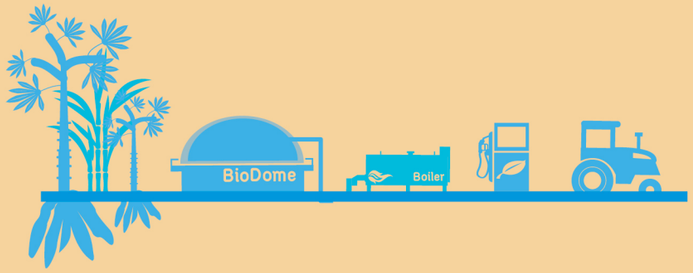



กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สวทน
WWW.STI.OR.TH
JGSEE
The Joint graduate School of Energy and Environment
CEE PERDO
Center of Excellence on Energy Technology & Environment

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ
เลขที่ 319 อาคารจัตุรัสจามจุรี ชั้น 14 ถนนพญาไท
แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
อีเมล์ : ene@sti.or.th เว็บไซต์ : www.sti.or.th

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ
กรุงเทพมหานคร 10140
เว็บไซต์ : www.jgsee.kmutt.ac.th

แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน

สวทน
WWW.STI.OR.TH

แผนปฏิบัติการ
# ด้านเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย
## การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน

สวทน
WWW.STI.OR.TH

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ

**แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย : การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน**

พิมพ์ครั้งที่ 1
จำนวน 500 เล่ม
กุมภาพันธ์ 2559

**จัดทำโดย**
สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ
319 อาคารจัตุรัสจามจุรี ชั้น 14 ถนนพญาไท แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน
กรุงเทพมหานคร 10330

**โทรศัพท์ :** 02-160-5432-7 ต่อ 310
**โทรสาร** : 02-160-5438

**E-mail** : ene@sti.or.th
**website** : www.sti.or.th

**ผลิตและออกแบบโดย**
Birch Creation Company Limited

สวทน

# สารบัญ

| | | หน้า |
|---|---|---|
| คำนำ | | F |
| บทสรุปผู้บริหาร | | G |
| บทที่ 1 | บทนำ | 1 |
| | 1.1 หลักการและเหตุผล | 1 |
| | 1.2 วัตถุประสงค์ | 4 |
| | 1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน | 4 |
| | 1.4 วิธีการดำเนินงาน | 5 |
| บทที่ 2 | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ (Biogas) | 9 |
| | 2.1 บทนำ | 9 |
| | 2.2 สถานภาพของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ | 12 |
| 2.3 | อุปสรรคและความท้าทายของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ | 15 |
| | 2.4 มาตรการ/แนวทางการแก้ไข | 18 |
| | 2.5 ลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ | 22 |
| | 2.6 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี (Technology Action Plan : TAP) | 25 |
| บทที่ 3 | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels) | 41 |
| | 3.1 บทนำ | 41 |
| | 3.2 สถานภาพของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง | 46 |
| | 3.3 อุปสรรคและความท้าทายของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง | 49 |
| | 3.4 มาตรการ/แนวทางการแก้ไข | 51 |
| | 3.5 ลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง | 53 |
| | 3.6 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี (Technology Action Plan : TAP) | 61 |
| บทที่ 4 | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industrial Sector) | 87 |
| | 4.1 บทนำ | 87 |
| | 4.2 สถานภาพของเทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม | 98 |
| | 4.3 อุปสรรคและความท้าทายของเทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม | 107 |
| | 4.4 มาตรการ/แนวทางการแก้ไข | 108 |
| | 4.5 ลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีของการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม | 110 |
| | 4.6 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี (Technology Action Plan : TAP) | 114 |



สวทน

# สารบัญตาราง


ตารางที่ 2.1 กิจกรรมการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ 24
ตารางที่ 2.2 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ (Biogas) 30
ตารางที่ 3.1 กิจกรรมการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเทคโนโลยีการผลิตแอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส 58
ตารางที่ 3.2 กิจกรรมการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเทคโนโลยีการผลิต Drop-in Fuel 59
ตารางที่ 3.3 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels) กลุ่มเชื้อเพลิงประเภทแอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส 68
ตารางที่ 3.4 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels) และกลุ่มเชื้อเพลิง Drop-in Fuel 80
ตารางที่ 4.1 จำนวนหม้อไอน้ำและขนาดหม้อไอน้ำจำแนกตามประเภทของหม้อไอน้ำ 100
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์หม้อไอน้ำที่เข้าร่วมโครงการแยกตามชนิดเชื้อเพลิง 102
ตารางที่ 4.3 ศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานของหม้อไอน้ำ 105
ตารางที่ 4.4 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industry) - Fuel Upgrading Technologies 122
ตารางที่ 4.5 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industry) - Combustion Technologies 124
ตารางที่ 4.6 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industry) – ด้านการพัฒนาหม้อไอน้ำและเตาเผาในการผลิตกระแสไฟฟ้า (Boiler and Furnace Technology Upgrading in Power Generation) 130
ตารางที่ 4.7 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industry) - ด้านการจัดตั้งศูนย์วิจัยและทดสอบ 132
ตารางที่ 4.8 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industry) - Regulation and Standard 134
ตารางที่ 4.9 กิจกรรมการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเทคโนโลยีการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิง (Fuel Upgrading Technologies) 134
ตารางที่ 4.10 กิจกรรมการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเทคโนโลยีการเผาไหม้ (Fuel Combustion Technologies) 136
ตารางที่ 4.11 กิจกรรมการพัฒนาด้านการจัดตั้งศูนย์วิจัยและทดสอบด้านการเผาไหม้ กฎ ระเบียบและมาตรฐานสำหรับเทคโนโลยีการเผาไหม้ 138


# สารบัญรูป


รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 5
รูปที่ 1.2 การประชุมรับฟังความคิดเห็นต่อผลการจัดทำแผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย : การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน 6
รูปที่ 2.1 สถานภาพของเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพของประเทศไทยในปัจจุบัน 12
รูปที่ 2.2 ปัจจัยด้านความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบ สำหรับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) 23
รูปที่ 3.1 แผนผังการผลิตลิกโนเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ ไบโอดีเซลและเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์ 46
รูปที่ 3.2 ปัจจัยด้านความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบ กรณีการผลิตแอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส 55
รูปที่ 3.3 ปัจจัยด้านความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากร ด้านวัตถุดิบ กรณีการผลิต Drop-in Fuel 57
รูปที่ 4.1 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบพัลเวอร์ไรซ์ 90
รูปที่ 4.2 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบไซโคลน 90
รูปที่ 4.3 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบฟลูอิดไดซ์เบด 91
รูปที่ 4.4 หม้อไอน้ำชนิดท่อไฟ 93
รูปที่ 4.5 หม้อไอน้ำชนิดท่อน้ำ 93
รูปที่ 4.6 หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านครั้งเดียวตลอด 94
รูปที่ 4.7 หม้อไอน้ำแบบความร้อนทิ้ง 95
รูปที่ 4.8 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification Biopact) 96
รูปที่ 4.9 เตา Downdraft Gasifier 96
รูปที่ 4.10 สถานภาพของเทคโนโลยีการเผาไหม้ของประเทศไทยในปัจจุบัน 98
รูปที่ 4.11 จำนวนหม้อไอน้ำและขนาดหม้อไอน้ำจำแนกตามประเภทอุตสาหกรรม 99
รูปที่ 4.12 ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่ร่วมโครงการตามชนิดเชื้อเพลิง 103
รูปที่ 4.13 ดัชนีการผลิตไอน้ำต่อหน่วยเชื้อเพลิงและต้นทุนค่าไอน้ำของหม้อไอน้ำที่เข้าร่วมโครงการตามชนิดเชื้อเพลิง 104
รูปที่ 4.14 ปริมาณพลังงานที่สามารถลดลงได้ในแต่ละมาตรการ 106
รูปที่ 4.15 ปัจจัยด้านความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบ สำหรับ Fuel Upgrading Technologies 111
รูปที่ 4.16 ปัจจัยด้านความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบ สำหรับ Fuel Combustion Technologies 112
รูปที่ 4.17 ปัจจัยด้านความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบ สำหรับ Regulation and Standard 113

# คำนำ

ประเทศไทยได้รับการสนับสนุนจากกองทุนสิ่งแวดล้อมโลก (Global Environment Facility: GEF) และโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme : UNEP) ทำโครงการประเมินความต้องการเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย (Technology Needs Assessment: TNA) เสนอต่อสำนักงานเลขาธิการกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) เมื่อ พ.ศ. 2555 เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับเร่งรัดการดำเนินการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีภายใต้อนุสัญญาฯ และนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนปฏิบัติการเทคโนโลยีของประเทศต่อไป

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่เป็นผู้ประสานงานโครงการฯ ดังกล่าว โดยผลการศึกษาได้ระบุความต้องการเทคโนโลยีไว้ 4 สาขา แบ่งเป็นด้านการปรับตัว (Adaptation) 3 สาขา ได้แก่ การปรับตัวภาคเกษตร การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) 1 สาขา ได้แก่ ภาคพลังงาน ซึ่งใน TNA ภาคพลังงานนั้นได้คัดเลือกเทคโนโลยีที่มีลำดับความสำคัญสูงไว้ 5 กลุ่ม ได้แก่ 1) เทคโนโลยีโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) 2) เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะ (Waste to Power (Power Generation)) 3) เทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพยุคที่ 2 (Second Generation Biofuel) 4) เทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industry Sector) และ 5) เทคโนโลยีการดักและกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture & Storage: CCS) อย่างไรก็ดี โครงการประเมินความต้องการเทคโนโลยีฯ ดังกล่าว เป็นการประเมินความต้องการและจัดลำดับความต้องการเทคโนโลยีเท่านั้น จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาแนวทางเชิงลึกถึงรูปแบบ วิธีการ ระยะเวลาที่เหมาะสมแก่การพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้รับการจัดลำดับ

สวทน. ได้มอบหมายให้บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (JGSEE) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) ทำการศึกษาและจัดทำแผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน โดยคัดเลือกกลุ่มเทคโนโลยีและสาขาย่อยที่มีความเหมาะสมกับศักยภาพของทรัพยากรและความพร้อมในการดำเนินการเพียง 3 กลุ่มเทคโนโลยีในระยะแรก สำหรับการผลักดันในระดับนโยบายและการขยายผลสู่การปฏิบัติจริง แผนปฏิบัติการฯ ที่ชัดเจนจะช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องมุ่งสู่เป้าหมายในทิศทางเดียวกัน ทั้งด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี การสาธิตและถ่ายทอดเทคโนโลยี จนถึงการขยายผลให้มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง แผนปฏิบัติการที่จัดทำขึ้น มีรูปแบบ วิธีการ ระยะเวลาดำเนินการ รวมถึงการวางแนวทางการศึกษาความสามารถในการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
กุมภาพันธ์ 2559



# บทสรุปผู้บริหาร

แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย : การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานนี้ ครอบคลุม 3 กลุ่มเทคโนโลยี ได้แก่

1) ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เนื่องจากมีศักยภาพด้านวัตถุดิบสูงและแผนพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศได้ตั้งเป้าหมายไว้สำหรับ พ.ศ. 2564 สูงถึง 3,600 MW (9 เท่าของขยะ) และ 1,000 ktoe (5 เท่าของขยะ) อีกทั้งประเทศไทยมีฐานความรู้และเทคโนโลยีอยู่ระดับหนึ่งแล้ว

2) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industry) เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมมากกว่าร้อยละ 37 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (Final Energy Consumption) ของประเทศ การเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งในเตาเผาและหม้อไอน้ำมีความแพร่หลาย โดยที่ปัจจุบันมีการใช้หม้อไอน้ำในโรงงานทั้งประเทศมากกว่า 8,800 เครื่อง รวมขนาดประมาณ 110,000 ตันไอน้ำต่อชั่วโมง อีกทั้งในแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ได้ตั้งเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมไว้ถึงร้อยละ 42 ของพลังงานที่จะต้องประหยัดได้ใน พ.ศ. 2573

3) เชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels) เนื่องจากมีศักยภาพด้านวัตถุดิบสูงมาก เพราะใช้วัสดุที่เป็นของเหลือจากอุตสาหกรรมเกษตรและ/หรือพืชโตเร็วซึ่งจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากการปรับปรุงผลิตภาพด้านเกษตร อีกทั้งการใช้วัตถุดิบส่วนใหญ่ไม่เป็นการขัดแย้งกับการผลิตอาหาร หากพัฒนาเทคโนโลยีได้สำเร็จจะมีผลกระทบสูงมากในเชิงการเพิ่มความมั่นคงด้านเชื้อเพลิงสำหรับภาคขนส่งและในเชิงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประกอบกับประเทศไทยมีอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีความพร้อมสูงที่จะรองรับเทคโนโลยีใหม่อยู่แล้ว

ในการจัดทำแผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีนี้ ได้ทำการสำรวจสถานภาพทั้งภายในและต่างประเทศของเทคโนโลยีย่อยในแต่ละกลุ่มและวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคที่ทำให้การใช้เทคโนโลยีต่างๆ ยังไม่แพร่หลาย หรือการพัฒนาเทคโนโลยียังไม่ก้าวหน้าในประเทศไทย แล้วทำการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่ควรได้รับการสนับสนุนให้มีการพัฒนาหรือ

ประยุกต์ใช้ โดยอาศัยหลักเกณฑ์ 4 ข้อ ได้แก่

1) ความยากง่ายของเทคโนโลยี
2) ต้นทุน
3) ความพร้อมด้านบุคลากร
4) ความพร้อมด้านทรัพยากร (วัตถุดิบ)

จากนั้นจึงนำเสนอแผนปฏิบัติการฯ ที่ประกอบด้วยเป้าหมายและแนวทางดำเนินการ (Solutions) สำหรับประเด็นปัญหาหลักของแต่ละเทคโนโลยี ในระยะสั้น (3 ปี) ระยะกลาง (5 ปี) และระยะยาว (10 ปี) โดยที่แนวทางดำเนินการนั้นครอบคลุมทั้งระดับวิจัยพัฒนาและสาธิต และการส่งเสริมการนำไปใช้ (Reasearch Development, Demonstration and Deployment – RDD&D) และจำแนกประเภทของการดำเนินการเป็นประเภทพัฒนาเองในประเทศเป็นหลัก และประเภทที่ต้องอาศัยการถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ทั้งนี้การดำเนินการศึกษาดังกล่าวได้มีการปรึกษาหารือผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนได้เสียที่เกี่ยวข้องกับแต่ละเทคโนโลยี ผลการจัดทำแผนปฏิบัติการฯ ของแต่ละกลุ่มเทคโนโลยี สรุปพอสังเขปได้ดังนี้



## กลุ่มก๊าซชีวภาพ (Biogas)

**เป้าหมายหลัก**

เพื่อให้มีการใช้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพอย่างกว้างขวางและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ ปรับปรุงคุณภาพของก๊าซชีวภาพ (Gas Cleaning and Upgrading) เพื่อการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ และขยายฐานวัตถุดิบที่ใช้ผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อให้มีการใช้ศักยภาพที่มีอยู่อย่างเต็มที่และเพิ่มโอกาสการบรรลุเป้าหมายของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศ

**แนวทางหลัก**

(1) ส่งเสริมให้มีการขยายผลการใช้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ ปัจจุบันที่มีความพร้อมอยู่แล้วให้มีความแพร่หลายมากขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัย

(2) ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง ถึงขึ้นเป็น High Rate Reactor ที่สามารถรับน้ำเสียที่มี Organic Loading Rate (OLR) สูง

(3) ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัสดุชีวมวลที่มีเยื่อใยและเซลลูโลสสูงหรือที่มีความชื้นต่ำ โดยเฉพาะเทคโนโลยีการเตรียมวัตถุดิบ (Pretreatment) การใช้จุลินทรีย์หรือเอนไซม์ที่เหมาะสมในการย่อยวัสดุและการผลิตก๊าซจากวัสดุผสม (Co-Digestion) รวมทั้งการปรับปรุงพันธุ์พืชทางพันธุกรรมเพื่อให้สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตพืชจำเพาะสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพมากขึ้น

(4) ส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีจนถึงระดับโรงงานต้นแบบด้านการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัตถุดิบประเภทขยะและวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมการเกษตรด้วยการพัฒนาจุลินทรีย์ย่อยสลายที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะ Sludge Forming และ Sludge Stabilizing ซึ่งต้องมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือความร่วมมือด้านการวิจัยพัฒนากับต่างประเทศ

**มาตรการเชิงนโยบายที่สำคัญ**

(1) กำหนดมาตรฐานด้านความปลอดภัยของการสร้างและการใช้งานระดับปฏิบัติการของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ โดยมีมาตรการจูงใจให้ลงทุนเพื่อใช้ระบบอุปกรณ์ที่มีคุณภาพและความปลอดภัยสูงขึ้น

(2) ฝึกอบรมบุคลากรด้านการออกแบบและใช้งานระบบผลิตก๊าซชีวภาพ (ระดับปฏิบัติการ) โดยการจัดตั้งศูนย์ฝึกอบรมและศูนย์ One Stop Service เพื่อให้บริการแก้ไขปัญหาอย่างครบวงจร

(3) สนับสนุนการวิจัย/สาธิตในระดับโรงงานต้นแบบเพื่อสร้างความมั่นใจในเทคโนโลยีใหม่ และสาธิตการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง โดยเฉพาะเทคโนโลยีใหม่ที่ยังไม่เคยมีการสร้างในประเทศ ต้องมีการขอความช่วยเหลือจากต่างประเทศ

(4) ในระยะยาวควรมีการสร้างโครงสร้างพื้นฐานด้านท่อก๊าซธรรมชาติให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้นและกำหนดมาตรฐานเชื้อเพลิง Biomethane ที่เหมาะสม เพื่อรองรับการใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวในภาคขนส่ง

## กลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels)

**เป้าหมายหลัก**

พัฒนาเทคโนโลยีหลักที่ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากวัสดุชีวมวลประเภทลิกโนเซลลูโลสในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพโดยไม่เป็นการขัดแย้งกับการผลิตอาหารและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพประเภท “Drop-in Fuel” หรือ เชื้อเพลิงที่มีโครงสร้างเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่คล้ายกับน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล หรือน้ำมันสำหรับเครื่องบิน (Jet Fuel) ซึ่งสามารถใช้ทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมในภาคขนส่งและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเชื้อเพลิงชีวภาพ

**แนวทางหลัก**

**(ก) ด้านการผลิตแอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส**

(1) พัฒนาเทคโนโลยีการปรับสภาพชีวมวลให้มีประสิทธิภาพเชิงพลังงานสูงขึ้น สามารถหมุนเวียนสารเคมีกลับมาใช้ (กรณีปรับสภาพด้วยสารเคมี) และศึกษาแนวทางขยายขนาดถึงระดับต้นแบบอุตสาหกรรม

(2) พัฒนากระบวนการย่อยชีวมวลที่ควบรวมการใช้กรดกับเอนไซม์ โดยรวมการพัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ที่มีคุณภาพสูงจนถึงระดับต้นแบบอุตสาหกรรม

(3) พัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์ เพื่อใช้ผลิตเอทานอลจากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 6 อะตอม (C6) ที่ได้จากการย่อยชีวมวลในระดับต้นแบบอุตสาหกรรม

(4) พัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตเซลลูโลสิกเอทานอล เช่น ลิกนิน หรือ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) เพื่อลดต้นทุนการผลิต

**(ข) ด้าน Drop-in Fuel**

(1) จัดทำฐานข้อมูล ชนิด และคุณสมบัติของพืชน้ำมันและแหล่งพืชน้ำมันที่เหมาะสมที่จะผลิตเป็นเชื้อเพลิง

(2) พัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพสังเคราะห์ (Biohydrogenated Diesel: BHD) จากวัตถุดิบทางเลือกที่ไม่ใช่พืชอาหาร

(3) พัฒนาโรงงานต้นแบบขนาดเล็กสำหรับ BHD และ BTL (ผลิต Biomass-to-Liquid โดยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น กระบวนการฟิชเชอร์โทรป (Fischer-tropsch: FT) Pyrolysis และ Hydrotreating เพื่อ Upgrade Pyrolysis Oil)

(4) พัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการผลิต BHD และ BTL (FT) และ Hydrotreating (ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือกับต่างประเทศ) จนถึงขั้นมีโรงงานต้นแบบผลิตตัวเร่งปฏิกิริยา

**มาตรการเชิงนโยบายที่สำคัญ**

(1) พัฒนาบุคลากรด้านเทคโนโลยีการผลิตลิกโนเซลลูโลซิกแอลกอฮอล์เพื่อรองรับงานวิจัย พัฒนา และงานวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง

(2) ส่งเสริมการพัฒนาศูนย์ความเป็นเลิศด้านระบบโรงกลั่นชีวภาพ (Biorefinery) เพื่อเป็นศูนย์กลางด้านการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่แข่งขันได้กับต่างประเทศ และมีผลงานที่ผลกระทบสูงต่ออุตสาหกรรมนี้

(3) พัฒนากลไกความร่วมมือกับองค์กรในต่างประเทศ ทั้งหน่วยงานวิจัยและเจ้าของเทคโนโลยี เช่น การร่วมทุนกับเจ้าของเทคโนโลยีการผลิต BHD

(4) ศึกษาเชิงนโยบายเพื่อประเมินความคุ้มค่าเชิงพาณิชย์ของ BTL ทั้งกรณี FT Diesel และ Pyrolysis Oil

## กลุ่มการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industry)

**เป้าหมายหลัก**

เพื่อสนับสนุนการดำเนินมาตรการและการใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงประสิทธิภาพสูงที่พร้อมใช้อยู่แล้ว (Best Available Technology) อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะหม้อไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรมและเพื่อพัฒนาความสามารถและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุปกรณ์เผาไหม้ประเภทต่าง ๆ

**แนวทางหลัก**

(1) สนับสนุนให้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูง ที่มีความพร้อมอยู่แล้ว โดยการลงทุนเพื่อยกระดับเทคโนโลยีด้านหม้อไอน้ำและกังหันไอน้ำ โดยเฉพาะเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล (ชานอ้อย) ลิกไนต์และถ่านหิน โดยเฉพาะสนับสนุนการเปลี่ยนหม้อไอน้ำ หัวเผา และเตาเผา (อิฐ ปูนขาว เซรามิก เตาหลอมโลหะ ฯลฯ) ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในอุตสาหกรรม

