล่ม นอกจากนี้ ในแต่ละบท มีการเพิ่มเนื้อหาพื้นฐาน และเนื้อหาในเชิงลึก มีการขยายความมากขึ้นเพิ่มเติมตัวอย่างแสดงการคำนวณ และนำเสนอกรณีศึกษาจากงานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมาของผู้เขียน รวมถึงแนะแนวทางการศึกษาค้นคว้าและการวิจัยเพิ่มเติมในอนาคตด้วย

ขอขอบคุณในความสนใจ ความกรุณา คำชี้แนะ แนะนำ และคำวิจารณ์ต่างๆ มา ณ ที่นี้ด้วยครับ

นคร ทิพย์วงศ์
สิงหาคม 2558

สารบัญ

	หน้า
คำนิยม	I
คำนำ	II
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	VII
สารบัญรูป	XI
สารบัญตาราง	XIX
บทที่ 1 พลังงานชีวภาพ	
1.1 พลังงานเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน	2
1.2 พลังงานหมุนเวียน	3
1.3 พลังงานชีวมวล	4
1.4 แรงขับเคลื่อนและสิ่งกระตุ้นในการพัฒนาแหล่งชีวมวล	5
1.5 เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล	7
1.6 พื้นฐานเคมีและสสารสัมพันธ์	18
1.7 แนวทางการวิจัยในอนาคต	30
บรรณานุกรม	31
บทที่ 2 ชีวมวล	
2.1 แหล่งชีวมวล	34
2.2 ศักยภาพชีวมวลและการใช้ประโยชน์เชิงพลังงาน	36
2.3 โครงสร้างและส่วนประกอบชีวมวล	40
2.4 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวล	64
2.5 การจัดกลุ่มและระดับของเชื้อเพลิง	69
2.6 กรณีศึกษา: การวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของไมยราบยักษ์	73
2.7 แนวทางการวิจัยในอนาคต	82
บรรณานุกรม	83
บทที่ 3 การอัดเพิ่มความหนาแน่น	
3.1 บทนำ	88
3.2 หลักการอัดให้เป็นก้อน	88
3.3 การอัดร้อนที่ความดันสูง	96

	หน้า
3.4 การอัดเยื่อที่ความดันต่ำ	110
3.5 การทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	113
3.6 กรณีศึกษา: ชีวมวลอัดเม็ดจากเศษข้าวโพด	115
3.7 กรณีศึกษา: ศักยภาพเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะ	119
3.8 แนวทางการวิจัยในอนาคต	124
บรรณานุกรม	125
 บทที่ 4 การเผาไหม้	
4.1 บทนำการเผาไหม้	132
4.2 การวิเคราะห์การเผาไหม้	132
4.3 กลไกการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง	140
4.4 การใช้ประโยชน์การเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง	159
4.5 ระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง	162
4.6 กรณีศึกษา: การเผาไหม้ชีวมวลทดแทนก๊าซหุงต้มในการอบแห้งลำไย	181
4.7 กรณีศึกษา: การดักจับอนุภาคมลสารจากการเผาไหม้ชีวมวล	188
4.8 แนวทางการวิจัยในอนาคต	192
บรรณานุกรม	193
 บทที่ 5 แกสซิฟิเคชัน	
5.1 กระบวนการแกสซิฟิเคชัน	198
5.2 เคมีจลน์ของกระบวนการแกสซิฟิเคชัน	203
5.3 การจำลองแบบกระบวนการแกสซิฟิเคชัน	209
5.4 ชนิดของเตาแกสซิฟายเออร์	216
5.5 การออกแบบและประเมินระบบกระบวนการ	225
5.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง	235
5.7 การกำจัดน้ำมันดิน	238
5.8 ตัวอย่างระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิง	242
5.9 การผลิตเมทานอล	250
5.10 การผลิตเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์	252
5.11 กรณีศึกษา: ก๊าซเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุเหลือใช้	254
5.12 กรณีศึกษา: ก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร	258
5.13 แนวทางการวิจัยในอนาคต	260
บรรณานุกรม	262
 บทที่ 6 ไพโรไลซิส	
6.1 กระบวนการไพโรไลซิส	268

	หน้า
6.2 ประเภทของปฏิกิริยาไพโรไลซิส	269
6.3 กลไกการไพโรไลซิสองค์ประกอบชีวมวล	271
6.4 การจำลองแบบกระบวนการไพโรไลซิส	273
6.5 ชนิดของเตาปฏิกรณ์	278
6.6 การผลิตน้ำมันดิบชีวภาพ	279
6.7 การผลิตถ่านชาร์	298
6.8 การผลิตถ่านไฮโดรชาร์ด้วยน้ำร้อนความดันสูง	308
6.9 กรณีศึกษา: การผลิตถ่านชาร์ด้วยเตาแบบไหลยวดยธรรมชาติ	311
6.10 กรณีศึกษา: การผลิตถ่านไฮโดรชาร์จากกากตะกอนน้ำเสีย	314
6.11 แนวทางการวิจัยในอนาคต	317
บรรณานุกรม	318
 บทที่ 7 ปฏิกิริยาเคมีพลาสมา	
7.1 บทนำ	322
7.2 พื้นฐานทฤษฎีพลาสมา	326
7.3 การจำลองแบบของระบบเคมีพลาสมา	336
7.4 การสร้างพลาสมา	338
7.5 ตัวอย่างเทคโนโลยีพลาสมา	339
7.6 แนวทางการประยุกต์ใช้	345
7.7 กรณีศึกษา: การใช้พลาสมาช่วยเผาทำลายขยะอิเล็กทรอนิกส์	347
7.8 กรณีศึกษา: การใช้พลาสมาช่วยไพโรไลซิสขยะเชื้อเพลิง	350
7.9 กรณีศึกษา: การใช้พลาสมาช่วยรีฟอร์มก๊าซชีวภาพ	353
7.10 แนวทางการวิจัยในอนาคต	357
บรรณานุกรม	359
 บทที่ 8 การผลิตเอทานอล	
8.1 เอทานอล	362
8.2 กระบวนการผลิตเอทานอล	363
8.3 ชนิดของวัตถุดิบตั้งต้น	365
8.4 การเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้ากระบวนการ	372
8.5 การหมัก	378
8.6 การกลั่น	385
8.7 กรณีศึกษา: การผลิตน้ำตาลจากไม้ไผ่	392
8.8 แนวทางการวิจัยในอนาคต	397
บรรณานุกรม	399

	หน้า
บทที่ 9 การผลิตก๊าซชีวภาพและไฮโดรเจน	
9.1 บทนำ	402
9.2 กระบวนการหมักย่อยไร้อากาศ	405
9.3 อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	408
9.4 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้ตามทฤษฎี	409
9.5 ปัจจัยสำคัญในกระบวนการ	410
9.6 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	417
9.7 ชนิดของถังปฏิกรณ์	418
9.8 แหล่งวัตถุดิบตั้งต้น	425
9.9 การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ	441
9.10 การผลิตไฮโดรเจนชีวภาพ	454
9.11 กรณีศึกษา: การเพิ่มปริมาณมีเทนด้วยคอลัมน์อัดตัว	459
9.12 กรณีศึกษา: การประยุกต์ใช้ไบโอมีเทนกับเตาหุงต้มในครัวเรือน	462
9.13 แนวทางการวิจัยในอนาคต	468
บรรณานุกรม	470
บทที่ 10 น้ำมันชีวภาพ	
10.1 น้ำมันพืชและไขมันสัตว์	474
10.2 กระบวนการปรับปรุงคุณภาพ	482
10.3 ผลิตภัณฑ์จากการผลิตไบโอดีเซล	496
10.4 ประโยชน์ของการใช้ไบโอดีเซล	498
10.5 กรณีศึกษา: การผลิตไบโอดีเซลต่อเนื่องด้วยความร้อนจากไมโครเวฟ	499
10.6 แนวทางการวิจัยในอนาคต	504
บรรณานุกรม	506
บทที่ 11 วัสดุภัณฑ์ชีวภาพ	
11.1 บทนำ	510
11.2 เทคโนโลยีวัสดุฐานชีวมวล	511
11.3 โมเลกุลสำคัญสำหรับสารเคมีตั้งต้น	512
11.4 ตัวอย่างโพลีเมอร์และพลาสติกชีวภาพ	515
บรรณานุกรม	519
แบบฝึกหัด	520
อภิธานศัพท์	528
ดัชนี	533
ภาคผนวก: ข้อมูลเทอร์โมเคมีของสารเคมี	535

สารบัญรูป

รูปที่	คำอธิบาย	หน้า
1.1	แนวทางการใช้พลังงานชีวมวล	4
1.2	กระบวนการแปลงสภาพชีวมวลเชิงเคมีความร้อนและผลิตภัณฑ์ที่ได้	9
1.3	ตัวอย่างโรงไฟฟ้าจากเศษไม้	11
1.4	ระบบวัฏจักรร่วมการแกสซิไฟชีวมวล	14
1.5	ระบบการผลิตน้ำมันสังเคราะห์ฟิสเซอร์โทรพ	17
1.6	การเกิดปฏิกิริยาของก๊าซสับบอร์นและเปลี่ยนไปยังสภาวะสุดท้ายของปฏิกิริยา	24
2.1	โครงสร้างไฟเบอร์ของไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน	41
2.2	โครงสร้างของเซลลูโลส	42
2.3	โครงสร้างของลิกนิน	43
2.4	โครงสร้างของตัวอย่างสารสกัดได้จากชีวมวล	43
2.5	รูปร่างของเศษเถาที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิการหลอมตัว	61
2.6	ค่าความสามารถในการนำความร้อนของไม้ตามแนวและขวางแนวเส้นใยชีวมวล	65
2.7	การเปรียบเทียบพื้นฐานการนำเสนอส่วนประกอบของเชื้อเพลิง	66
2.8	แผนภูมิแวนครีเวน แสดงตำแหน่งของเชื้อเพลิงต่างๆ เทียบกัน	70
2.9	ลักษณะชีวมวลตามอัตราส่วนของส่วนประกอบลิกโนเซลลูโลส	71
2.10	แผนภูมิสามเหลี่ยมสารประกอบ C-H-O ของชีวมวล	72
2.11	ค่าการแปลงน้ำหนักของไมยราบยักษ์ตามอุณหภูมิภายใต้ไนโตรเจน	77
2.12	อัตราการสลายของไมยราบยักษ์ทางความร้อนตามอุณหภูมิภายใต้ไนโตรเจน	77
2.13	อัตราการสลายของไมยราบยักษ์กับอุณหภูมิที่ค่าแปลงน้ำหนักต่างๆ	79
2.14	ค่าการแปลงน้ำหนักของไมยราบยักษ์ตามอุณหภูมิภายใต้สภาวะตัวกลางเป็นอากาศ	80
2.15	อัตราการสลายของไมยราบยักษ์ตามอุณหภูมิภายใต้สภาวะตัวกลางเป็นอากาศ	80
2.16	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสลายของไมยราบยักษ์ในอากาศกับอุณหภูมิ ที่ค่าการแปลงน้ำหนักต่างๆ	81