(2) ส่งเสริมการตรวจวินิจฉัยประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรม โดยการดำเนินโครงการตรวจวินิจฉัยฯ และให้คำแนะนำการปรับปรุงประสิทธิภาพ รวมทั้งฝึกอบรมบุคลากร ตลอดจนการสนับสนุนการเปลี่ยนอุปกรณ์ทั่วประเทศ รวมทั้งการพัฒนาชุดตรวจวินิจฉัยแบบเคลื่อนที่ โดยการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

(3) การส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิง โดยเฉพาะเทคโนโลยีลดความชื้นหรืออบแห้งเชื้อเพลิง (เช่น ชานอ้อย) เทคโนโลยีการสับย่อยและแยกขนาดเชื้อเพลิงแข็ง และเทคโนโลยี Upgrading เช่น Densification และ Torrefaction จนถึงระดับต้นแบบอุตสาหกรรม

(4) การส่งเสริมการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยเฉพาะเตาเผาสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง หม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูง (ทั้งด้านเทคนิคและการออกแบบ) หัวเผาที่ใช้วัสดุพรุนสำหรับเชื้อเพลิงเหลวและเชื้อเพลิงก๊าซ เครื่องมือตรวจวัดและโปรแกรมวิเคราะห์เงื่อนไขการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูงแบบ Real Time เพื่อควบคุมการเผาไหม้ เตาต้มที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง การแก้ไขปัญหาการเกิด Fouling และ Slagging ทั้งจากการใช้เชื้อเพลิงแข็งหรือเชื้อเพลิงเหลวในการเผาไหม้ หัวเผาแบบ Multi Fuel ที่ใช้ในโรงไฟฟ้าและ Gasifier ที่สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่สะอาด และลดปริมาณการเกิดน้ำมันดิน รวมทั้งระบบดักจับและการกำจัดน้ำมันดินในเชื้อเพลิง

(5) การจัดตั้งศูนย์วิจัยและทดสอบด้านการเผาไหม้ (Industrial Combustion Research and Testing Center) เพื่อเป็นศูนย์กลางทางวิชาการ การวิจัยและพัฒนา การทดสอบการเผาไหม้เชื้อเพลิง ตรวจวิเคราะห์และการฝึกอบรม

(6) การพัฒนากฎระเบียบและมาตรฐานที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพพลังงาน การปล่อยมลพิษและความปลอดภัยในการออกแบบและใช้อุปกรณ์การเผาไหม้เชื้อเพลิงและระบบที่เกี่ยวเนื่อง

# บทที่ 1 บทนำ

## 1.1 หลักการและเหตุผล

ตามรายงานของทบวงพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy agency : IEA) ใน Energy Technology Perspective[1] และ IPCC Assessment Reports[2] ระบุว่าปัจจัยสำคัญที่จะทำให้ระบบพลังงานของโลกสามารถเปลี่ยนผ่านไปสู่ระบบที่ดียิ่งขึ้น กล่าวคือ มีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ คือ เทคโนโลยีและนวัตกรรม (Technology and Innovation) ซึ่งประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลายต้องการความช่วยเหลือในด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย (Technology Transfer and Diffusion) ดังนั้น กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change : UNFCCC) จึงกำหนดกรอบแนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer Framework) ขึ้น เพื่อผลักดันให้มีการปฏิบัติตามมาตรา 4.5 ของกรอบอนุสัญญาฯ ที่ระบุไว้ว่า “ประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศที่มีรายชื่อในภาคผนวกที่ 2 ควรรับผิดชอบในการส่งเสริม อำนวยความสะดวก และสนับสนุนทางการเงิน ในการถ่ายทอดหรือการเข้าถึงเทคโนโลยี (ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม) และความรู้ให้กับประเทศที่มีส่วนร่วมอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศกำลังพัฒนา เพื่อสนับสนุนให้มีการดำเนินการตามเงื่อนไขของการเจรจา” นอกจากนี้ มาตรา 4.7 ยังระบุอีกว่า “ขอบเขตและประสิทธิภาพของการปฏิบัติตามข้อตกลงภายใต้กรอบอนุสัญญาฯ ของประเทศกำลังพัฒนา ขึ้นอยู่กับการดำเนินการของประเทศที่พัฒนาแล้ว ตามข้อตกลงอื่นที่เกี่ยวข้องกับการเงินและการถ่ายทอดเทคโนโลยี ...”

กรอบแนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยี ประกอบด้วย 5 ประเด็นหลัก ได้แก่

1. การประเมินความต้องการเทคโนโลยี (Technology Needs Assessment: TNA)
2. สารสนเทศด้านเทคโนโลยี (Technology Information)
3. สิ่งแวดล้อมที่เอื้ออำนวย (Enabling Environments)
4. การสร้างขีดความสามารถ (Capacity Building)
5. กลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Mechanism for Technology Transfer)

---

[1] IEA, Energy Technology Perspective, 2014

[2] IPCC, the 5th Climate Change Assessment Report, 2014

ในการอนุวัตตาม Technology Transfer Framework นั้น UNFCCC ได้ขอให้กองทุนสิ่งแวดล้อมโลก (Global Environment Facility: GEF) จัดสรรเงินสนับสนุนผ่าน Climate Change Focal Area และ Special Climate Change Fund และกระตุ้นให้ประเทศที่พัฒนาแล้วให้การสนับสนุน รวมทั้งขอให้ฝ่ายเลขานุการของ UNFCCC ปรึกษาหารือกับองค์กรระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้กลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีของ UNFCCC ประกอบด้วย 1) กลไกด้านการเงิน (Innovative Financing) 2) ความร่วมมือระหว่างประเทศ (International Cooperation) 3) การพัฒนาเทคโนโลยีภายในประเทศ (Endogenous Development of Technologies) และ 4) การพัฒนาร่วมในงานวิจัย (Collaborative R&D)

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ความช่วยเหลือที่ผ่านกลไกดังกล่าวเกิดประโยชน์สูงสุด ประเทศกำลังพัฒนาแต่ละประเทศจะต้องทำการประเมินความต้องการด้านเทคโนโลยี (Technology Needs Assessment: TNA) ซึ่งเป็นการประเมินเพื่อระบุถึงความต้องการเทคโนโลยีด้านการปรับตัว (Adaptation) และการลดก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) กระบวนการจัดทำ TNA ควรมีการปรึกษาหารือผู้มีส่วนได้เสียและควรระบุลำดับความสำคัญของสาขาเทคโนโลยี อุปสรรค และแนวทางการขจัดอุปสรรค ทั้งในแง่มุมของการพัฒนาและปรับใช้เทคโนโลยี และแง่มุมเชิงนโยบายทั้งการจูงใจด้วยเครื่องมือทางการเงินและการคลัง (Fiscal and Financial Incentives) และการพัฒนาขีดความสามารถ (Capacity Building) ของบุคลากรและองค์กร ตลอดจนมีการจัดทำแผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี (Technology Action Plan: TAP) ซึ่งโดยทั่วไป มีเป้าหมายเพื่อหามาตรการที่จะทำให้มีการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีภายใต้ TNA ให้สัมฤทธิ์ผล และหาแนวทางในการบรรจุมาตรการดังกล่าวเข้าไปอยู่ในยุทธศาสตร์และแผนปฏิบัติการของประเทศ เพื่อให้เกิดแรงขับเคลื่อนการยอมรับความสำคัญของเทคโนโลยีเพื่อการปรับตัวและการลดก๊าซเรือนกระจกที่แต่ละระดับของการพัฒนาเทคโนโลยี (RD&D, Deployment and Diffusion)

ประเทศไทยได้รับคัดเลือกให้เป็น 1 ใน 36 ประเทศ ที่ได้รับการสนับสนุนจาก GEF และโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme: UNEP) ดำเนินโครงการการประเมินความต้องการเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย (Climate Change Technolgy Needs Assessment for Thailand : TNA) เสนอต่อสำนักงานเลขาธิการอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับเร่งรัดการดำเนินการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีภายใต้กรอบอนุสัญญาฯ และนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนปฏิบัติการเทคโนโลยีของประเทศ โดยมีสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่เป็นผู้ประสานงานโครงการฯ ดังกล่าว ในการนี้ สวทน. ได้ร่วมมือกับหน่วยงานที่มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี 4 หน่วยงาน ได้แก่ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) (สสนก.) ศูนย์จัดการความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (ศภ.) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ดำเนินโครงการประเมินความต้องการด้านเทคโนโลยีและจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี (TNA) รวมทั้งแผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี (Technology Action Plan: TAP) ใน 4 รายสาขา ได้แก่ (1) การปรับตัวภาคเกษตร (2) การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (3) แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ และ (4) เทคโนโลยีพลังงาน โดยเทคโนโลยีพลังงานแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ 1) เทคโนโลยีโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) 2) เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะ (Waste to Power (Power Generation)) 3) เทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพยุคที่ 2 (Second Generation Biofuel) 4) เทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industry Sector) และ 5) เทคโนโลยีการดักและกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture & Storage: CCS)

แผนปฏิบัติการฯ นี้ จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอรูปแบบ วิธีการ ระยะเวลาที่เหมาะสมแก่การถ่ายทอดและพัฒนาเทคโนโลยีที่ได้รับการจัดลำดับ รวมถึงการวางแนวทางการศึกษาความสามารถในการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยแผนปฏิบัติการฯ ครอบคลุมเทคโนโลยี 3 กลุ่มเทคโนโลยี ได้แก่

1) ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เนื่องจากมีศักยภาพด้านวัตถุดิบสูงและแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ได้ตั้งเป้าหมายไว้สำหรับ พ.ศ. 2568 สูงถึง 3,600 MW และ 1,000 ktoe อีกทั้งประเทศไทยมีฐานความรู้และเทคโนโลยีอยู่ระดับหนึ่งแล้ว

2) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industry) เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมมากกว่าร้อยละ 37 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (Final Energy Consumption) ของประเทศ และในแผนอนุรักษ์พลังงาน (พ.ศ. 2558-2579) ได้ตั้งเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมไว้ถึงร้อยละ 42 ของพลังงานที่จะต้องประหยัดได้ใน พ.ศ. 2579

3) เชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels) เนื่องจากมีศักยภาพด้านวัตถุดิบสูงมาก เพราะใช้วัสดุที่เป็นของเหลือจากอุตสาหกรรมเกษตร และ/หรือพืชโตเร็วซึ่งจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากการปรับปรุงผลิตภาพด้านเกษตร อีกทั้งการใช้วัตถุดิบส่วนใหญ่ไม่ขัดแย้งกับการผลิตอาหาร หากพัฒนาเทคโนโลยีได้สำเร็จจะมีผลกระทบสูงมากในเชิงการเพิ่มความมั่นคงด้านเชื้อเพลิงสำหรับภาคขนส่ง และในเชิงลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประกอบกับประเทศไทยมีอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีความพร้อมสูงที่จะรองรับเทคโนโลยีใหม่อยู่แล้ว

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ได้แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยที่เสนอในโครงการประเมินความต้องการเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย (Technology Needs Assessment: TNA) ทางด้านการลดก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) มาใช้ในประเทศให้ได้ผลอย่างเป็นรูปธรรมอย่างรีบด่วน
2. เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำแผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อไปในอนาคต
3. เพื่อกำหนดแนวทางการสร้างความเข้มแข็งให้กับสถาบันวิจัย สถาบันการศึกษา หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของประเทศไทยอย่างเป็นรูปธรรม

## 1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

จัดทำแผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย : การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน 3 เทคโนโลยี ได้แก่ 1) เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ (Biogas) 2) เทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels) และ 3) เทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industrial Sector)



## 1.4 วิธีการดำเนินงาน

รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

**วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงานเป็นไปตามรูปที่ 1.1**

1. สำรวจสถานภาพของเทคโนโลยีที่มีการใช้แล้วในต่างประเทศและที่อยู่ระหว่างการพัฒนาทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย โดยคณะผู้เชี่ยวชาญ 3 คณะ ครอบคลุมเทคโนโลยี 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ (Biogas) 2) เทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels) และ 3) เทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industrial Sector)
2. วิเคราะห์เพื่อค้นหาเทคโนโลยีที่มีความจำเป็นและเหมาะสมสำหรับการพัฒนาและใช้ในประเทศไทย
3. จัดประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้เสียประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อประเมินความครอบคลุมและสถานภาพการพัฒนาของเทคโนโลยีในข้อ 2. และจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี ซึ่งมีเกณฑ์ 5 ข้อ โดยที่แต่ละข้อ มีการให้คะแนนโดยผู้เชี่ยวชาญภาคการศึกษา ภาครัฐบาล และภาคเอกชน ตั้งแต่ 1 ถึง 5

เกณฑ์ดังกล่าว ได้แก่ ความยากง่ายของเทคโนโลยี ต้นทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบ (หรือเทคโนโลยี)

4. นำรายการเทคโนโลยีที่ได้รับการจัดลำดับความสำคัญ (ขั้นตอนที่ 3) มาวิเคราะห์เพื่อออกแบบรูปแบบและกลไกสนับสนุนเพื่อยกระดับความพร้อมของเทคโนโลยีนั้นๆ ในแง่มุมของการวิจัย การพัฒนา การสาธิต และการขยายผลการพัฒนาในเชิงพานิชย์ (Research, Development, Demonstration, and Deployment: RDD&D) ใน 3 ช่วงเวลา คือ ระยะสั้น (3 ปี) ระยะกลาง (3-5 ปี) และ ระยะยาว (10 ปี)

5. จัดประชุมเพื่อนำเสนอผลทางการจัดทำแผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีฯ ให้ผู้ที่มีส่วนได้เสียได้รับทราบและรับฟังความคิดเห็น

6. ปรับปรุงรายงานการศึกษาโดยคำนึงถึงผลการรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

รูปที่ 1.2 การประชุมรับฟังความคิดเห็นต่อผลการจัดทำแผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย : การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน วันที่ 15 ตุลาคม 2557 ณ อาคารจตุรัสจามจุรี

# บทที่ 2 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ (Biogas)

## 2.1 บทนำ

ก๊าซชีวภาพเป็นทางเลือกของแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพสูง มีต้นทุนต่ำกว่าพลังงานหมุนเวียนประเภทอื่น เนื่องจากประเทศไทยมีของเสียและของเหลือจากการเกษตรและกระบวนการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรจำนวนมาก แหล่งวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ ประกอบด้วย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร และของเสียจากอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง น้ำตาล น้ำมันปาล์ม และฟาร์มสุกร จากที่กล่าวมาแล้วส่งผลให้ประเทศไทยพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ จนถือได้ว่าเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยีการผลิตและทำความสะอาดก๊าซชีวภาพภายในภูมิภาคอาเซียน

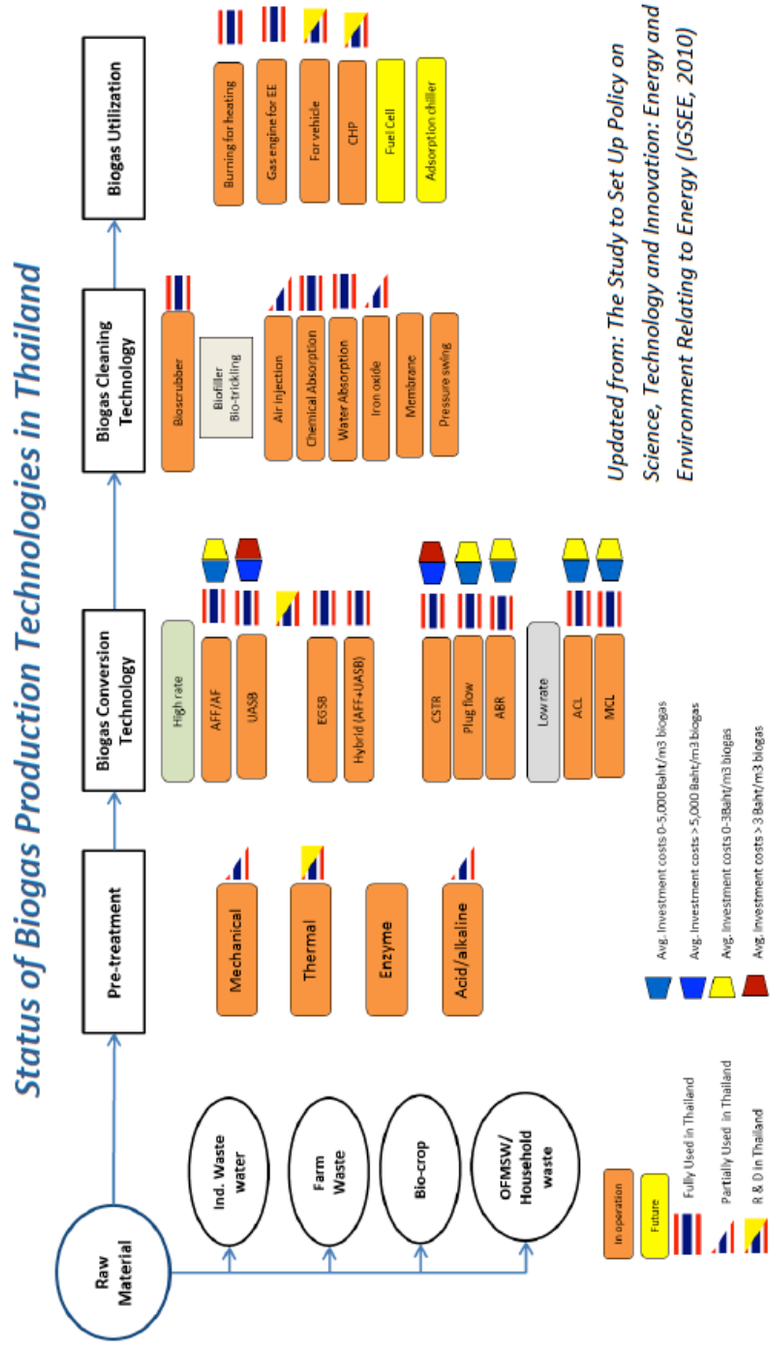
ในระยะเริ่มแรกระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่มีการส่งเสริมนั้นเป็นระบบที่มีขนาดเล็กโดยมีขนาดเพียง 8-12 ลูกบาศก์เมตร ใช้บำบัดน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เท่านั้น ส่วนการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพขนาดใหญ่เริ่มมีการใช้งานในกลุ่มอุตสาหกรรมเกษตรและเกษตรแปรรูปที่มีขนาดใหญ่ เช่น โรงงานสุรา เบียร์และแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งกลุ่มอุตสาหกรรมเหล่านี้มีกำลังซื้อมากพอที่จะนำเข้าเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจากต่างประเทศเข้ามาใช้งานเมื่อ 10 กว่าปีที่ผ่านมา แม้ในปัจจุบันระบบผลิตก๊าซชีวภาพจะเริ่มได้รับความนิยมและมีการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้นอันเป็นผลเนื่องมาจากต้นทุนด้านพลังงานที่เพิ่มสูงขึ้นตามราคาของน้ำมันดิบที่ปรับตัวสูงขึ้น ทำให้โรงงานส่วนใหญ่ที่มีของเสียที่สามารถบำบัดด้วยระบบนี้ได้เริ่มหันมาให้ความสนใจเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสามารถนำก๊าซชีวภาพที่ได้มาใช้ทดแทนพลังงานจากน้ำมัน

การผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทยนั้นมีความหลากหลายซึ่งสามารถแบ่งแยกตามแหล่งที่มาของวัตถุดิบ หากวัตถุดิบเป็นน้ำเสียหรือของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตร และวัสดุทางการเกษตร เทคโนโลยีที่นิยมนำใช้ในประเทศ คือ ระบบบ่อคลุม (Cover Lagoon) ซึ่งเป็น

เทคโนโลยีที่ต้องใช้พื้นที่ในการสร้างระบบมาก แต่ค่าก่อสร้างและการดูแลระบบน้อย รองลงมาคือ ระบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ระบบนี้จะใช้พื้นที่น้อยแต่ต้องการการดูแลมากกว่าระบบบ่อคลุม ในกรณีของขยะอินทรีย์ ระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่นิยมใช้คือ ระบบฝังกลบ ถึงแม้ว่าจะมีการนำขยะเข้าระบบ Single-stage Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) เพื่อสาธิตแต่ยังไม่ได้รับความนิยมมากนัก ต่างจากวัตถุดิบที่เป็นของเสียฟาร์มปศุสัตว์ เทคโนโลยีที่นิยมนำมาใช้ในประเทศกับของเสียฟาร์มปศุสัตว์คือ บ่อหมักแบบโดมคงที่ (Fiexed Dome) ส่วนใหญ่ใช้ในฟาร์มขนาดเล็ก (จำนวนสุกรไม่เกิน 500 ตัวสุกรขุนหรือน้อยกว่า 60 หน่วยปศุสัตว์) ซึ่งยังไม่ได้รับความนิยม เนื่องจากความซับซ้อนในการก่อสร้างและดำเนินการ อย่างไรก็ตามได้มีการพัฒนาต้นแบบเพื่อลดปัญหาเหล่านี้อย่างต่อเนื่อง เช่น โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดเล็กของกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน โดยใช้ระบบ Channel Digester-Junior (CD-Junior) ซึ่งพัฒนาโดย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ ระบบ Fiexed Dome ที่พัฒนาโดย โครงการก๊าซชีวภาพไทย-เยอรมัน สำหรับฟาร์มที่มีขนาดใหญ่จะใช้ระบบบ่อหมักแบบราง (Plugflow) ก็จะใช้เทคโนโลยีแบบบ่อคลุม (Anaerobic Covered Lagoon) ซึ่งมีทั้งแบบ Conventional Lagoon และ Modified Covered Lagoon นอกจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพแล้ว ระบบทำความสะอาดก๊าซชีวภาพก่อนการใช้งานก็มีความสำคัญเช่นกัน หากต้องการใช้ในการผลิตไฟฟ้านั้น ก๊าซชีวภาพต้องผ่านกระบวนการสกัดก๊าซซัลเฟอร์ไดร์ออกไซด์และน้ำ เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานเครื่องจักร หากนำก๊าซชีวภาพมาใช้ในยานยนต์ต้องกำจัดสิ่งเจือปนอื่นด้วย รวมทั้งทำให้ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นด้วย เช่น ในสหภาพยุโรปมีการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ Haloginated Compound Siloxanes เป็นต้น การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพในทางพลังงานนั้นมีหลากหลายรูปแบบทั้งใช้เพื่อผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้าโดยตรง หรือทำให้ก๊าซชีวภาพบริสุทธิ์ขึ้นเพื่อใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงหรือเครื่องยนต์สันดาปภายในและอื่นๆ เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพนี้มีการพัฒนามานานแล้วในประเทศไทย ถึงแม้ว่าอุตสาหกรรมโครงสร้างโดยรวมของระบบการหมักแบบไร้อากาศนั้นจะสามารถผลิตได้ในประเทศ แต่ระบบปั่นไฟฟ้านั้นยังต้องนำเข้าและ/หรือดัดแปลงจากเครื่องยนต์นำเข้า