	หน้า	
3.1	ลักษณะการผสมกัน	89
3.2	สมภาวะการรวมตัวกันของอนุภาค	91
3.3	กลไกการเปลี่ยนรูปของอนุภาคผงภายใต้การบีบอัด	92
3.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นที่ต้องการและพลังงานจำเพาะในการอัด	101
3.5	ผลของการอุ่นให้ความร้อนต่อความดันที่ใช้ในการอัดแท่ง	101
3.6	ผลของอุณหภูมิต่อความแข็งแรงในการรับแรงกดที่ความดันต่างๆ	102
3.7	ผลของความดันต่อความหนาแน่นของเกลบอัดแท่ง	103
3.8	เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบกระบอกสูบ	106
3.9	เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบสกรู	107
3.10	เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบให้ความร้อนด้านนอก	107
3.11	เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบกลิ้ง	108
3.12	เครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิง	108
3.13	การบีบอัดชีวมวลโดยใช้ตัวประสาน	110
3.14	ชุดอัดเม็ดชีวมวล	116
3.15	การขยายตัวของชีวมวลอัดเม็ดที่สภาวะอัดต่างๆ	117
3.16	ความหนาแน่นอัดของชีวมวลอัดเม็ด	117
3.17	ความหนาแน่นพ่อนของชีวมวลอัดเม็ดสำหรับซัง ลำต้น และเปลือกข้าวโพด	118
3.18	ความคงทนของชีวมวลอัดเม็ด	119
3.19	กระบวนการผลิตขยะให้เป็นเชื้อเพลิง RDF	122
3.20	เครื่องอัดไฮดรอลิกอย่างง่าย	123
3.21	ตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่ง	123
4.1	ปัจจัยที่จำเป็นในการเกิดการเผาไหม้	132
4.2	สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จากกระบวนการเผาไหม้	133
4.3	กลไกกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็ง	140
4.4	กลไกการเกิดเถ้าระหว่างการเผาไหม้ชีวมวล	156
4.5	กลไกการปล่อยโลหะหนักจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง	158
4.6	การเก็บและเตรียมชีวมวลก่อนป้อนเข้าเตา	159
4.7	ตัวอย่างเตาในครัวเรือนสำหรับหุงหาอาหาร	163
4.8	ตัวอย่างเตาไม้ฟืนให้ความอบอุ่น	163
4.9	ตัวอย่างเตาดักซ์	164
4.10	ตัวอย่างเตาสโตเกอร์แบบตะกรับเลื่อน	166
4.11	ตัวอย่างเตาสโตเกอร์แบบตะกรับเอียง	166
4.12	ตัวอย่างเตาแบบไหลลง	168
4.13	ตัวอย่างเตาเผาแบบหมุน	168

	หน้า
4.14 ตัวอย่างการกระจายขนาดอนุภาค	170
4.15 ตัวอย่างการกระจายขนาดอนุภาคผ่านตะแกรงร่อน	170
4.16 ตัวอย่างระบบเตาเผาไหม้แบบแขวนลอย	173
4.17 ตัวอย่างเตาเผาแบบไซโคลน	174
4.18 การไหลของก๊าซผ่านชั้นกลุ่มเม็ดของแข็ง	175
4.19 สัมประสิทธิ์แรงต้านของทรงกลม	178
4.20 เตาแบบชั้นของไหล	180
4.21 เตาได้หวั่นและกระบวนการอบแห้งลำไยแบบดั้งเดิม	182
4.22 ห้องลมร้อนของเครื่องอบลำไย	183
4.23 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์และกระบวนการของเครื่องอบแห้งลำไยต้นแบบ	186
4.24 แผนภูมิการสมดุลพลังงานในการอบแห้งลำไย	187
4.25 โครงสร้างของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตแบบเส้นลวดและแผ่นบางซ้อนกัน	189
4.26 ประสิทธิภาพการตกตะกอน	191
4.27 การแจกแจงขนาดของอนุภาคที่เข้าและออกเครื่องตกตะกอน	191
5.1 การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงและการนำไปใช้ประโยชน์	199
5.2 ลักษณะของเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบก๊าซไหลขึ้น	218
5.3 ลักษณะของเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบก๊าซไหลลง	219
5.4 ลักษณะคอคอดและการจ่ายลมของเตาแบบก๊าซไหลลง	220
5.5 โซนการเกิดปฏิกิริยากับอากาศ	221
5.6 ลักษณะของเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบก๊าซไหลขวาง	222
5.7 ลักษณะของเตาปฏิกรณ์แบบชั้นของไหล	223
5.8 ตัวอย่างเตาปฏิกรณ์แบบชั้นของไหลหมุนวน	224
5.9 ลักษณะของเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบ Lurgi	242
5.10 ลักษณะของเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบ Imbert	243
5.11 ลักษณะของเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบปรับปรุงจาก Imbert	243
5.12 ตัวอย่างระบบ IGCC	244
5.13 ตัวอย่างระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงในประเทศจีน	245
5.14 หลักการทำงานของระบบชั้นของไหลแบบหมุนเวียนภายในอย่างรวดเร็ว	246
5.15 ลักษณะของเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบ stratified	247
5.16 กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบหลายขั้นตอน	247
5.17 ลักษณะของเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบหลายขั้นตอน	248
5.18 ลักษณะของเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบลูกผสม	249
5.19 ตัวอย่างเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิง	249
5.20 ตัวอย่างเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากแอลบ	250
5.21 ขั้นตอนการสังเคราะห์น้ำมันจากก๊าซธรรมชาติ	252

	หน้า
5.22 ชุดระบบทดสอบแกสซิฟเคชั่นชีวมวล	255
5.23 ผลของก๊าซตัวกลางต่อส่วนประกอบก๊าซเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิต่างๆ	256
5.24 ผลของก๊าซตัวกลางต่อค่าความร้อน ประสิทธิภาพคาร์บอน และปริมาณก๊าซที่ได้	256
5.25 ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อส่วนประกอบก๊าซเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิต่างๆ	257
5.26 ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อค่าความร้อน ประสิทธิภาพคาร์บอน และปริมาณก๊าซที่ได้	257
5.27 เตาแกสซิฟายเออร์และหัวเผาที่ใช้	259
6.1 กระบวนการแตกตัวทางความร้อนของชีวมวล	268
6.2 ปริมาณผลิตภัณฑ์จากการไพโรไลซิสไม้แบบเร็ว	270
6.3 การสูญเสียมวลขององค์ประกอบชีวมวลแต่ละชนิดในการไพโรไลซิส ที่อุณหภูมิต่างๆ	273
6.4 การนำน้ำมันไพโรไลซิสจากชีวมวลไปใช้ประโยชน์	279
6.5 ลักษณะการไพโรไลซิสแบบ Ablative	281
6.6 เตาไพโรไลเซอร์แบบ Ablative	285
6.7 เตาไพโรไลเซอร์แบบ Ablative vortex	286
6.8 เตาไพโรไลเซอร์แบบ Rotating cone	287
6.9 เตาไพโรไลเซอร์แบบ Fluid bed	287
6.10 เตาไพโรไลเซอร์แบบ Circulating fluid bed	288
6.11 เตาไพโรไลเซอร์แบบ Entrained flow	289
6.12 เตาไพโรไลเซอร์แบบ Vacuum moving bed	289
6.13 กระบวนการไพโรไลซิสและการใช้งานผลผลิตจากกระบวนการ	291
6.14 การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันดิบชีวภาพจากกระบวนการไพโรไลซิส	291
6.15 ตัวอย่างปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันดิบชีวภาพ	294
6.16 ผลของอุณหภูมิต่อคุณสมบัติของถ่านชาร์	300
6.17 ผลของความดันและการไหลของก๊าซต่อการเกิดถ่านชาร์	300
6.18 เตาเผาถ่านดินเหนียวแบบดั้งเดิม	302
6.19 เตาเผาถ่านแบบ Interlock	303
6.20 เตาเผาถ่านแบบ Herreshoff	303
6.21 เตาเผาถ่านแบบ Pillard	304
6.22 เตาเผาถ่านแบบ Fluidized bed	304
6.23 เตาเผาถ่านแบบ Thomson	305
6.24 เตาเผาถ่านแบบ Cornell	305
6.25 เตาเผาถ่านแบบ Keil-Pfaulder	306
6.26 เตาเผาถ่านแบบ Carbo-gas	306

	หน้า
6.27	เตาเผาถ่านแบบไอลอยธรรมชาติ 307
6.28	การทำงานของเตาเผาถ่านแบบไอลอยธรรมชาติ 307
6.29	แผนภูมิสถานะของน้ำ 309
6.30	การเปลี่ยนแปลงค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและความร้อนจำเพาะของน้ำ รอบสภาวะวิกฤต 310
6.31	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเตาแบบไอลอยธรรมชาติ 313
6.32	แบบเตาปฏิกรณ์น้ำร้อนความดันสูง 315
6.33	แผนภูมิแวนครีเวนของกากตะกอนและถ่านไฮโดรคาร์ที่ได้ เทียบกับ ถ่านหินและเซลลูโลส 316
7.1	โครงสร้างของสสารในสถานะหลักต่างๆ 322
7.2	ปรากฏการณ์พลาสมา 323
7.3	การแบ่งประเภทพลาสมาตามช่วงความหนาแน่นและอุณหภูมิอิเล็กตรอน 325
7.4	ระดับพลังงานอิเล็กตรอนในอะตอม 326
7.5	ลักษณะของดิสชาร์จเรืองแสง 340
7.6	ลักษณะของชุดปฏิกรณ์พลาสมาแบบอาร์ค 341
7.7	ลักษณะของชุดปฏิกรณ์พลาสมาแบบไกลดิงอาร์ค 343
7.8	ลักษณะของชุดปฏิกรณ์พลาสมาแบบโคโรนาดีสชาร์จ 343
7.9	ลักษณะของชุดปฏิกรณ์พลาสมาแบบดิสชาร์จข้ามฉนวน 344
7.10	ลักษณะของชุดปฏิกรณ์พลาสมาแบบไมโครเวฟ 345
7.11	ส่วนประกอบสำคัญของหัวเผาพลาสมาต้นแบบ 348
7.12	การกระจายอุณหภูมิก๊าซร้อนในแนวแกนของเปลวพลาสมา 349
7.13	การกระจายอุณหภูมิก๊าซร้อนในแนวรัศมีของเปลวพลาสมา 349
7.14	การเปลี่ยนแปลงของขยะอิเล็กตรอนิกส์จากการเผาด้วยพลาสมา 350
7.15	ชุดทดสอบไมโครเวฟพลาสมาสำหรับกระบวนการไพโรไลซิสขยะ 351
7.16	ผลการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลต่อผลิตภัณฑ์ก๊าซ H_2 353
7.17	ผลการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลต่อผลิตภัณฑ์ก๊าซ CO 353
7.18	ลักษณะชุดการทดลอง 355
7.19	ลักษณะเตาปฏิกรณ์พลาสมาแบบไกลดิงอาร์ค 355
7.20	การเปลี่ยนแปลงของก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์เทียบกับสัดส่วน ของ CH_4/O_2 356
7.21	การเกิดก๊าซไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนอกไซด์เทียบกับสัดส่วน ของ CH_4/O_2 357
8.1	ตัวอย่างแผนภูมิโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง 364
8.2	กระบวนการผลิตน้ำตาลจากอ้อย 366

	หน้า	
8.3	สูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่สูตรโครงสร้างแตกต่างกัน	367
8.4	ลักษณะเซลล์โลสที่ได้จากพืช	370
8.5	ลักษณะการจัดเรียงตัวของโมเลกุลกลูโคสในเซลล์โลส	370
8.6	ลักษณะสูตรโครงสร้างของเฮมิเซลล์โลส	370
8.7	สูตรโครงสร้างของลิกนิน	371
8.8	ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในถังหมัก	378
8.9	กระบวนการหมักกลูโคสเปลี่ยน glucose ไปเป็น pyruvate	379
8.10	การหมักเปลี่ยนกลูโคส 1 โมล ไปเป็นเอทานอล 2 โมล	379
8.11	วิธีการสังเคราะห์ทางชีวภาพสำหรับการหมักเอทานอลจากก๊าซสังเคราะห์	382
8.12	การกลั่นแยกของผสม	385
8.13	อุปกรณ์พื้นฐานสำหรับการกลั่นแยกของผสม	386
8.14	การกลั่นลำดับส่วน	387
8.15	หอกลั่นแบบสถานะเดียว	389
8.16	หอกลั่นแบบหลายสถานะตรง	389
8.17	หอกลั่นแบบหลายสถานะอ้อม	390
8.18	การดูดซับน้ำจากสารละลายเอทานอลในสถานะไอ โดยใช้หอดูดซับแบบสลับความดัน	391
9.1	การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนและผลผลิตที่ได้	402
9.2	การแปลงอินทรีย์สารให้กลายเป็น CH ₄ และ CO ₂ ทางชีวภาพ	405
9.3	การลดขนาดโมเลกุลด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิส	406
9.4	การเปลี่ยนสารอินทรีย์ขนาดเล็กให้เป็นกรดอินทรีย์	406
9.5	การผลิตมีเทนด้วยกระบวนการ methanogenesis	407
9.6	ลักษณะการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย	409
9.7	ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อการสร้างก๊าซชีวภาพจากชีวมวล	411
9.8	ตัวอย่างรูปแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	417
9.9	ตัวอย่างแบบถังหมักย่อยก๊าซชีวภาพ	418
9.10	กระบวนการผลิตมีเทนของบ่อไร้อากาศแบบคลุมบ่อ	419
9.11	ถังกวนต่อเนื่อง	419
9.12	ถังปฏิกรณ์แบบแอนาโรบิคคอนแทค	420
9.13	ถังกรองไร้อากาศ	421
9.14	ลักษณะของตัวกลางที่ใช้	421
9.15	ถังปฏิกรณ์แบบปลั๊กโฟว	422
9.16	การทำงานของถังปฏิกรณ์แบบขึ้นกากไหลขึ้นไร้อากาศ	423
9.17	การทำงานของถังปฏิกรณ์แบบขึ้นกากกรวดขยาย	424
9.18	กากกรวด	424

	หน้า
9.19 ระบบกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยน้ำที่ไม่มีการวนน้ำกลับ	446
9.20 ระบบกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยน้ำที่มีการวนน้ำกลับ	446
9.21 ความสามารถในการละลายน้ำของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะต่างๆ	448
9.22 การดูดซึมคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยกระบวนการเปลี่ยนแปลงความดัน	448
9.23 การแพร่กระจายของก๊าซผ่านเมมเบรน	450
9.24 การดักจับคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้เมมเบรนร่วมกับสารละลาย	450
9.25 กระบวนการไปโอโฟโตไลซิสโดยตรง	456
9.26 กระบวนการไปโอโฟโตไลซิสโดยอ้อม	456
9.27 กระบวนการหมักแสง	457
9.28 กระบวนการหมักมืด	458
9.29 ชุดปฏิกรณ์แบบคอลัมน์อัดตัว	460
9.30 พลาสดิกบอลในการเพิ่มพื้นที่สัมผัส	461
9.31 ความเข้มข้นของ CO_2 ในก๊าซทางออกจากชุดปฏิกรณ์	461
9.32 ปริมาณ CO_2 ที่รับได้ในแต่ละสารละลายที่เลือกใช้	462
9.33 ความเข้มข้นของ CH_4 ในก๊าซทางออกจากชุดปฏิกรณ์	462
9.34 การไหลของก๊าซเชื้อเพลิงและอากาศในหัวเตาหุงต้ม	464
9.35 ชุดทดสอบเตาหุงต้ม	464
9.36 แผนการดำเนินงาน	465
9.37 ตัวอย่างผลการทดสอบเลือกขนาดหมุและความดันในการทำงานของเตา RB	466
10.1 ตัวอย่างพืชน้ำมันที่เพาะปลูกในประเทศไทย	474
10.2 ลักษณะการจับตัวของสารเติมพิเศษเพื่อทำให้เป็นสารแขวนลอย	484
10.3 กลไกการสลายตัวด้วยความร้อนของไตรกลีเซอไรด์	485
10.4 สมการเคมีปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชันของกลีเซอรไรด์กับแอลกอฮอล์	487
10.5 ขั้นตอนในการเกิดปฏิกิริยาผ่าน ไตร- ได- และโมโนกลีเซอไรด์	487
10.6 ลักษณะการแยกชั้นของเอสเตอ์กับกลีเซอริน	488
10.7 แผนภาพขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพของ Caro diesel	489
10.8 กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นต่าง	490
10.9 ตัวอย่างถังปฏิกรณ์ทรานเอสเตอริฟิเคชันแบบ batch	493
10.10 ตัวอย่างถังปฏิกรณ์ทรานเอสเตอริฟิเคชันแบบต่อเนื่อง	494
10.11 ตัวอย่างกระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง	495
10.12 โครงสร้างทางเคมีของเอสเตอ์	496
10.13 ชุดผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง	501
10.14 ผลของอัตราส่วนเชิงโมลของน้ำมันต่อเมทานอลต่อการผลิตไบโอดีเซล	503
10.15 ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อการผลิตไบโอดีเซล	503
10.16 ผลของความเข้มข้นตัวเร่งปฏิกิริยาต่อการผลิตไบโอดีเซล	504

	หน้า
11.1 วิธีการแปลงวัตถุดิบชีวมวลเป็นโมโนเมอร์ เคมีภัณฑ์ และวัสดุชีวภาพ	511
11.2 สารตั้งต้นและเคมีภัณฑ์จากเอทานอล	512
11.3 เคมีภัณฑ์และวัสดุหลักจากแป้ง	514
11.4 สารตั้งต้นและเคมีภัณฑ์จากซูโครส	515
11.5 การทำให้เกิดกรดโพลิแลคติก	516
11.6 การทำให้เกิดกลุ่มไฮดรอกซิลในน้ำมันพืช	517

สารบัญตาราง

ตารางที่	คำอธิบาย	หน้า
1.1	การเปรียบเทียบของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปลงสภาพชีวมวล	8
1.2	การเปรียบเทียบลักษณะของการแปลงสภาพเชิงเคมีความร้อนหลัก	9
1.3	ข้อมูลสมรรถนะและการสาธิตกระบวนการแปลงสภาพชีวมวลเพื่อการผลิตพลังงาน	10
1.4	คุณสมบัติสำคัญของเชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับการขนส่ง	16
1.5	ค่าความร้อนของการก่อเกิด ที่ 298 K	22
2.1	ศักยภาพพลังงานจากเศษวัสดุการเกษตรของประเทศไทย ปี 2552	38
2.2	ส่วนประกอบหลักของชีวมวล	41
2.3	กลุ่มโมเลกุลใหญ่ที่สร้างขึ้นเป็นชีวมวล	42
2.4	องค์ประกอบลิกโนเซลลูโลสของชีวมวลเปรียบเทียบ	44
2.5	องค์ประกอบแบบแยกธาตุของชีวมวลเปรียบเทียบ	48
2.6	องค์ประกอบแบบประมาณของชีวมวลเปรียบเทียบ	52
2.7	องค์ประกอบอนินทรีย์ของเศษชีวมวล	57
2.8	อุณหภูมิการหลอมตัวของเศษชีวมวลและโอกาสเกิดเถ้าหลอม	61
2.9	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติไม่यरบายักษ์	76
2.10	การเปรียบเทียบผลการสลายตัวทางความร้อนในไนโตรเจนของชีวมวลชนิดต่างๆ	78
2.11	การเปรียบเทียบผลการสลายตัวทางความร้อนในอากาศของชีวมวลชนิดต่างๆ	81
3.1	องค์ประกอบของชีวมวลตัวอย่าง	104
3.2	พลังงานที่ใช้ (kWh/ton) ในการอัดแท่งชีวมวล	109
3.3	ประเภทของเชื้อเพลิงจากขยะ RDF ตามมาตรฐาน ASTM	121
3.4	ส่วนประกอบของขยะที่รวบรวมได้	122
3.5	ส่วนประกอบและสมบัติของเชื้อเพลิงแท่งผสม	124
4.1	ปริมาณผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ตามทฤษฎี	134
4.2	ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้	134

		หน้า
4.3	ส่วนประกอบของอากาศ	135
4.4	สัมประสิทธิ์ในการหาเอนทัลปีของก๊าซ	136
4.5	ค่าคงที่ของกระบวนการไฟโรไลซิสเชื้อเพลิง	144
4.6	อุณหภูมิจุดติดไฟของเชื้อเพลิง	146
4.7	ตัวอย่างสภาวะระบบหม้อไอน้ำสโตกเกอร์อุตสาหกรรม	167
4.8	สมรรถนะของเครื่องอบลำไยต้นแบบ	187
4.9	ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องตากตะกอนไฟฟ้าสถิต	192
5.1	ตัวอย่างส่วนประกอบก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวล	198
5.2	ตัวอย่างค่าตัวแปรเคมีจลน์ปฏิกิริยาบูดอาร์ดสำหรับถ่านชาร์	205
5.3	ตัวอย่างค่าตัวแปรเคมีจลน์ปฏิกิริยาน้ำแปลงก๊าซสำหรับถ่านชาร์	205
5.4	การเปรียบเทียบลักษณะพื้นฐานและการทำงานของเตาปฏิกรณ์	224
5.5	การเปรียบเทียบเตาแบบชั้นนิ่งกับเตาแบบชั้นของไหล	225
5.6	ภาระเตาสำหรับเตาชั้นเชื้อเพลิงนิ่งแบบก๊าซไหลลง	231
5.7	วิธีการกำจัดน้ำมันดิน	238
5.8	ประสิทธิภาพการดักฝุ่นละอองและน้ำมันดิน	240
5.9	ข้อมูลทางเทคนิคของการทำงานของเตา	260
6.1	ลักษณะของกระบวนการที่สำคัญของไฟโรไลซิส	271
6.2	ตัวอย่างปัจจัยเคมีจลน์ของการไฟโรไลซิสส่วนประกอบชีวมวล	276
6.3	ส่วนประกอบของน้ำมันดิบชีวภาพ	280
6.4	คุณสมบัติทั่วไปของน้ำมันดิบชีวภาพจากไม้	281
6.5	การถ่ายเทความร้อนและประเด็นที่น่าสนใจของเตาแต่ละแบบ	282
6.6	การเปรียบเทียบสมบัติระหว่างน้ำมันดิบและน้ำมันดิบชีวภาพ	292
6.7	สมบัติอื่นไม่พึงประสงค์ของน้ำมันดิบชีวภาพ	292
6.8	การเปรียบเทียบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันดิบชีวภาพ	295
6.9	สมบัติของน้ำมันดิบชีวภาพก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ	297
6.10	สมบัติของน้ำ	310
6.11	ปริมาณและส่วนประกอบของถ่านชาร์ที่ได้	313
6.12	ผลการเปรียบเทียบกับเตาเผาถ่านดั้งเดิม	314
6.13	สมบัติของกากตะกอนและถ่านไฮโดรชาร์ที่ได้	316
7.1	การเปรียบเทียบพลาสมาร้อนกับพลาสมาไม่ร้อน	325
7.2	พลังงานการอัดประจุของอะตอมและโมเลกุลต่างๆ	327
7.3	ค่าสัมพรรคภาพอิเล็กทรอนิกส์ของสารต่างๆ	328
7.4	เวิร์คฟังก์ชันของโลหะวัสดุแคโทดต่างๆ	332