ประเทศไทยดำเนินงานวิจัยและพัฒนาเรื่องเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพมาเป็นเวลานานกว่า 40 ปีโดยดำเนินงานวิจัยทั้งด้านการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพในเทคโนโลยีระดับต่ำและเทคโนโลยีระดับสูง เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของชีวมวลที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพ การใช้งานและการใช้ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ ประกอบกับภาครัฐมีนโยบายการส่งเสริมและสนับสนุนภาคส่วนต่างๆ อย่างชัดเจน อาทิ การให้งบประมาณสนับสนุนภาคเอกชนในการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ การให้งบประมาณสนับสนุนหน่วยงานวิจัยต่างๆ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพอย่างมีประสิทธิภาพ และโครงการอื่นๆ เช่น การผลิตและขายไฟฟ้า Independent Power Producer (IPP), Small Power Producer (SPP), และ Very Small Power Producer (VSPP) เป็นต้น ความสำเร็จที่เกิดขึ้น ส่งผลให้การผลิตก๊าซชีวภาพเป็นหนึ่งในแผนพลังงานทดแทนหลักของประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2503 จนกระทั่งปัจจุบัน โดยใน พ.ศ. 2564 รัฐบาลมีนโยบายที่จะผลิตก๊าซชีวภาพให้ได้ 600 เมกะวัตต์ หรือเพิ่มขึ้นอีก 462 เมกะวัตต์จากเดิมที่ผลิตได้ 138 เมกะวัตต์ใน พ.ศ. 2555

การประเมินความต้องการในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานเกษตรอุตสาหกรรม และเทคโนโลยีสำหรับการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีการนำเทคโนโลยีที่มีความพร้อมสู่การใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งในและต่างประเทศ รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ตลอดจนเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีให้สามารถรองรับวัตถุดิบในประเทศที่มีความหลากหลายและมีศักยภาพมากขึ้น




รูปที่ 2.1 สถานภาพของเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพของประเทศไทยในปัจจุบัน

ปัจจุบันการผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทยใช้วัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัสดุหลายประเภท ทั้งขยะชุมชน น้ำเสียจากอุตสาหกรรม ของเสียจากฟาร์ม และชีวมวลที่ไม่ใช้แล้วทางการเกษตร วัสดุเหล่านี้ผ่านขั้นตอนการทำ Pretreatment โดยวิธีที่มีการใช้งานบางส่วนคือ Mechanical Pretreatment และการปรับสภาพด้วยกรดหรือเบส สำหรับ Thermal Prereatment อยู่ในขั้นของการวิจัย ในขณะที่ Enzyme Pretreatment ยังไม่มีการทดลองใช้

ประเทศไทยมีการใช้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพในเทคโนโลยีประสิทธิภาพสูง (High Rate) ประสิทธิภาพปานกลาง (Conventional Rate) และประสิทธิภาพต่ำ (Low Rate) ในเชิงพาณิชย์อย่างเต็มรูปแบบมีความสามารถในการพัฒนาภายในประเทศตนเอง และมีความสามารถในการส่งออกหรือถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ต่างประเทศ เว้นแต่เทคโนโลยีไอซี (Internal Circulation: IC) เทคโนโลยีอีจีเอสบี (Extended Granular Sludge Bed: EGSB) และระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศชนิดปิดคลุม หรือ Cover Lagoon (Anaerobic Covered Lagoon: ACL) ที่สามารถใช้เทคโนโลยีได้ในเชิงพาณิชย์อย่างเต็มรูปแบบและมีความสามารถในการพัฒนาต่อภายในประเทศได้เอง แต่ยังไม่มีความสามารถในการส่งออกหรือถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ต่างประเทศได้ เนื่องจากเทคโนโลยีไอซี และ EGSB เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนามาจากเทคโนโลยี Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ซึ่งถือว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ และประเทศไทยเองยังไม่มีความชำนาญพอ จึงต้องการการพัฒนาต่อยอดสู่การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ต่างประเทศต่อไป นอกจากนั้นแล้วเทคโนโลยี ACL เป็นระบบที่รองรับอัตราการไหลเข้าของสารอินทรีย์ในระดับต่ำ แต่มีลักษณะเด่นคือ สามารถรับน้ำเสียที่มีปริมาณของสารอินทรีย์สูงประมาณ 1 – 2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรวัน ซึ่งเหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียที่มีค่าความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยหรือไขมันสูง ซึ่งระบบมีความเสถียรต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์หรือสารพิษเนื่องจากระบบมีขนาดความจุมากและมีเวลากักเก็บตะกอนนาน อย่างไรก็ตาม ACL มีข้อจำกัดในด้านการกวนผสมในระบบและการกระจายของน้ำเสียเข้าในบ่อ ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพและการควบคุมระบบทำได้ยาก เนื่องจากอาจเกิดการไหลลัดทางได้ส่งผลให้มีการพัฒนาเป็นระบบ Modify Covered Lagoon (MCL) ซึ่งมีการติดตั้งระบบหมุนเวียนน้ำเสียและตะกอน เพื่อทำหน้าที่หมุนเวียนตะกอนและน้ำเสียภายในบ่อ ส่งผลให้ระบบมีเสถียรภาพ สามารถรักษาสภาวะสมดุลของการย่อยได้และมีความสามารถในการส่งออกหรือถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ต่างประเทศ

สำหรับประเทศไทยมีภาพรวมการศึกษาเทคโนโลยีการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพ การลดความชื้นและการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับความสามารถใช้เทคโนโลยีได้ในเชิงพาณิชย์ และมีความสามารถในการพัฒนาต่อภายในประเทศได้เองถึงความสามารถในการส่งออกหรือถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ต่างประเทศได้ แต่จำกัดอยู่ในอุตสาหกรรมบางประเภทเท่านั้น ประเทศไทยเป็นผู้นำด้านการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ ในอาเซียน ยกเว้นประเทศสิงคโปร์ที่มีความพร้อมด้านเทคโนโลยี โดยเทคโนโลยีการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพทั้งหมดเป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้ได้ในเชิงพาณิชย์อย่างเต็มรูปแบบ และมีความสามารถในการพัฒนาต่อภายในประเทศได้เอง รวมทั้งมีความสามารถในการส่งออกหรือถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ต่างประเทศได้

เทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพจะมีความเชื่อมโยงกับเทคโนโลยีการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพด้วยวิธีการนำไปใช้ควบคู่กัน การใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพในประเทศไทยที่สำคัญ ได้แก่ การเผาไหม้ให้ความร้อน เชื้อเพลิงหัวเผาหรือเครื่องยนต์ก๊าซ การผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม และระบบทำความเย็นแบบดูดซึม โดยประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพโดยเผาไหม้ให้ความร้อนและเชื้อเพลิงหัวเผาหรือเครื่องยนต์ก๊าซอยู่ในระดับใช้ในเชิงพาณิชย์อย่างเต็มรูปแบบ มีความสามารถในการพัฒนาภายในประเทศตนเอง และมีความสามารถในการส่งออกหรือถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ต่างประเทศได้ โดยการเผาไหม้ให้ความร้อนโดยตรงจะทำให้ได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มไอน้ำ ในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้ง (ใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมแป้งทดแทนน้ำมันเตา) เป็นต้น การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์เชื้อเพลิงหัวเผาหรือเครื่องยนต์ก๊าซ (Gas Engine) การใช้โดยการนำไปผลิตเป็นไฟฟ้าและสามารถนำไปใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าต่อไป การผลิตพลังงานร่วมเป็นการผลิตทั้งพลังงานกลหรือไฟฟ้าและความร้อนร่วมกัน ก๊าซไบโอมีเทนอัดสำหรับยานยนต์ (Compressed Bio-methane Gas: CBG) และการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพสำหรับระบบทำความเย็นแบบดูดซึม มีการใช้เทคโนโลยีในระดับเชิงพาณิชย์อย่างเต็มรูปแบบและมีความสามารถในการพัฒนาต่อภายในประเทศได้เองโดยระบบดังกล่าวสามารถช่วยในการลดพลังงานได้ เช่น ทดแทนการใช้ในการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบระเหยซึ่งจำเป็นการต่อการเลี้ยงในสภาวะที่มีการปรับอากาศที่อุณหภูมิเดียวกัน

## 2.3 อุปสรรคและความท้าทายของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ

ในประเทศไทยได้มีการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพตั้งแต่ พ.ศ. 2503 แต่ระบบได้รับความนิยมเมื่อไม่นานมานี้และไม่มากเท่าที่ควร การส่งเสริมและเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดปัญหาอุปสรรคในการดำเนินงาน ทำให้การใช้งานประสบผลสำเร็จและเป็นที่แพร่หลายมากขึ้น ข้อจำกัดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทยยังมีอยู่หลายประการ ได้แก่ นโยบายการสนับสนุนการทำวิจัยขั้นพื้นฐานของการผลิตก๊าซชีวภาพมีอยู่น้อย ส่งผลให้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทยทั้งในระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูงมีประสิทธิภาพต่ำในการใช้งาน รวมทั้งจากงานวิจัยสู่การพัฒนาสู่ภาคอุตสาหกรรมยังขาดเงินทุนสนับสนุนเพื่อให้เป็นเทคโนโลยีต้นแบบ และการพัฒนาเทคโนโลยีจากงานวิจัยสู่ภาคอุตสาหกรรมยังอยู่เฉพาะในบางกลุ่มอุตสาหกรรม ดังนั้นมาตรฐานการผลิตก๊าซชีวภาพจึงยังไม่มีเกณฑ์ที่รองรับ เป็นผลให้ภาคอุตสาหกรรมขาดความเชื่อถือในการใช้เทคโนโลยี และอุปสรรคอีกประการหนึ่งของการผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทยคือบุคลากรในระดับปฏิบัติการนั้นยังขาดความรู้ความเข้าใจในการดำเนินการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถยังมีอยู่จำนวนน้อย และหน่วยงานหรือผู้มีประสบการณ์ด้านการผลิตก๊าซชีวภาพยังขาดการเชื่อมโยงและแลกเปลี่ยนองค์ความรู้เพื่อพัฒนาเทคโนโลยี นอกจากนั้นแล้วการผลิตก๊าซชีวภาพขาดมาตราฐานที่ชัดเจน และยังมีต้นทุนการผลิตที่สูงส่งผลให้การผลิตไม่คุ้มกับการลงทุนถึงจะมีการส่งเสริมจากทางภาครัฐแต่ยังคงขาดความต่อเนื่อง โดยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพขั้นสูง (High Rate Operation) นั้น ยังมีการลงทุนจากทางภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมน้อย โดยมีอยู่แต่เพียงในผู้ประกอบการรายใหญ่เท่านั้น ทำให้ขาดความเชื่อมั่นในการลงทุนและการใช้วัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูงมีประสิทธิภาพต่ำในการผลิตก๊าซชีวมวลต่ำเป็นอุปสรรคหนึ่งที่ทำให้การผลิตไม่แพร่หลาย

การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียอาจแบ่งได้เป็น 1) การผลิตจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสารอินทรีย์อยู่ในรูปละลายน้ำสามารถย่อยสลายได้ง่ายและมีความเป็นเนื้อเดียวกัน 2) ผลิตจากของเสียฟาร์มปศุสัตว์ ซึ่งอยู่ในรูปของของแข็งมากกว่า มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์และไนโตรเจนสูง อาจมีการใช้เศษวัสดุทางการเกษตรร่วมด้วยเพื่อเพิ่มสัดส่วนของคาร์บอนให้มีความเหมาะสมต่อการย่อยสลาย 3) ผลิตจากขยะชุมชน ในกรณีนี้ต้องมีการแยกส่วนของสารอินทรีย์ออกจากขยะชุมชนทั้งหมดเพื่อทำการหมักในถังหมัก มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง ในการหมักนิยมทำให้ปริมาณของแข็งอยู่ในระดับที่ย่อยสลายได้ง่ายไม่เกิด Acid Struct

ด้วยการเติมน้ำเพิ่มในระบบ และ 4) ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร รวมถึงพืชอายุสั้นที่ปลูกเพื่อผลิตพลังงานโดยเฉพาะ

วัตถุดิบเหล่านี้มีความยากในการย่อยสลาย เนื่องจากมีองค์ประกอบของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในประมาณที่ต่างกันตามวัตถุดิบ โดยทั่วไปการผลิตก๊าซชีวภาพมักจะมีการ Pretreatment เพื่อให้วัตถุดิบเบื้องต้นมีคุณสมบัติที่ย่อยสลายได้ดีมากขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพด้วย เทคโนโลยีที่ใช้ส่วนใหญ่คือการ Treat ด้วยกรดหรือด่าง รวมทั้งการใช้เอนไซม์เซลลูเลสในการเปิดโครงสร้างให้ย่อยได้ดีขึ้น การ Pretreatment วัตถุดิบนี้มีข้อจำกัดทั้งทางด้านประสิทธิภาพ และราคา ผลผลิตหลัง Treat ที่เป็นกรดหรือด่างมากเกินไปส่งผลกับจุลินทรีย์ในสร้างก๊าซชีวภาพ การพัฒนาเทคโนโลยี Pretreatment ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและส่งเสริมให้มีการใช้วัตถุดิบประเภทเยื่อใยสูง (เศษวัสดุทางการเกษตรและพืชอายุสั้น) มากขึ้น

กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายกลุ่ม ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ Hydrolysis และ Methanogenesis และมักอยู่ร่วมกันในรูปของตะกอนจุลินทรีย์ เนื่องจากอนุภาคตะกอนหรือจุลินทรีย์ เป็นองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ โดยปัญหาการเดินระบบที่เกิดจากตะกอน ได้แก่ ตะกอนที่เกิดการแตกตัวในขณะหมักทำให้การรวมตัวของตะกอนไม่ดี หลุดออกจากระบบได้ง่ายเป็นสภาพของตะกอนที่ไม่ทนต่อสภาพแวดล้อม รวมไปถึงสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ อัตราภาระอินทรีย์ที่ไม่เหมาะสม และระยะเวลากักเก็บตะกอน นอกจากนี้องค์ความรู้ทางด้านประเภทและการฟอร์มตัวของตะกอนจุลินทรีย์ในไทยยังไม่แพร่หลายมากนัก ทำให้ผู้ปฏิบัติการที่เจอปัญหา ขาดที่ปรึกษาในการแก้ไขปัญหา ทำให้เกิดความล้มเหลวในการเดินระบบ การพัฒนาตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความแข็งแรงต่อสภาพสิ่งแวดล้อมในถังหมักที่มีความเฉพาะเจาะจงอันเนื่องมาจากวัตถุดิบหลากหลายที่ใช้ในประเทศ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและสร้างความมั่นใจในการลงทุนให้กับผู้ประกอบการ

นอกจากนี้ ปัญหาที่เกิดจากตัวระบบ เกิดได้ทั้งจากการออกแบบระบบและการควบคุมการผลิตก๊าซชีวภาพ เช่นการสูญเสียตะกอนจุลินทรีย์และการป้อนสารอินทรีย์มีผลทำให้ระบบมีประสิทธิภาพต่ำและเกิดการล้มเหลวได้ในที่สุด ทำให้ความเชื่อมั่นในระบบการผลิตก๊าซชีวภาพลดลง นอกจากนี้ระบบที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายคือการย่อยสลายแบบ Conventional Process ซึ่งเป็นระบบที่มีอัตราการย่อยสลายในระดับปานกลางไปถึงค่อนข้างต่ำ ทำให้ระบบผลิตปริมาณก๊าซชีวภาพน้อย ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ไม่ดึงดูดความสนใจของผู้ประกอบการ

ปัญหาอีกด้านหนึ่งของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ การที่วัตถุดิบมีความหลากหลาย ทำให้ต้องใช้เทคนิคการเดินระบบให้เหมาะสมต่อการทำงานกับวัตถุดิบในสภาพที่แตกต่างกัน ในขณะที่องค์ความรู้และความชำนาญการของผู้เดินระบบยังมีไม่เพียงพอ นอกจากนี้ยังรวมถึงวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง ซึ่งมีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศ ซึ่งต้องอาศัยความรู้ความชำนาญในการเดินระบบ เทคโนโลยีเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันยังไม่สามารถย่อยสลายวัตถุดิบประเภทนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพขึ้นกับองค์ประกอบของก๊าซที่มีก๊าซอื่นปนเปื้อนน้อย หรือมีก๊าซมีเทนที่มีความบริสุทธิ์มากขึ้น ปัจจุบันการทำความสะอาดก๊าซยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากข้อจำกัดของเทคโนโลยีและไม่มีมาตรฐานการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซเฉื่อยที่จุดติดไฟยากทำให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ไม่หมดภายในห้องเผาไหม้ทำให้สูญเสียพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ นอกจากนั้นแล้วเมื่อก๊าซรวมตัวกับน้ำหรือความชื้นจะเกิดเป็นกรดคาร์บอนิค ($H_2CO_3$) กัดกร่อนอุปกรณ์ทำให้เกิดการกัดกร่อนของถังเก็บก๊าซ เป็นต้น

ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เมื่อทำปฏิกริยากับน้ำจะเกิดเป็นกรดไฮโดรซัลฟิลลิก (Hydrosulphuric Acid) ส่งผลให้เกิดการกัดกร่อนอุปกรณ์จัดเก็บและเสียหายได้ ความชื้นหรือน้ำ ทำให้เกิดการสะสมและอุดตันภายในท่ออาจส่งผลให้เชื้อเพลิงจุดไม่ติดหรือการจุดติดไม่สม่ำเสมอ เป็นต้น

การประยุกต์ใช้งานก๊าซชีวภาพมีได้หลายวิธี ในประเทศไทยระบบที่นิยมใช้คือการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ในด้านของพลังงานความร้อนและการผลิตไฟฟ้า การนำมาใช้ประโยชน์ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ได้จากกระบวนการผลิต การประยุกต์ใช้งานด้านอื่นๆ เช่น การใช้ทดแทนก๊าซธรรมชาติหรือการประยุกต์ใช้ด้านขนส่ง จำเป็นที่จะต้องมีสัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ค่อนข้างสูง สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ได้จากการเดินระบบการผลิตเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันไม่เพียงพอต่อการนำมาประยุกต์ใช้งาน การใช้ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพในรูปแบบใหม่นี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน และมีความสำคัญในการทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในอนาคต จึงจำเป็นต้องมีระบบเพื่อเพิ่มสัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ ในขณะที่การใช้งานด้านนี้

ยังไม่มีความแพร่หลายทำให้องค์ความรู้และเทคโนโลยียังมีขีดจำกัด ไม่สามารถปรับปรุงก๊าซให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการ

การส่งเสริมการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพในปัจจุบันยังเกิดปัญหาในขั้นตอนการปฏิบัติจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เป็นผลให้มีการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพไม่แพร่หลายเท่าที่ควร เนื่องจากเพราะหน่วยงานมีบทบาทหน้าที่ซ้ำซ้อนกัน การปฏิบัติงานไม่เป็นไปตามบทบาทที่ได้รับ เป้าหมายและทิศทางของหน่วยงานแตกต่างกัน การประสานงานในหน่วยงานและระหว่างหน่วยงานไม่มีขั้นตอนที่ชัดเจน หน่วยงานขาดประสบการณ์ และไม่มีความคล่องตัว ทั้งนี้นโยบายทางด้านก๊าซชีวภาพ ยังไม่มีรายละเอียดและการกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละหน่วยงานให้ชัดเจน โดยหน่วยงานต่างๆ มุ่งเน้นเพื่อให้ได้เป้าหมายการผลิตก๊าซชีวภาพตามที่ได้กำหนดไว้เท่านั้น จึงทำให้เกิดความสับสนจากบุคคลภายนอกที่เข้ามาติดต่อซึ่งต้องผ่านขั้นตอนหลายขั้นตอน และหลายหน่วยงาน ทำให้เกิดความล่าช้า ยุ่งยาก ส่วนของการแก้ไขปัญหาระยะแรกควรจัดตั้งองค์กรที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ในการบริหารจัดการในองค์กรเดียวให้เสร็จสรรพแบบ One-stop service แก่ผู้ใช้บริการที่ต้องการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพ ในระยะยาวควรจัดตั้งคณะทำงานและคณะกรรมการในการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อทำแผนยุทธศาสตร์ก๊าซชีวภาพ (Biogas Strategic Plan) และแผนที่นำทาง (Roadmap) ของประเทศ จัดตั้งองค์กรอิสระที่มีผู้แทนจากทุกภาคส่วน (The National Biogas Committee) ในการดูแล กำหนดนโยบาย ติดตามและประเมินการใช้ก๊าซชีวภาพในประเทศ

## 2.4 มาตรการ/แนวทางการแก้ไข

### 2.4.1 พัฒนาการทำ Pretreatment

วัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพโดยเฉพาะชีวมวลที่มีเยื่อใยสูง และมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมียากต่อการย่อยสลาย เช่น กากมันสำปะหลัง กากปาล์ม มีองค์ประกอบของลิกโนเซลลูโลสสูง จึงต้องมีขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบส่งผลให้การนำชีวมวลไปใช้เป็นวัตถุดิบมีต้นทุนสูงและไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน ดังนั้น ภาครัฐควรมีการส่งเสริมด้านงานวิจัยและพัฒนาด้านวัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ เช่น วิธีการเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้ากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพอย่างเหมาะสม (Pretreatment Method) การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพเกิดจากความพยายามในการบำบัดสารตั้งต้นหลากหลายชนิด โดยวิธีการ Pretreatment ที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ วิธีกล (Mechanical Method) วิธีกลนี้มักเกี่ยวข้องในขั้นตอนการบด ตัด สับเพื่อลดขนาดของชีวมวลเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส และการกวนผสม ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการย่อยดีขึ้น ในขณะที่วิธีทางเคมี (Chemical Method) เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการปรับปรุงโครงสร้างของชีวมวล เช่น การแตกพันธะ ตัดหรือลดทอนโครงสร้างโมเลกุลของสารที่ย่อยสลายยาก เช่น เซลลูโลส โดยใช้สารเคมีในการออกซิไดซ์ เช่น ใช้กรดกำมะถัน ($H_2SO_4$) กรดไฮโดรคลอลิค (HCl) หรือด่างไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นต้น ส่วนกระบวนการวิธีทางความร้อน (Thermal Method) เป็นการใช้ความร้อนทำให้สารที่มีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่ให้เล็กลงได้ โดยทั่วไปใช้ไอน้ำร้อนเป็นสื่อนำความร้อน (Steam Thermal Pretreatment) และวิธีที่อยู่ในช่วงของการวิจัยและพัฒนาคือ Biological and Microbial Method วิธีทางชีวภาพนี้เป็นการใช้จุลินทรีย์หรือเอนไซม์ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นมาในการลดทอนขนาดโมเลกุลหรือเปลี่ยนจากสารโมเลกุลใหญ่ไปเป็นโมเลกุลเล็กก่อนป้อนเข้าสู่ถังหมัก