		หน้า
7.5	สภาวะพลาสมาแบบอาร์คเจตร้อน	341
7.6	ตัวอย่างการแปลงสภาพเชื้อเพลิงและผลิตไฮโดรเจน	347
7.7	ผลของพลาสมาช่วยในปฏิกิริยาการแปลงสภาพเชื้อเพลิง	347
7.8	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้	352
8.1	คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเอทานอล	362
8.2	ผลผลิตเอทานอลจากชีวมวล	365
8.3	ตัวอย่างโมโนแซคคาไรด์	367
8.4	โพลีแซคคาไรด์ที่สำคัญ	368
8.5	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของหน่อไม้และไม้ไผ่	395
8.6	ปริมาณน้ำตาลที่ได้กับวัตถุดิบกลีโคเซลลูโลสชนิดอื่นที่สภาวะต่างกัน	397
9.1	ข้อดีและข้อเสียของการใช้การย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน	403
9.2	ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอื่น	403
9.3	แบบที่เรียกลู่มไม่สร้างก๊าซมีเทน	407
9.4	แบบที่เรียสร้างก๊าซมีเทน	408
9.5	ความสามารถในการย่อยสลายแบบไร้อากาศ	412
9.6	ตัวยับยั้งกระบวนการสร้างมีเทน	415
9.7	วัตถุดิบชีวมวล	425
9.8	ส่วนประกอบและธาตุสำคัญของวัตถุดิบชีวมวล	425
9.9	ของเสียจากฟาร์มสัตว์	426
9.10	ขยะชุมชนที่ช่วงอุณหภูมิเมโซฟิลิก	430
9.11	ขยะชุมชนที่ช่วงอุณหภูมิเทอร์โมฟิลิก	432
9.12	ผัก ผลไม้ และใบไม้	433
9.13	หญ้า	435
9.14	ไม้	438
9.15	พืชน้ำจืด	439
9.16	พืชน้ำทะเล	440
9.17	ค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ยอมรับได้ในการใช้ประโยชน์	442
9.18	การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ	442
9.19	ค่าความเข้มข้นสูงสุดของไบโอมีเทนที่ยอมรับได้	443
9.20	ปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบดูดซึมด้วยน้ำแบบไม่วนกลับ	447
9.21	การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีดักจับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	453
9.22	คุณสมบัติของเอนไซม์สร้างไฮโดรเจน	455

	หน้า
10.1	องค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมันชนิดต่างๆ
10.2	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืช
10.3	ปริมาณการผลิตพืชน้ำมันของประเทศไทย
10.4	ปริมาณการผลิตน้ำมันปาล์มของประเทศต่างๆ ในช่วงปี พ.ศ. 2538-2544
10.5	การผลิตน้ำมันพืชและไขมันเพื่อไบโอดีเซลในสหรัฐอเมริกา ปี พ.ศ. 2536-2538
10.6	คุณสมบัติและค่าความร้อนของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ
10.7	ขั้นตอนการเตรียมน้ำมันให้บริสุทธิ์
10.8	สาเหตุและวิธีแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงผสม ในเครื่องยนต์ดีเซล
10.9	คุณสมบัติของ Shipp Non-Ionic
10.10	ส่วนประกอบของน้ำมันเชื้อเพลิงสังเคราะห์
10.11	คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ได้จากการสลายตัวด้วยความร้อน ของน้ำมันถั่วเหลือง
10.12	ตัวอย่างของการแตกโมเลกุลของน้ำมันเมทิลเรพ
10.13	สภาวะวิกฤตของแอลกอฮอล์และตัวอย่างผลผลิตเอสเทอร์ที่ได้
11.1	ค่าเลขไฮดรอกซิลของโพลีออลจากน้ำมันพืชต่างๆ

ชีวมวลและพลังงานชีวภาพ

เป็นแหล่งวัตถุดิบและพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญ เป็นหนึ่งคำตอบที่ช่วยแก้ปัญหาโลกร้อนและรับมือกับมรสุมวิกฤตพลังงาน และการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศโลก มีศักยภาพทดแทนแหล่งปิโตรเลียมได้ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การแปลงสภาพชีวมวล

การแปลงสภาพชีวมวลเพื่อประโยชน์ทางพลังงานและวัสดุภัณฑ์ เป็นศาสตร์และเทคโนโลยีที่สำคัญในสาขาพลังงานหมุนเวียน เหมาะสำหรับวิศวกร นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษาระดับอุดมศึกษา และผู้สนใจทั่วไป ใช้ในการเรียนการสอน การวิจัย เป็นพื้นฐานความรู้ ในการอ้างอิง และการนำไปปฏิบัติได้จริง

เนื้อหา ประกอบด้วย

- พลังงานชีวภาพ
- แหล่งชีวมวล
- การอัดเพิ่มความหนาแน่น
- การเผาไหม้
- แกสซิฟิเคชัน
- ไพโรไลซิส
- ปฏิกิริยาเคมีพลาสมา
- การผลิตเอทานอล
- การผลิตก๊าซชีวภาพและไฮโดรเจน
- น้ำมันชีวภาพ
- วัสดุภัณฑ์ชีวภาพ



CHIANG MAI
UNIVERSITY PRESS

ISBN: 978-616-398-026-7



ราคา 700 บาท



บทที่ 1

พลังงานชีวภาพ

1.1 พลังงานเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

พลังงานนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาประเทศในทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นการผลิต ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ การขนส่ง การผลิตไฟฟ้า และงานบริการอื่นๆ อีกหลายประเภท แหล่งที่มาของพลังงานของโลกในปัจจุบัน ส่วนใหญ่มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยคิดเป็น 80% โดยประมาณ ในขณะที่อีกประมาณ 10% มาจากชีวมวล (Strezov and Evans, 2015) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญที่สุดในขณะนี้ โดยประมาณ 3 ใน 4 ของพลังงานชีวมวลที่ใช้ในโลก พบในประเทศกำลังพัฒนา อีก 1 ใน 4 ใช้ในประเทศพัฒนาแล้ว (Parikka, 2004) เมื่อเทียบเป็นสัดส่วนการใช้พลังงาน โดยเฉลี่ยแล้วประเทศอุตสาหกรรมทั้งหลายจะใช้พลังงานจากชีวมวลคิดเป็น 9-13% ของพลังงานโดยรวมทั้งหมด แต่ในประเทศกำลังพัฒนา สัดส่วนการใช้ชีวมวลจะเป็นประมาณ 20-35% ของพลังงานรวมทั้งหมดที่ใช้ในประเทศ ในบางประเทศ โดยเฉพาะทางเอเชียใต้ มีสัดส่วนการใช้พลังงานชีวมวลสูงถึง 50-90% (Koopsman, 2005) แต่การใช้ส่วนใหญ่ ใช้ไปกับกิจกรรมที่ไม่ใช่เชิงพาณิชย์ แต่เป็นการปรุงอาหาร และการให้ความอบอุ่น โดยเฉพาะกับกลุ่มประชากรที่ค่อนข้างยากจน

ในประเทศไทยมีความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงมาใช้ในการคมนาคม และการขนส่งมากที่สุดของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมด ปัจจุบันแหล่งพลังงานในประเทศไทยนั้นไม่เพียงพอต่อการตอบสนองการใช้ได้ทั้งหมด ต้องนำเข้าแหล่งพลังงานมาจากต่างประเทศ เช่น ผลิตถ่านหินน้ำมัน ปิโตรเลียม ทำให้ประเทศต้องสูญเสียเงินตราให้แก่ต่างประเทศเป็นจำนวนมากในแต่ละปี ถ้าสามารถประหยัดหรือใช้จากแหล่งพลังงานอื่นที่มีในประเทศ ก็จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่าย และลดการนำเข้าได้ เหนือสิ่งอื่นใด พลังงานเป็นหัวข้อหลักและมีบทบาทสำคัญสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน แนวคิดของการพัฒนาอย่างยั่งยืน อิงถึงการพัฒนาที่สามารถตอบสนองความต้องการของปัจจุบันสมัยโดยมิต้องบั่นทอนศักยภาพและโอกาสของอนาคตข้างหน้า (Johansson and Goldemberg, 2002) ซึ่งมีมิติทางสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นต้องพิจารณา ถึงแม้ว่าในปัจจุบัน จะดูเหมือนว่าแหล่งอุปสงค์ของพลังงานโลก ยังไม่ถึงขีดจำกัดในอนาคตอันใกล้ แต่ระบบพลังงานและการใช้ประโยชน์ที่เป็นอยู่ไม่ใช่เป็นแบบยั่งยืน เนื่องมาจากประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม สังคม และภูมิรัฐศาสตร์ อันจะเห็นได้จากเชื้อเพลิงสมัยใหม่และไฟฟ้ายังไม่มีกระจายทั่วถึงในอีกหลายพื้นที่ที่กั้นดารห่างไกล ระบบและการบริการพลังงานที่มีราคาสูงหรือมีความขาดแคลนจะส่งผลกระทบต่อผลิตผลและการเติบโตทางเศรษฐกิจ กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงและพลังงานมีด้านที่เป็นผลกระทบต่อสุขภาพชีวิตความเป็นอยู่และสิ่งแวดล้อม ในระดับท้องถิ่นและระดับโลก ทั้งในปัจจุบันและอนาคต พลังงานเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนจึงเป็นเป้าหมายที่ท้าทายมากของเราในฐานะประชากรโลก สิ่งที่เราได้เพื่อไปสู่เป้าหมายดังกล่าวข้างต้น นอกเหนือจากการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน และการเร่งพัฒนาและใช้เทคโนโลยีพลังงานสมัยใหม่แล้ว การเพิ่มการใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานหมุนเวียนก็เป็นวิธีทางสำคัญวิธีหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นพลังงานจากชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานจากพื้นพิภพ และพลังงานน้ำ

1.2 พลังงานหมุนเวียน

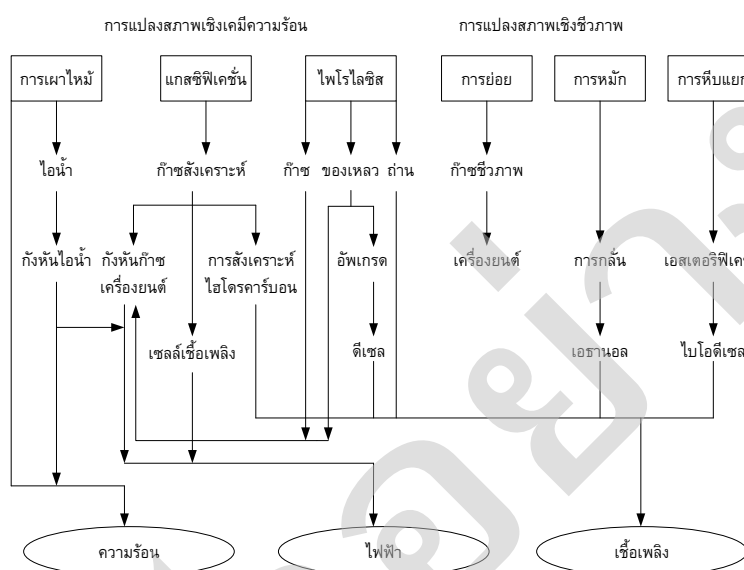
พลังงานหมุนเวียน สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ ดังนี้

- พลังงานหมุนเวียนที่มาจากแสงอาทิตย์โดยตรง คือ พลังงานแสงอาทิตย์
- พลังงานหมุนเวียนที่มาจากแสงอาทิตย์โดยอ้อม เช่น พลังงานลม คลื่น หรือ ชีวมวล และพลังงานชีวภาพ
- พลังงานหมุนเวียนที่ไม่เกี่ยวข้องกับแสงอาทิตย์ เช่น พลังงานใต้พิภพ น้ำขึ้นน้ำลง

พลังงานทั้งสามประเภท ต่างมีศักยภาพที่แตกต่างกันออกไป ตามลักษณะภูมิประเทศ และภูมิอากาศ สำหรับประเทศไทย การพัฒนาพลังงานขึ้นมาใช้ประโยชน์ให้เพียงพอกับความต้องการของประเทศ นอกจากการพัฒนาพลังงานจากประเภทที่ใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมันดิบ ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติแล้ว ยังมีการพัฒนาพลังงานในรูปของพลังงานหมุนเวียนนำมาใช้ประโยชน์ด้วย เช่น ชีวมวล แสงแดด ลม น้ำ ถึงแม้จะยังเป็นสัดส่วนที่น้อยเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ แต่ได้มีการศึกษาวิจัยและพัฒนาพลังงานหมุนเวียนอื่นๆ มาใช้ประโยชน์มากขึ้น (Graziani and Fornasiero, 2001) การใช้พลังงานหมุนเวียนส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ได้มาจาก ไม้ พืน แกลบ และถ่าน ซึ่งเป็นการใช้ในครัวเรือน เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงสามารถเสริมสร้างแหล่งพลังงานจากชีวมวลได้อีกมาก นอกจากนี้ ยังมีการนำมูลสัตว์ที่ได้จาก ฟาร์มเลี้ยงสัตว์มาผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในครัวเรือนด้วย ซึ่งในช่วงแรกเป็นการกำจัดมูลสัตว์ให้ ถูกสุขลักษณะและมีพลังงานเป็นผลพลอยได้ ต่อมาเมื่อความต้องการใช้พลังงานของประเทศเพิ่มสูงขึ้น ก่อให้เกิดวิกฤตการณ์ราคาน้ำมันดิบมีราคาสูงขึ้นหลายครั้ง การอนุรักษ์พลังงาน และการส่งเสริมการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมาใช้ประโยชน์มากขึ้น จึงเป็นเรื่องสำคัญของ รัฐในการเร่งดำเนินการ ดังเห็นได้จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2525 – 2529) เป็นต้นมา ซึ่งได้มีการกำหนดเป้าหมายให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้น เพื่อทดแทนน้ำมัน เช่น พลังงานจากแอลกอฮอล์ ขยะ ไม้โตเร็ว พลังน้ำขนาดเล็ก ก๊าซชีวภาพ ความร้อนใต้พิภพ แสงอาทิตย์ และลม โดยส่งเสริมให้มีการวิจัยพัฒนา และผลิตพลังงานหมุนเวียน ที่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ขึ้นมาใช้ประโยชน์ การส่งเสริมการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนของรัฐ มีความชัดเจนขึ้นเมื่อมีการประกาศใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่ เมษายน 2535 เป็นต้นมา พระราชบัญญัตินี้ดังกล่าวกำหนดให้มีการจัดตั้ง กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานขึ้น เพื่อใช้เป็นเงินอุดหนุนหรือเงินช่วยเหลือแก่หน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน ตลอดจนสถาบันการศึกษาสำหรับการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน การศึกษา วิจัย และสาธิตเกี่ยวกับโครงการพลังงานหมุนเวียน รวมทั้ง เงินช่วยเหลือเพื่อเพิ่มการใช้พลังงาน หมุนเวียนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ซึ่งมีการให้การสนับสนุนอย่างต่อเนื่องตลอดมา

1.3 พลังงานชีวมวล

เชื้อเพลิงจากชีวมวลเป็นแหล่งให้ความร้อนและแสงสว่างสำคัญแรกสุดที่มนุษยชาติได้ใช้ ปัจจุบันก็เป็นแหล่งพลังงานสำคัญในลำดับต้นๆ ของประเทศเกษตรกรรมและประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลาย รูปที่ 1.1 แสดงถึงวิธีการใช้ประโยชน์จากชีวมวล ตั้งแต่การใช้พื้นฐานในการเผาไหม้จนถึงการยกระดับการใช้ ด้วยการแปลงสภาพเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดีขึ้น



รูปที่ 1.1 แนวทางการใช้พลังงานชีวมวล

ชีวมวลเป็นพลังงานที่มาจากแหล่งที่ไม่มีวันหมดไป เพราะวงจรการผลิตชีวมวล คือ วงจรของพืชที่มีระยะเวลาสั้น ต่างจากน้ำมันหรือถ่านหินที่ต้องอาศัยการทับถมกันเป็นเวลาหลายล้านปี นอกจากนี้ ชีวมวลสามารถผลิตได้ภายในประเทศ เกษตรกรจะมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายชีวมวลสู่ผู้ใช้ และยังช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้อีกด้วย ข้อดีที่สำคัญทางสิ่งแวดล้อม คือ การใช้ชีวมวลในการผลิตความร้อนหรือไฟฟ้า จะไม่เพิ่มปริมาณสุทธิของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโลกในกรณีที่เรามีการผลิตชีวมวลขึ้นมาเพื่อทดแทนชีวมวลที่ได้ใช้ไป เพราะจะทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกหมุนเวียนมาใช้ในชีวมวลที่ผลิตใหม่เท่ากับปริมาณก๊าซที่ถูกผลิตจากการเผาไหม้ชีวมวลนั้นๆ เนื่องจากพืชต้องหายใจเพื่อเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เข้าไปใช้ในการเจริญเติบโต อีกทั้ง ชีวมวลยังมีปริมาณกำมะถันต่ำกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลมาก นั่นหมายถึง การใช้ชีวมวลจะลดโอกาสในการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) และการเกิดฝนกรด ซึ่งตรงข้ามกับการใช้น้ำมันในภาคขนส่ง หรือถ่านหิน

ในโรงไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม ชีวมวลมีการเก็บรักษาและการขนส่งที่ยาก และมีความเสี่ยงสูงในการจัดหา หรือรวบรวมปริมาณชีวมวลที่ต้องการใช้ ให้คงที่ตลอดปี เพราะชีวมวลบางประเภท เช่น กากอ้อย มีจำกัดเพียงบางเดือน อีกทั้งชีวมวลทุกประเภทต่างต้องการพื้นที่ในการเก็บรักษาขนาดใหญ่กว่า เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น หากต้องการปริมาณความร้อนที่เท่ากัน จะต้องใช้แกลบในปริมาณที่มากกว่า น้ำมันเตา เป็นต้น ดังนั้นการพัฒนาระบบวิธีการจัดเก็บและขนส่งจึงสำคัญและจำเป็นมาก

1.4 แรงขับเคลื่อนและสิ่งกระตุ้นในการพัฒนาแหล่งชีวมวล

ผลการตอบแทนการลงทุนในโครงการเกี่ยวกับพลังงานชีวภาพและผลิตภัณฑ์ฐานชีวมวล ในปัจจุบันยังไม่คุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากแหล่งชีวมวลก็มีการขยายตัวและได้รับการส่งเสริมอย่างกว้างขวาง เนื่องมาจาก ปัจจัย แรงขับเคลื่อน หรือสิ่งกระตุ้นต่างๆ ได้แก่ ความต้องการปรับปรุงคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม (environmental quality) ความกังวลเกี่ยวกับความอยู่รอดปลอดภัยของชาติ (national security) เนื่องจากการอาศัยแหล่งพลังงานฟอสซิลจากต่างชาติ ปัญหาผลผลิตทางการเกษตร ล้นตลาด (excess agricultural production) รวมถึงความสำคัญและความเร่งด่วนในการพัฒนา และยกระดับความเป็นอยู่ในชนบท (rural development) เพื่อช่วยเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ (Brown, 2003)

1.4.1 คุณภาพสิ่งแวดล้อม

การผลิตและการใช้ประโยชน์จากพลังงานฟอสซิลทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ไม่ว่าจะเป็นการทำเหมืองถ่านหิน และการขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ การนำเชื้อเพลิง ฟอสซิลเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการและนำไปใช้ประโยชน์มีผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาค และระดับโลก

ระดับท้องถิ่น เช่น การทำเหมืองถ่านหินมีกองดินเปิดเกิดขึ้นทั่วพื้นที่กว้าง อาจมีปัญหา การชะล้างเกิดเป็นกรด ปัญหาโคลน หรือของเหลวแขวนลอยสีดำ การขุดเจาะน้ำมันหรือ ก๊าซธรรมชาติอาจมีการรั่วไหลของน้ำมันทำให้เกิดการปนเปื้อนรอบๆ บริเวณ รวมถึงปัญหาเศษซีเมนต์ จากการใช้งานและผลิตภัณฑ์ตกค้างจากการกลั่นที่ต้องหาทางกำจัด การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล มีการปล่อยไอเสียที่มีคาร์บอนมอนอกไซด์ และฝุ่นควันออกมา ระดับภูมิภาค เช่น การเกิด ฝนกรดจากออกไซด์ของกำมะถัน และไนโตรเจน ซึ่งอาจจะกระทบต่อส่วนอื่นของทวีปก็ได้ ใน ระดับโลกผลกระทบเกี่ยวกับการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ และการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศของโลกอันเนื่องมาจากกลุ่มก๊าซเรือนกระจกที่นำโดยคาร์บอนไดออกไซด์

พลังงานจากชีวมวลไม่ใช่ต้นเหตุหลักของปัญหาเหล่านี้ ผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม จากการใช้พลังงานชีวมวลมีน้อยมากเมื่อเทียบกับการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เนื่องจาก เป็นผลผลิตทางชีวภาพ ย่อยสลายได้ในธรรมชาติ ผลการนำไปใช้มีความสะอาดกว่า และมีวงจร การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศเป็นศูนย์