### 2.4.2 การวิจัยและพัฒนาการฟอร์มตัวของตะกอน (Sludge/Granule Forming)

ให้การสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา เพื่อปรับปรุงคุณภาพและสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ ให้มีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่มีความหลากหลาย รวมไปถึงชนิดของวัตถุดิบที่มีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ด้วย นอกจากนี้การจัดการกับตะกอนที่แตกตัวออกจากกัน จำเป็นต้องใช้ระบบเพิ่มเติมเพื่อทำการแยกตะกอนส่วนที่จมออกจากส่วนที่ลอยเพื่อทำการหมุนเวียนตะกอนเข้าสู่ระบบใหม่ เป็นการรักษาปริมาณภาระอินทรีย์ให้เหมาะสมต่อการเดินระบบ ให้การสนับสนุนด้าน Biotechnology เช่น ความรู้พื้นฐานของจุลินทรีย์และเอนไซม์ เป็นงานวิจัยที่ส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์ชีวมวลในการผลิตก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งในปัจจุบันการใช้วัตถุดิบที่มีองค์ประกอบที่มีเยื่อใยสูงในการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นที่สนใจมากขึ้น

### 2.4.3 พัฒนาระบบ Biogas Conversion Technology

การพัฒนาระบบการย่อยสลายให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากระบบที่มีอัตราการย่อยสลายระดับปานกลางไปถึงต่ำให้พัฒนาเป็นระดับสูง รวมถึงการวิจัยและพัฒนาระบบ Co-Digestion ที่มีการนำวัตถุดิบต่างชนิดมาย่อยสลายพร้อมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลาย รวมถึงเพิ่มขอบเขตในการใช้วัตถุดิบที่มีอย่างหลากหลายในประเทศให้เพิ่มมากขึ้น การพัฒนาเรื่องมาตรฐาน วัตถุดิบ วัสดุและอุปกรณ์ สำหรับใช้ในการผลิตเป็นสิ่งที่น่าสนใจเนื่องมาจากการผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทยยังไม่มีมาตราฐานที่ชัดเจนรวมทั้งวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการ

ผลิตยังมีราคาสูงส่งผลให้ต้นทุนการผลิตก๊าซชีวภาพในบางเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ มีราคาสูงตามไปด้วย ดังนั้นการลดต้นทุนอุปกรณ์รองรับที่คุณภาพดีและราคาไม่สูง จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพต่อไป ซึ่งในปัจจุบันการผลิตก๊าซชีวภาพแบบประสิทธิภาพสูง (High Rate) ยังมีงานวิจัยน้อย ดังนั้นการศึกษาระบบสาธิตของเทคโนโลยีสำหรับวัตถุดิบที่ยังไม่ประสบความสำเร็จจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในด้านการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิต นอกจากนั้นแล้วควรมีแผนการผลิตก๊าซชีวภาพจากสารชีวมวลและน้ำเสียที่มีปริมาณของออกซิเจนที่ต้องใช้สำหรับทำปฏิกิริยาเคมีกับสารอินทรีย์ในน้ำ (Chemical Oxygen Demand: COD) น้อย โดยเน้นงานวิจัยในระดับโรงงานต้นแบบและการใช้ในเชิงพาณิชย์ สำหรับการวิจัยและพัฒนาของประเทศไทยควรตั้งต้นที่มหาวิทยาลัยและตามด้วยความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยและภาคเอกชน และควรมีการสนับสนุนงานวิจัยในระดับอุดมศึกษาโดยเฉพาะในสาขาที่เกี่ยวข้องทั้งสายวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ เพื่อเป็นงานวิจัยแบบบูรณาการและประเมินการยอมรับเทคโนโลยีในสังคมได้

### 2.4.4 พัฒนาระบบ Biogas Cleaning

สำหรับประเทศไทยมีภาพรวมการศึกษาเทคโนโลยีการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพการลดความชื้นและการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับความสามารถใช้เทคโนโลยีได้ในเชิงพาณิชย์อย่างเต็มรูปแบบและมีความสามารถในการพัฒนาต่อภายในประเทศได้เอง ถึงความสามารถในการส่งออกหรือถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ต่างประเทศได้ การปรับปรุงระบบการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพโดยการเพิ่มการทำงานวิจัยพื้นฐานเรื่อง Biotechnology และ Nanotechnology ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการหาวัสดุตัวกลางที่เหมาะสมสำหรับเทคโนโลยีการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพ โดยจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเทคโนโลยีการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) เทคโนโลยีการกำจัดน้ำเสีย เทคโนโลยีการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยวิธี Bioscrubber เป็นที่ได้รับความสนใจและมีการใช้เทคโนโลยีได้ในเชิงพาณิชย์อย่างเต็มรูปแบบและมีความสามารถในการพัฒนาต่อภายในประเทศได้เอง และความสามารถในการส่งออกหรือถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ต่างประเทศได้

### 2.4.5 พัฒนาระบบ Biogas Upgrading

การประยุกต์ใช้งานก๊าซชีวภาพในระดับสูง จำเป็นต้องมีการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเพิ่มสัดส่วนของปริมาณก๊าซมีเทนให้เพิ่มสูงขึ้น เทคโนโลยีการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไทยอยู่ในระดับสามารถใช้เทคโนโลยีได้ในเชิงพาณิชย์อย่างเต็มรูปแบบและมีความสามารถในการพัฒนาต่อภายในประเทศได้เอง จึงถือได้ว่าประเทศไทยเป็นผู้นำด้านการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ ในอาเซียน เทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพจะมีความเชื่อมโยงกับเทคโนโลยีการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพด้วยวิธีการนำไปใช้ควบคู่กัน ควรมีแผนการส่งเสริมให้เกิดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการทำปรับปรุงก๊าซชีวภาพที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีแผนการวิจัยการดูดซับทางชีวภาพ เช่น สาหร่าย จุลินทรีย์ เป็นต้น เพื่อลดการใช้สารเคมีและต้นทุนในการผลิตซึ่งเป็นส่งเสริมการลดต้นทุนการผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากนั้นแล้วควรมีการส่งเสริมให้มีการแข็งขันในการพัฒนาเทคโนโลยีในด้านต่างๆ จากหลายหน่วยงานเพื่อเปรียบเทียบเทคโนโลยีและพัฒนาเทคโนโลยีได้รวดเร็ว

### 2.4.6 พัฒนาระบบ Biogas Utilization

รัฐควรมีการส่งเสริมและสาธิตเทคโนโลยีใหม่หรือปรับปรุงเทคโนโลยีเดิมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และควรมีการส่งเสริมการผลิตพลังงานทดแทนหรือพลังงานสะอาดอย่างแท้จริง โดยมีการจัดทำมาตรฐาน ใบอนุญาต มีการออกกฎหมายด้านภาษีสิ่งแวดล้อม ด้านความปลอดภัย ตั้งมาตรฐานอุปกรณ์และเครื่องจักร เป็นต้น เพื่อเป็นประโยชน์กับภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ชุมชน และบริษัทที่ปรึกษาต่างๆ เพื่อกระตุ้นความสนใจในการใช้พลังงานสะอาด รัฐควรมีมาตรการส่งเสริมการลงทุน เพื่อให้นักธุรกิจสนใจลงทุนมากขึ้น และควรมีจัดการประกวดนวัตกรรมเพื่อให้เกิดการแข่งขัน รวมทั้งยังเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้สนใจเทคโนโลยีใหม่ มีการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพในรูปแบบต่างๆ เช่น การส่งเสริมการใช้ CBG ในภาคต่างๆ อย่างจริงจัง เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับการใช้ก๊าซชีวภาพ และในระยะยาวภาครัฐควรมีศูนย์รวมข้อมูลด้านเทคโนโลยีเพราะเป็นการรวบรวมผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องต่อไป

## 2.5 ลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ

**2.5.1 การทำ Pretreatment**

เทคโนโลยีการทำ Pretreatment จัดว่ามีความพร้อมค่อนข้างสูงในด้านความพร้อมของทรัพยากร (วัตถุดิบ) และความยากง่ายของเทคโนโลยี เนื่องจากมีการเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้ากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ยังขาดแต่เพียงการเตรียมสำหรับย่อยวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง เมื่อมองในด้านของเงินทุนและความพร้อมของบุคลากรจัดว่ามีความพร้อมอยู่ในระดับกลาง เนื่องจากวัตถุดิบส่วนใหญ่ไม่ต้องการการเตรียมก่อนเข้ากระบวนการ

**2.5.2 การวิจัยและพัฒนาการฟอร์มตัวของตะกอน**

การฟอร์มตัวของตะกอนถูกจัดความสำคัญอยู่ในระดับกลางทั้ง 4 ด้าน ทั้งนี้ยังอยู่ในขั้นของการวิจัยและพัฒนาเพื่อสามารถนำมาใช้อย่างแพร่หลายในเชิงพาณิชย์

**2.5.3 Biogas Conversion Technology**

กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ มีความพร้อมทางด้านทรัพยากร บุคลากรและเงินทุนค่อนข้างสูง เนื่องจากในประเทศไทยมีการดำเนินการผลิตก๊าซชีวภาพ และสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในด้านของเทคโนโลยียังจัดอยู่ในระดับกลาง เพราะระบบที่ใช้ส่วนใหญ่ในปัจจุบัน เป็นระบบที่มีอัตราการย่อยสลายอยู่ในระดับกลาง

**2.5.4 Biogas Cleaning**

ความสำคัญของเทคโนโลยีการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพอยู่ในระดับกลาง แม้ว่าจะมีการทำความสะอาดก๊าซ แต่การใช้งานก๊าซชีวภาพในโรงงานหรืออุตสาหกรรมขนาดใหญ่ มักไม่ค่อยมีการลงทุนในส่วนนี้มากนัก ส่วนใหญ่จะทำความสะอาดเพียงการนำน้ำหรือก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ที่ปนอยู่ในก๊าซชีวภาพออกเท่านั้น

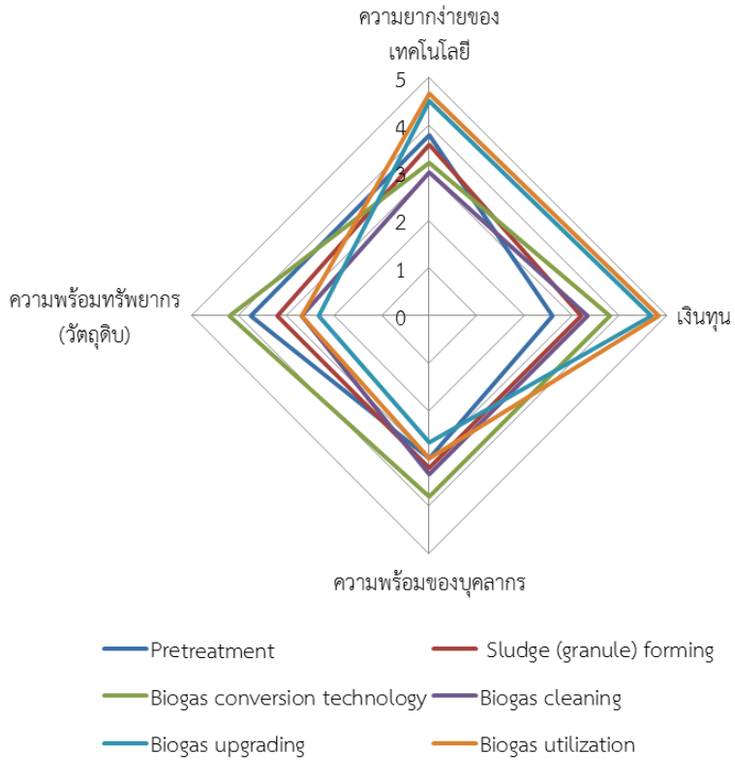
**2.5.5 Biogas Upgrading**

เทคโนโลยีการ Upgrade ยังจัดอยู่ในขั้นตอนของการพัฒนาจึงมีการจัดลำดับความสำคัญของความยากง่ายของเทคโนโลยีและเงินทุนไว้ค่อนข้างสูง เพื่อให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี Upgrade ต่อไป โดยที่ความพร้อมของทรัพยากรและบุคลากรมีความพร้อมอยู่ในระดับกลาง