1.4.2 ความอยู่รอดปลอดภัยของชาติ

ประเทศไทยมีสัดส่วนการใช้พลังงานนำเข้าประมาณ 60% ของการบริโภคภายในประเทศทั้งหมด พลังงานที่นำเข้าส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม และไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน วิกฤตพลังงานที่เกิดขึ้นในช่วงปี 1974 และ 2008 ที่ราคาน้ำมันดิบขยับจากไม่กี่สิบลีเยอร์เป็นกว่าหนึ่งร้อยเหรียญสหรัฐส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและชีวิตความเป็นอยู่ของคนในประเทศ ผู้เชี่ยวชาญต่างทำนายว่าวิกฤตพลังงานจะมีต่อไป เนื่องจากการลดลงของปริมาณน้ำมันสำรองในโลกสวนทางกับความต้องการใช้ในตลาดโลก อีกทั้งการขาดเสถียรภาพในกลุ่มประเทศผู้ผลิตและส่งออกน้ำมันขนาดใหญ่ หากไม่มีการเตรียมตัวรองรับที่ดีอาจจะส่งผลให้เศรษฐกิจชะงักอย่างหนัก ปัญหาวิกฤตพลังงานถือเป็นภัยคุกคามความอยู่รอดปลอดภัยของชาติที่ควรริบดำเนินการหาทางรับมือแก้ไข มีความพยายามทางนโยบายในการลดการพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ แต่จากแนวโน้มที่เกิดขึ้น ก็ดูเหมือนว่าเรายังไม่สำนึกในบทเรียน เนื่องจากความต้องการน้ำมันและการนำเข้าพลังงานยังคงเติบโตสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาพลังงานชีวมวลและพลังงานหมุนเวียนอื่นๆ สามารถดำเนินการได้จากแหล่งพลังงานในประเทศ ซึ่งสามารถทดแทนการบริโภคภายในประเทศได้ในสัดส่วนที่สูง อีกทั้งยังจะช่วยลดภาระการพึ่งพาการนำเข้าและลดความเสี่ยงต่อวิกฤตพลังงานในอนาคตได้บ้าง

1.4.3 ผลผลิตทางการเกษตรล้นตลาด

ในการนำชีวมวลมาใช้เชิงพลังงานและวัสดุมักมีความกังวลเกี่ยวผลกระทบต่อการผลิตอาหารตามมาด้วย มีหลายฝ่ายที่ไม่เห็นด้วยกับการใช้พื้นที่เกษตรกรรมบางส่วนไปใช้ในการผลิตชีวมวลพลังงานเพราะเกรงว่าผลผลิตทางการเกษตรจะขาดแคลนและมีราคาแพง แต่ในความเป็นจริง ประเทศไทยและประเทศอื่นๆ ส่วนใหญ่สามารถผลิตพืชอาหารได้มากกว่าความต้องการภายในประเทศ และส่งออกผลผลิตทางเกษตรเหล่านี้ได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาสายพันธุ์ ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช และเทคนิคการเพิ่มผลผลิตอื่นๆ ในบางช่วงเกิดการมีผลผลิตทางการเกษตรล้นตลาดด้วยซ้ำ ฉะนั้นหากมีการพัฒนาพืชชีวมวลอย่างจริงจัง จะสามารถช่วยปัญหาการล้นตลาดและปัญหาราคาตกต่ำของพืชหลายๆ ชนิดได้ และสามารถจัดสรรที่ดินบางส่วนมาใช้ในการผลิตพืชชีวมวลพลังงานได้ โดยไม่กระทบต่อพืชอาหาร

1.4.4 การพัฒนาชนบท

ผลกระทบจากอุตสาหกรรมสมัยใหม่ ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายแรงงานจากชนบทสู่ในเมือง นำไปสู่การลดลงของแรงงานในภาคการเกษตรและในชุมชนชนบท การเปิดตลาดเสรีทำให้เกิดการแข่งขันสูงขึ้นกับการผลิตจากต่างประเทศ การจำหน่ายผลผลิตทางเกษตรของเกษตรกรอยู่ได้ด้วยเงินอุดหนุนช่วยเหลือจากรัฐ หากมีโอกาสหรือทางเลือกใหม่ เกษตรกรผู้ผลิตและชุมชนจะสามารถสร้างรายได้และพัฒนาเศรษฐกิจชนบทให้เจริญกว่าที่เป็นอยู่ได้ การพัฒนาชีวมวลสำหรับตลาดใหม่โดยเฉพาะพืชผลที่สามารถแปลงสภาพเพื่อเพิ่มมูลค่าได้ภายในท้องถิ่นจักสร้างโอกาสอันใหญ่หลวงให้กับการพัฒนาชุมชนชนบท เกิดการจ้างงานและการลงทุนเพิ่ม มีทางเลือกให้แรงงานอยู่ในท้องถิ่น ลดการย้ายเข้าทำงานในเมือง และสร้างโอกาสให้คนในชนบทได้

1.5 เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล

มีเพียงชีวมวลไม่กี่ชนิดเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ไม้พืน ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรงตามลักษณะสภาพเดิมๆ ในการเผาไหม้ เพื่อได้พลังงานออกมาใช้ประโยชน์ ส่วนใหญ่อาจจำเป็นต้องแปลงสภาพก่อนนำไปใช้งาน (Wayman and Parekh, 1990; Wereko-Brobby and Hagen, 1996; Klass, 1998; Faaij, 2006; Drapch et al., 2008; Capareda, 2014) อย่างไรก็ตาม ชีวมวลสดจะมีลักษณะที่ด้อยกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล ดังนี้

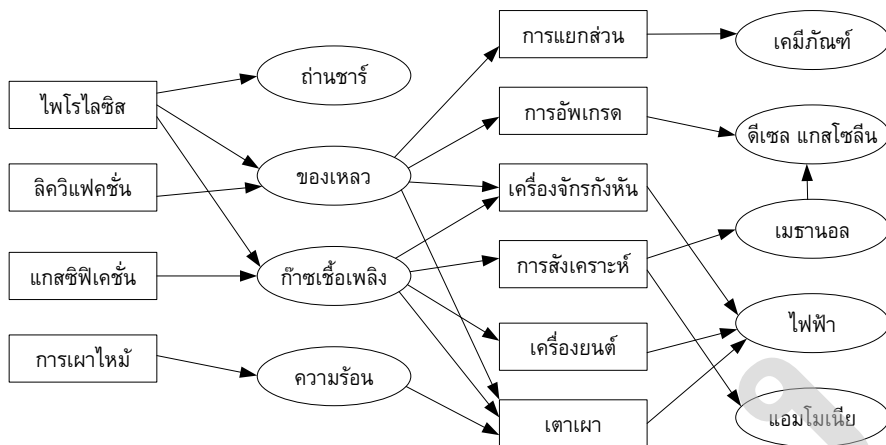
- ชีวมวลมีค่าความร้อนน้อยกว่า
- ชีวมวลมีปริมาณความชื้นสูง เป็นอุปสรรคในการกักเก็บ ส่งผลให้เป็นอุปสรรคในการเผาไหม้ เกิดการสูญเสียความร้อนและเกิดมลพิษสูง
- ชีวมวลมีค่าความหนาแน่นต่ำ มีความจำเป็นต้องใช้ในปริมาณมาก และต้องใช้อุปกรณ์ในการจัดการ การกักเก็บ การขนส่ง และการเผาไหม้ที่มีขนาดใหญ่
- รูปแบบกายภาพไม่สม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียว ไม่สะดวกต่อการขนถ่าย ตรววด กักเก็บ หรือ บ้อนเข้า

ฉะนั้น วัตถุประสงค์หลักของการแปลงสภาพชีวมวล ก็เพื่อลดปริมาณความชื้นซึ่งจะส่งผลให้เพิ่มค่าความร้อนและสะดวกต่อการเก็บรักษา และปรับปรุงคุณลักษณะของวัสดุให้สะดวกต่อการใช้และการจัดการ เช่น แปลงสภาพให้เป็นของเหลว หรือก๊าซ เทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปชีวมวลที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้มีคุณค่ามากขึ้นกว่าเดิมนั้น สามารถจำแนกได้ 3 เทคโนโลยีหลักๆ ทางกายภาพ ชีวเคมี และเคมีความร้อน ทั้งนี้ลักษณะความแตกต่างของแต่ละกระบวนการนั้นขึ้นอยู่กับสถานะที่ใช้ และวัตถุประสงค์หรือผลิตภัณฑ์หลักที่ต้องการ ดังแสดงในตารางที่ 1.1 คือ

- (i) กระบวนการแปลงสภาพเชิงกายภาพ ได้แก่ การอัดแท่ง (densification) การคัดแยกเฉพาะส่วน และการหีบคั้นน้ำมัน (oil extraction)
- (ii) กระบวนการแปลงสภาพเชิงชีวเคมี (biochemical conversion) ที่ใช้กิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวดำเนินการ ได้แก่ กระบวนการหมักย่อยอัดอากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ และกระบวนการไฮโดรไลซิสเพื่อผลิตเอทานอล
- (iii) กระบวนการแปลงสภาพเชิงเคมีความร้อน (thermochemical conversion) โดยที่กระบวนการแปลงสภาพเชิงเคมีความร้อนนี้ ยังสามารถจำแนกออกเป็นกระบวนการย่อยๆ ได้อีก คือ การเผาไหม้ ไพโรไลซิส แกสซิฟิเคชัน และลิกวิแฟคชัน (รูปที่ 1.2) โดย 3 เทคโนโลยีแรก มีลักษณะแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปลงสภาพชีวมวล

		ชีวเคมี	เคมีความร้อน	กายภาพ
เชื้อเพลิง	เชื้อเพลิงอัดแท่ง			•
	สารแต่งเติม	•	•	
	แอลกอฮอล์	•	•	
	ถ่านชาร์		•	
	ดีเซล		•	
	กระแสไฟฟ้า		•	
	น้ำมันเตา		•	
	ก๊าซ	•	•	
	เบนซิน		•	
	ไฮโดรเจน	•	•	
สารเคมี	อะซิโตน	•		
	บิวทานอล	•		
	เอทานอล	•	•	
	สารปรับปรุงดิน	•	•	
	สารแต่งเติมอาหาร	•	•	
	ไฮโดรเจน	•	•	
	มีเทน	•	•	
	เมทานอล		•	
	เรซิน		•	
	สารอื่นๆ	•	•	
	ที่มีลักษณะเฉพาะ			



รูปที่ 1.2 กระบวนการแปลงสภาพชีวมวลเชิงเคมีความร้อนและผลิตภัณฑ์ที่ได้

ตารางที่ 1.2 การเปรียบเทียบลักษณะของการแปลงสภาพเชิงเคมีความร้อนหลัก

	การเผาไหม้	แกสซิฟิเคชั่น	ไพโรไลซิส
อุณหภูมิ (°C)	800–1450	500–1800	250–900
ความดัน (bar)	1	1–45	1
บรรยากาศ	air, O ₂	air, O ₂ , H ₂ O	inert
อัตราส่วนสมมูล	≥ 1	< 1	0
ผลิตภัณฑ์:			
ก๊าซ	CO ₂ , H ₂ O, O ₂ , N ₂	H ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O, N ₂	H ₂ , CO, H ₂ O, N ₂ , hydrocarbons
ของแข็ง	เศษถ่าน	เศษถ่าน	ถ่านชาร์
ของเหลว	-	-	bio-oil, water

1.5.1 เทคโนโลยีสำหรับการผลิตไฟฟ้าและความร้อน

การผลิตความร้อน หรือไฟฟ้า หรือการผลิตทั้งสองอย่างร่วมกันเป็นรูปแบบที่น่าสนใจซึ่งมาได้จากหลายรูปแบบของเทคโนโลยี และมีการนำไปประยุกต์ใช้ เช่นในตารางที่ 1.3 ซึ่งกล่าวถึงเทคโนโลยีต่อไปนี้

ตารางที่ 1.3 ข้อมูลสมรรถนะและการสาธิตกระบวนการแปลงสภาพชีวมวลเพื่อการผลิตพลังงาน

กระบวนการ		ช่วงขนาด	ประสิทธิภาพ	การลงทุน (ยูโร/kW)	สถานภาพการนำไปใช้
การเผาไหม้	ความร้อน	ครัวเรือน 5-50 kW _{th} อุตสาหกรรม 1-5 MW _{th}	จากต่ำมาก จนถึง 70-90% ขึ้นกับการออกแบบ	100-200 300-700	ใช้ในการให้ความอบอุ่นและความร้อนในอุตสาหกรรม ระบบใหม่ที่ดีกว่าเริ่มใช้กัน อย่างแพร่หลายมากขึ้น
	ไฟฟ้า	1-10 MW _e 20-500 MW _e	20-40% ไฟฟ้า	1,600-2,500	เทคโนโลยีที่มั่นคง ใช้กันอย่างแพร่หลาย มีการพัฒนาใหม่ ๆ มาเรื่อยเช่น เทคโนโลยีขั้นของไคลความดันสูง ใช้กันมากในแถบสแกนดิเนเวีย โดยทั่วไป ขนาดที่ใหญ่ขึ้น จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น
	กำลังงานและความร้อนร่วม	0.1-1 MW _e 1-10 MW _e	60-90% 80-100% รวม		นิยมกันมากจากการแปลงโรงไฟฟ้าเก่า เริ่มสนใจสัดส่วนการใช้ชีวมวลเพิ่มขึ้น
	การเผาไหม้ร่วม	5-20 MW _e	30-40% ไฟฟ้า	250 เพิ่มจากโรงไฟฟ้าเดิม	
การหมัก อัดอากาศ	ก๊าซชีวภาพ	< 5 MW _e	10-15% ไฟฟ้า		เทคโนโลยีที่มั่นคง ใช้มากกับของเสียอินทรีย์และน้ำเสีย
	ก๊าซจากการ ฝังกลบขยะ	< 500 kW _e	ขึ้นกับเครื่องยนต์		ใช้กันมาก เป็นส่วนหนึ่งของนโยบายการจัดการขยะ นำสนใจสำหรับการกำจัดก๊าซเรือนกระจก
แกสซิฟิเคชัน	ความร้อน	< 500 kW _{th}	80-90% รวม	300-500	พอหาได้ แต่ยังใช้กันไม่มาก
	กำลังงานและความร้อนร่วม	0.1-1 MW _e	15-30%	1,000-3,000	มีหลายระบบในตลาด แต่มีการใช้น้อยเนื่องจากราคาสูง
	วัฏจักรร่วมการ แกสซิฟิเคชัน	30-100 MW _e	40-50% ไฟฟ้า	3,500-5,000	อยู่ระหว่างการสาธิตเทคโนโลยี มีการพัฒนาเร็ว ราคายังสูงอยู่
ไพโรไลซิส	น้ำมันชีวภาพ	< 500 kW _{th}	60-70% พลังงานน้ำมัน ต่อวัตถุดิบป้อน		ยังไม่มีเชิงพาณิชย์ ส่วนใหญ่ถือเป็นทางเลือกหนึ่ง

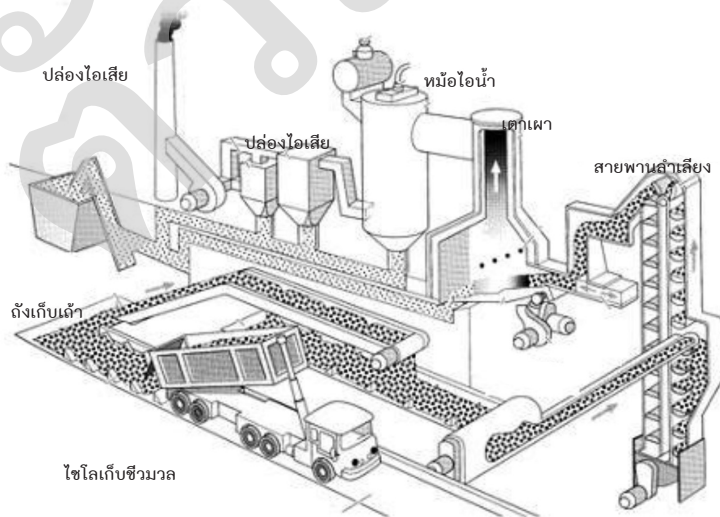
การเผาไหม้

- การให้ความร้อนในครัวเรือน

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้การเผาไหม้ชีวมวล คือการให้ความร้อนในครัวเรือน ซึ่งเป็นตลาดสำคัญของชีวมวลในประเทศเมืองหนาว เช่น ออสเตรีย ฝรั่งเศส เยอรมนี และสวีเดน การเผาไม้ฟืนในเตาผิงในบ้านมีกันมาก การเผาไหม้แบบเก่านี้มีประสิทธิภาพพลังงานต่ำราวๆ 10% และมีการปล่อยมลพิษออกมามาก การปรับปรุงระบบเพื่อลดปัญหาดังกล่าว นำไปสู่การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในการทำความสะดวกไอเสีย มีการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่ง และการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ ทำให้ประสิทธิภาพรวมเพิ่มขึ้นเป็น 70-90% และมีมลพิษน้อยมาก ระบบดังกล่าวมีการใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

- การผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่

การเผาไหม้ชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่มีทำเชิงพาณิชย์อย่างแพร่หลายในโลกและมานานแล้ว มีทั้งแบบกองเผา เผาบนตะแกรง เผาไหม้แขวนลอย และเผาในชั้นเชื้อเพลิงไหล อุตสาหกรรมสำคัญที่มีใช้ ได้แก่ อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ที่ใช้สำหรับการผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ ใช้ในกระบวนการ การเผาไหม้ขยะก็เป็นอีกตัวอย่างที่มีกันมาก ขนาดปกติของโรงไฟฟ้าที่เผาไหม้ชีวมวล (รูปที่ 1.3) มีขนาดประมาณ 20-50 MW ประสิทธิภาพอยู่ที่ประมาณ 25-30% ซึ่งจะคุ้มค่าต่อการลงทุนหากมีการนำก๊าซคาร์บอนหรือการอุดหนุนพลังงานหมุนเวียนมาช่วยคิด ในปัจจุบัน มีการพัฒนาเทคโนโลยีการเผาไหม้ชีวมวลไปไกล มีการใช้ในระบบชั้นเชื้อเพลิงไหลแบบพองอากาศและแบบไหลวน มีการทำความสะอาดก๊าซที่อุณหภูมิสูง ตัวอย่างที่ประเทศฟินแลนด์ มีการสร้างโรงไฟฟ้าขนาด 500 MW สำหรับชีวมวลร่วมกับเชื้อเพลิงฟอสซิล



รูปที่ 1.3 ตัวอย่างโรงไฟฟ้าจากเศษไม้

ตัวอย่างที่ 1.1:

โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลใช้ไอน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำที่ 320,000 kg/h ที่ความดัน 12.5 MPa อุณหภูมิ 200°C ไอน้ำออกจากหม้อไอน้ำที่ความดัน 9 MPa อุณหภูมิ 500°C ไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นกังหันไอน้ำเป็น 60 MW โดยมีอัตราการป้อนชีวมวลที่ 55 ton/h ค่าความร้อนของชีวมวลเป็น 20 MJ/kg จงหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ และประสิทธิภาพพลังงานรวมของโรงไฟฟ้า

วิธีทำ จากตาราง steam table

เอนทัลปีของน้ำ ที่ 12.5 MPa และ 200°C = 857.1 kJ/kg

เอนทัลปีของไอน้ำ ที่ 9 MPa และ 500°C = 3,386.1 kJ/kg

ความร้อนถ่ายเทไปที่ไอน้ำ = $320,000 \times (3,386.1 - 0.8571) = 809,280 \text{ MJ/h}$

พลังงานจากเชื้อเพลิง = $55,000 \times 20 = 1,100,000 \text{ MJ/h}$

ฉะนั้น ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ = $\frac{\text{ความร้อนถ่ายเทไปที่ไอน้ำ}}{\text{พลังงานจากเชื้อเพลิง}}$
= $809,280 / 1,100,000 = 73.6 \%$

ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า = $\frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ได้}}{\text{พลังงานจากเชื้อเพลิง}}$
= $60,000 \times 3.6 / 1,100,000$
= 19.6%

- การเผาไหม้ร่วม

ในปัจจุบัน การเผาไหม้ร่วมกันระหว่างชีวมวลและถ่านหิน (co-firing) เป็นแนวทางที่ใช้กันมากในยุโรป โดยเฉพาะ ประเทศสเปน เยอรมนี และเนเธอร์แลนด์ ข้อได้เปรียบสำหรับเทคโนโลยีดังกล่าว คือ สามารถประยุกต์ใช้ได้เลยที่สัดส่วนต่ำ ประสิทธิภาพโดยรวมสูงประมาณ 40% การลงทุนค่อนข้างต่ำเพราะแปลงมาจากโรงไฟฟ้าเดิมที่มีอยู่แล้ว มลพิษน้อยเนื่องจากทดแทนถ่านหินบางส่วนด้วยชีวมวล จึงไม่จำเป็นในการสร้างชุดบำบัดไอเสียใหม่ขึ้นมาอีก หากต้องการใช้สัดส่วนของชีวมวลสูงขึ้นเกินกว่า 40% จำเป็นต้องปรับปรุงระบบมาก และมีผลกระทบต่อสมรรถนะของหม้อไอน้ำ

แก๊สซิฟิเคชัน

- การผลิตก๊าซขนาดเล็ก

ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงขนาดเล็กมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย เตาปฏิกรณ์ขนาดเล็กจะเป็นแบบชั้นเชื้อเพลิงนิ่ง อากาศไหลขึ้นหรือลง ขนาดประมาณ 10 kW ถึง 1 MW ใช้ในการให้ความร้อนหรือการผลิตไฟฟ้ากับเครื่องยนต์ เช่นการผลิตไฟฟ้าในชุมชน (Tippayawong et al., 2009) สำหรับการให้ความร้อน มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง อย่างเช่น ในประเทศฟินแลนด์ จีน และอินเดีย ส่วนการนำมาผลิตไฟฟ้ายังไม่ประสบความสำเร็จมากนัก ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงขนาดเล็กต่อเข้ากับเครื่องยนต์และไดนาโมปั่นไฟฟ้าที่ขนาดประมาณ 100 kW มีประสิทธิภาพราวๆ 15-25% การนำระบบมาใช้นั้นน้อย เนื่องจากต้องมีการเตรียมเชื้อเพลิง การทำความสะอาดก๊าซ และราคาการลงทุนสูง

- การผลิตก๊าซขนาดใหญ่

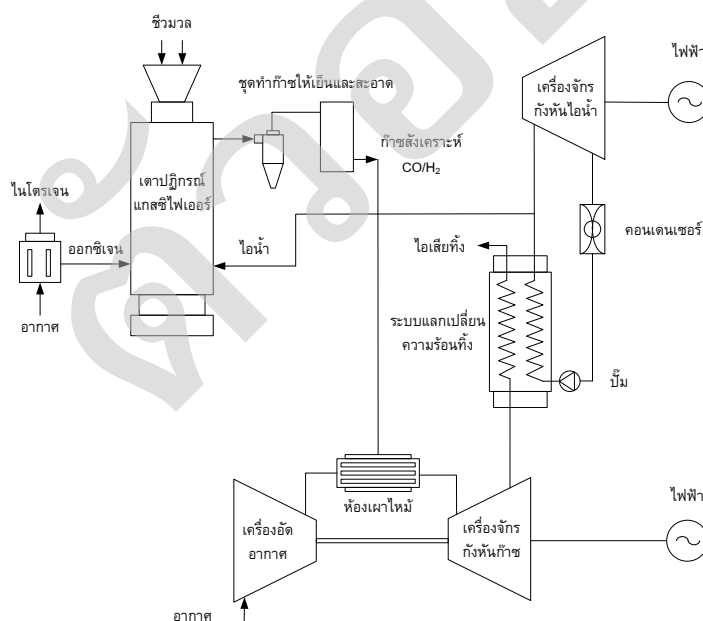
ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงขนาดใหญ่ ขนาดตั้งแต่ 10 MW ขึ้นไป ปกติจะใช้กับเตาปฏิกรณ์แบบชั้นเชื้อเพลิงไหลวน (circulating fluidized bed) ซึ่งสามารถใช้กับเชื้อเพลิงได้หลายแบบหลายชนิด ระบบวัฏจักรร่วมการแก๊สซิฟิเคชันชีวมวล (biomass integrated gasification combined cycle, BIG-CC) ดังรูปที่ 1.4 เป็นระบบที่ใช้กับเชื้อเพลิงได้หลายชนิดและมีประสิทธิภาพสูงประมาณ 40% สำหรับขนาด 30 MW ระบบ BIG-CC เป็นสิ่งที่ทางยุโรปและโลกให้ความสนใจอย่างมาก มีโครงการระดับชาติที่สนับสนุนโดยรัฐเกิดขึ้นหลายโครงการ นอกจากมีประสิทธิภาพพลังงานสูงแล้ว ยังมีการลงทุนไม่มาก และปล่อยมลพิษออกมาน้อย เพราะต้องมีการทำความสะอาดก๊าซให้ดีกว่าเผาไหม้ในเครื่องจักรกังหันก๊าซ ตัวอย่างโครงการที่เกิดขึ้นได้แก่ ในสวีเดน สหราชอาณาจักร สหรัฐอเมริกา และในบราซิล อย่างไรก็ตาม การนำมาใช้เชิงพาณิชย์ยังคงค่อนข้างยาก ราคาการลงทุนยังสูงมากในรุ่นแรกๆ ที่ประมาณ 3,500 - 5,000 ยูโร/kW และยังมีหัวข้อวิจัยบางเรื่องที่ต้องทำเพิ่มเติม เช่นการเตรียมก๊าซ และการแยกน้ำมันดิน จากการศึกษา เทคโนโลยีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่มีอยู่แล้วและต้องการปรับปรุงจะทำให้มีราคาต้นทุนลดลงแทนที่จะสร้างใหม่ทั้งหมด

- การผลิตก๊าซเพื่อใช้ในการเผาไหม้ร่วม

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเผาไหม้ร่วมของโรงไฟฟ้าที่มีอยู่แล้ว เช่น การเผาไหม้ถ่านหินและก๊าซเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถควบคุมการเผาไหม้ได้ดีขึ้น ดังตัวอย่างการพัฒนาโครงการในประเทศฟินแลนด์ และเนเธอร์แลนด์ ก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลยังสามารถนำไปเผาไหม้ร่วมกับโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติที่มีอยู่ ทำให้มีราคาต้นทุนน้อย และได้ประสิทธิภาพพลังงานสูง โดยที่มีความยืดหยุ่นในการเลือกใช้สัดส่วนระหว่างก๊าซเชื้อเพลิงกับก๊าซธรรมชาติได้ จนถึงปัจจุบัน ยังไม่มีโครงการสาธิตดังกล่าว แต่มีความพยายามในการวิจัยที่จะทำเทคโนโลยีนี้ออกมาให้ได้

ไพโรไลซิสและลิกวิแฟคชัน

กระบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส สามารถแปลงสภาพวัสดุชีวมวล ให้กลายเป็นของเหลวหรือน้ำมันชีวภาพ (bio-oil) ก๊าซ และถ่านชาร์ได้ ที่สภาวะไร้ออกซิเจน สัดส่วนที่เป็นของเหลวสามารถทำให้เพิ่มขึ้นได้ด้วยเทคนิคไพโรไลซิสอย่างรวดเร็ว (fast pyrolysis) ซึ่งอาจได้ถึง 70% ของชีวมวลที่ใส่เข้าไป ของเหลวหรือน้ำมันชีวภาพจากไพโรไลซิสนี้มีออกซิเจน เป็นส่วนประกอบประมาณ 40% โดยน้ำหนัก และมีความเป็นกรด และความสามารถในการ กัดกร่อนสูง หากมีการปรับปรุงคุณภาพ น้ำมันชีวภาพนี้สามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์ได้ การ ปรับปรุงคุณภาพอาจจะทำได้โดยการทำปฏิกิริยาเพิ่มเติมกับไฮโดรเจน (hydrogenation) เพื่อลด สัดส่วนออกซิเจนในของเหลว ซึ่งยังมีความซับซ้อน และข้อด้อยด้านพลังงานและราคาที่เข้ามา เกี่ยวข้อง ตัวอย่างงานสาธิตที่ทำกัน เช่น บริษัท Shell พัฒนาระบวนการผลิตของเหลวที่ความ ดันสูง (liquefaction) และการปรับปรุงคุณภาพของเหลวโดยกระบวนการ hydro thermal upgrading ซึ่งได้แปลงสภาพชีวมวลในน้ำความดันสูงและอุณหภูมิปานกลางให้ได้เป็นน้ำมันดิบ สังเคราะห์ออกมา จนถึงปัจจุบัน ไพโรไลซิสยังเป็นกระบวนการที่มีการพัฒนามาใช้น้อยเมื่อเทียบ กับแกสซิฟิเคชัน แม้ว่าจะมีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง แต่ก็มีโครงการสาธิตเทคโนโลยีอยู่น้อย ที่ประสบความสำเร็จเชิงพาณิชย์ เช่น บริษัท Fortum ของประเทศฟินแลนด์ หรือ บริษัท Dynamotive ของประเทศแคนาดา



รูปที่ 1.4 ระบบวัฏจักรร่วมการแกสซิฟิเคชันชีวมวล

การหมักย่อยอัดอากาศ

- ก๊าซชีวภาพ

การหมักย่อยอัดอากาศของชีวมวลเป็นวิธีการที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และได้มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยใช้กับวัตถุดิบหลากหลายชนิด เช่น ของเสียจากครัวเรือน อินทรีย์สารจากอุตสาหกรรม มูลสัตว์ และกากตะกอน ได้ก๊าซชีวภาพที่มีก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นส่วนประกอบหลัก วิธีการนี้เหมาะกับวัสดุชีวมวลที่เปียก ซึ่งสามารถแปลงชีวมวลเป็นก๊าซชีวภาพได้สูงถึง 35% ของวัตถุดิบตั้งต้นขึ้นอยู่กับชนิด การหมักร่วมกันระหว่างมูลสัตว์และกากชีวมวลก็ใช้ได้

- ก๊าซจากการฝังกลบ

ก๊าซชีวภาพอาจได้มาจากแหล่งที่ฝังกลบขยะ ซึ่งเป็นแหล่งปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศที่สำคัญ การนำก๊าซจากการฝังกลบมาใช้จำเป็นต้องมีโครงข่ายท่อในการเก็บรวบรวมก๊าซลงในพื้นดิน ซึ่งการผลิตพลังงานจากที่ฝังกลบขยะก็เป็นประโยชน์ทั้งเชิงเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มีโครงการเกิดขึ้นมากมายในส่วนต่างๆ ของโลก

1.5.2 เทคโนโลยีสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่ง

เชื้อเพลิงหลักสำหรับการขนส่งที่ได้จากชีวมวล ได้แก่ เมทานอล น้ำมันสังเคราะห์ฟิสเซอร์โทรฟ (Fisher-Tropsch synthesis) ไดเมธีลอีเทอร์ และไฮโดรเจน จากกระบวนการสังเคราะห์ก๊าซที่ผลิตจากแก๊สซิฟิเคชัน และ เอทานอล จากกระบวนการหมักแป้งหรือน้ำตาล หรือกระบวนการไฮโดรไลซิสวัสดุลิกโนเซลลูโลส และน้ำมันชีวภาพที่สกัดออกมาจากเมล็ดพืชน้ำมันเพื่อแปลงสภาพเป็นไบโอดีเซล ลักษณะของเชื้อเพลิงเหล่านี้มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1.4 จะเห็นได้ว่า ไฮโดรเจนเป็นก๊าซที่เบามาก จึงต้องการโครงสร้างพื้นฐานที่ซับซ้อนในการนำไปใช้ประโยชน์ เชื้อเพลิงอื่นๆ ส่วนใหญ่เป็นของเหลว จึงสามารถกักเก็บและขนถ่ายได้สะดวก กับโครงสร้างพื้นฐานที่มีในปัจจุบัน ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม เช่น น้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซิน ข้อพิจารณาอื่นๆ เช่น ความหนาแน่นเชิงพลังงาน หากมีค่าน้อยกว่าของน้ำมันจากปิโตรเลียมยานพาหนะอาจจะต้องมีถังบรรจุกว้างขึ้น ความเป็นพิษของเชื้อเพลิงและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหากมีการรั่วไหลออกสู่ภายนอก ซึ่งต้องเพิ่มความระมัดระวัง และระบบการจัดการที่ปลอดภัยขึ้นตามไปด้วย เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหล่านี้ ได้แก่

การผลิตเมทานอล ไฮโดรเจน หรือน้ำมันดีเซลสังเคราะห์

เมทานอล ไฮโดรเจน และน้ำมันฟิสเซอร์โทรฟ สามารถผลิตได้จากชีวมวลผ่านกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันซึ่งจำเป็นในการเตรียมก๊าซสังเคราะห์ (Dry, 2002) ก๊าซสังเคราะห์ประกอบด้วยคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และสารประกอบอื่นๆ อีกเล็กน้อย แล้วตามด้วยกระบวนการทางเคมีอื่นๆ แล้วแต่ว่าต้องการจะเน้นผลิตอะไร ดังรูปที่ 1.5 ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้กันอยู่แล้วในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับก๊าซธรรมชาติ การผลิตผลิตภัณฑ์เหล่านี้ในเชิงพาณิชย์ยังไม่มีให้เห็น แต่มีการวิจัยพัฒนาและทดสอบระบบมาอย่างต่อเนื่อง เช่น บริษัทในประเทศฝรั่งเศส สวีเดน และ