**2.5.6 Biogas Utilization**

การใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับการ Upgrade โดยมีความพร้อมของเทคโนโลยีและเงินทุนค่อนข้างสูง เนื่องจากยังมีการใช้ประโยชน์ในขั้นสูง (Advance) ที่ยังรอการพัฒนา

ปัจจัย 4 ด้านที่นำมาจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบ ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพแบ่งได้ตามเทคโนโลยีดังรูปที่ 2.2




รูปที่ 2.2 ปัจจัยด้านความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบ สำหรับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas)

## 2.6 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี (Technology Action Plan : TAP)

**2.6.1 ผลักดันให้มีการใช้เทคโนโลยีที่มีความพร้อม อย่างแพร่หลาย**

**แผนระยะสั้น (0-3 ปี)**

1) ขยายโครงการของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ในอุตสาหกรรมแป้งมัน น้ำมันปาล์ม แอลกอฮอล์ โดยขยายโครงการของ สนพ.

**เป้าหมาย** มีการผลิตก๊าซชีวภาพในอุตสาหกรรมแป้งมัน น้ำมันปาล์ม และแอลกอฮอล์ ครอบคลุมทั่วประเทศ

2) ขยายระบบเดิมเพื่อบำบัดน้ำทิ้งที่ออกจากระบบผลิตที่ยังมีสารอินทรีย์เหลืออยู่ปริมาณมาก เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่ม

**เป้าหมาย** พัฒนาระบบให้สามารถใช้สารอินทรีย์เป็นก๊าซชีวภาพได้มากขึ้น

3) ขยายการผลิตก๊าซชีวภาพในอุตสาหกรรมที่มีการใช้อย่างจำกัด เช่น น้ำยางข้น อาหารแปรรูป โดยมีระบบสาธิต และวิจัยเพิ่มเติมบางกรณีเป้าหมาย

**เป้าหมาย** มีการผลิตก๊าซชีวภาพในอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่มีศักยภาพมากขึ้น

**2.6.2 การพัฒนาระบบ Pretreatment**

**แผนระยะสั้น (0-3 ปี)**

1) พัฒนาเทคโนโลยีการเตรียมสภาพวัตถุดิบก่อนเข้ากระบวนการ (Pretreatment) จากวัสดุจากวัสดุชีวมวลของแข็ง วัสดุประเภทที่มีเยื่อใยสูง หรือจากวัสดุที่มีความชื้นต่ำที่สามารถย่อยสลายได้ยาก โดยทำการวิจัยและพัฒนาระบบการย่อยแบบ Co-digestion เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลาย และเพิ่มขอบเขตให้กับวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการผลิตเชิงพาณิชย์

**เป้าหมาย** วิจัยและพัฒนากระบวนการ Pretreatment ที่เหมาะสมกับชีวมวลที่มีศักยภาพสูง วัสดุที่มีเยื่อใยสูง และกระบวนการหมักร่วม

**แผนระยะกลาง (3-5 ปี)**

1) ปรับปรุงพันธุกรรมของพืชเพื่อให้ได้คุณภาพพันธุ์พืชจำเพาะสำหรับผลิตพลังงานทดแทน

**เป้าหมาย** ได้พันธุ์พืชที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปผลิตพลังงานทดแทน

ตารางที่ 2.1 กิจกรรมการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ

| เทคโนโลยี | พัฒนาเองในประเทศ | นำเข้าจากต่างประเทศ | ระดับการพัฒนา | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Research | Pilot | Demonstrative Research | ระดมทุนสร้างโรงงานนำร่อง |
| 1. Pretreatment | ✓ | * | ✓ | ✓ | ✓ | |
| - Bio-catalyst | | | | | | |
| 2. Sludge (granule) forming | ✓ | * | | | | |
| 3. Biogas conversion technology | ✓ | | | | ✓ | |
| 4. Biogas cleaning | ✓ | | | ✓ | | |
| 5. Biogas upgrading | | ** | | ✓ | | |
| 6. Biogas utilization | | *** | | ✓ | | |
| - Synthetic natural gas | | | | | | |

* ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการ Scaling-up กระบวนการไปสู่การผลิตแบบสาธิต และการผลิตในโรงงานนำร่อง

** ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในเรื่องระบบการ Upgrading

*** ต้องการการออกแบบและสร้างระบบ รวมถึงการพัฒนาทักษะให้กับผู้ปฏิบัติงาน

**2.6.3 การวิจัยและพัฒนาการฟอร์มตัวของตะกอน (Sludge/Granule Forming)**

**แผนระยะสั้น (0-3 ปี)**

1) ศึกษารูปแบบการรวมตัวของตะกอน เพื่อให้ได้ตะกอนจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ และทนทานต่อสภาพแวดล้อม สนับสนุนการวิจัยด้านความรู้พื้นฐานของจุลินทรีย์

**เป้าหมาย** เพิ่มองค์ความรู้และความเข้าใจโครงสร้างและหลักการทำงานของจุลินทรีย์

2) พัฒนาเทคโนโลยีการฟอร์มตัวของตะกอนจุลินทรีย์ให้มีความทนทานและมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสูง

**เป้าหมาย** ได้เทคโนโลยีการฟอร์มตัวของตะกอนจุลินทรีย์ทพัฒนาขึ้นเองภายในประเทศ

**แผนระยะกลาง (3-5 ปี)**

1) พัฒนาระบบการผลิตและรวมตัวของตะกอนให้เข้าสู่ระบบในเชิงพาณิชย์

**เป้าหมาย** มีเทคโนโลยีการรวมตัวของตะกอนที่สามารถเผยแพร่ได้ในเชิงพาณิชย์

**2.6.4 พัฒนาระบบ Biogas Conversion Technology**

**แผนระยะสั้น (0-3 ปี)**

1) พัฒนาระบบให้เข้าสู่ระบบการย่อยสลายประเภทประสิทธิภาพสูง โดยเพิ่มการสนับสนุนการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีและเทคนิคการเดินระบบ รวมถึงพัฒนาระบบการย่อยสลายแบบหมักร่วม (Co-digestion) ให้มีประสิทธิภาพ

**เป้าหมาย** เพิ่มพูนองค์ความรู้และเทคนิคการเดินระบบการย่อยสลายแบบประสิทธิภาพสูง

**แผนระยะกลาง (3-5 ปี)**

1) มีการจัดตั้ง Pilot Plant เพื่อทำการวิจัยและศึกษากระบวนการหมักร่วม และศึกษาวัตถุดิบที่มีศักยภาพเพื่อรองรับการขยายตัวของการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับอุตสาหกรรม

**เป้าหมาย** พัฒนาให้ได้ระบบการหมักร่วมที่มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

2) สนับสนุนให้ใช้ High Rate Technology แทนเทคโนโลยีประสิทธิภาพต่ำ ในกรณีที่มีตัวอย่างความสำเร็จแล้ว โดยมีระบบสาธิต/วิจัยเพิ่มเติมบางกรณี

**เป้าหมาย** มีการใช้ High Rate Technology เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น สร้างความมั่นใจในการลงทุน

**แผนระยะยาว (5-10 ปี)**

1) ส่งเสริมและสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายที่สูงขึ้น

**เป้าหมาย** ได้ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพเพื่อจูงใจให้ผู้ประกอบการสนใจการลงทุนเพิ่มมากขึ้น

**2.6.5 พัฒนาระบบ Biogas Cleaning**

**แผนระยะสั้น (0-3 ปี)**

1) วิจัยและพัฒนาระบบการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และน้ำ

**เป้าหมาย** พัฒนาวัสดุตัวกลางที่เหมาะสมสำหรับเทคโนโลยีการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพ

2) พัฒนาระบบการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

**เป้าหมาย** ได้ก๊าซชีวภาพที่มีคุณภาพมากขึ้น สามารถใช้งานได้หลากหลาย

**แผนระยะยาว (3-5 ปี)**

1) เผยแพร่เทคโนโลยีและระบบการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพให้กับหน่วยงานที่สนใจ

**เป้าหมาย** หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำเทคโนโลยีการทำความสะอาดก๊าซไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**2.6.6 พัฒนาระบบ Biogas Upgrading**

**แผนระยะสั้น (0-3 ปี)**

1) สนับสนุนโครงการวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

**เป้าหมาย** เพิ่มองค์ความรู้และความเข้าใจเทคโนโลยีการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2) พัฒนาเทคโนโลยีการ Upgrade ที่เหมาะสมและลดต้นทุนในการทำความสะอาดก๊าซ

**เป้าหมาย** ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและคุ้มค่าต่อการลงทุน

**แผนระยะกลาง (3-5 ปี)**

1) จัดตั้งโรงงานต้นแบบในการใช้งานก๊าซชีวภาพขั้นสูง เช่น การนำไปผลิตเป็น CBG สำหรับใช้ในยานยนต์

**เป้าหมาย** สามารถใช้งานก๊าซชีวภาพในภาคขนส่งได้

**2.6.7 พัฒนาระบบ Biogas Utilization**

**แผนระยะสั้น (0-3 ปี)**

1) จัดทำมาตรฐาน การออกกหมายด้านภาษีสิ่งแวดล้อม รวมถึงด้านความปลอดภัย สำหรับการใช้งานก๊าซชีวภาพในรูปแบบต่างๆ

**เป้าหมาย** เพื่อดึงดูดให้ผู้ประกอบการหันมาลงทุนเพิ่มมากขึ้น

**แผนระยะกลาง (3-5 ปี)**

1) จัดตั้งศูนย์เรียนรู้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัตถุดิบประเภทต่างๆ และรวบรวมข้อมูลทางเทคนิคเพื่อคอยช่วยแก้ไขปัญหาให้การดำเนินการเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

**เป้าหมาย** ให้คำปรึกษาปัญหาทางด้านเทคนิคแก่ผู้ปฏิบัติเพื่อให้การเดินระบบเป็นไปอย่างราบรื่น

2) มีศูนย์บริการเพื่อแก้ไขปัญหาเชิงเทคโนโลยีและการผลิตก๊าซชีวภาพแบบเบ็ดเสร็จ

**เป้าหมาย** ให้คำปรึกษาปัญหาทุกประเภทที่เกี่ยวข้องกับการผลิตก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 2.2 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ (Biogas)

1. ผลักดันให้มีการใช้เทคโนโลยีที่มีความพร้อม อย่างแพร่หลาย

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ แผนการสนับสนุนและพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทมีข้อจำกัด ยังไม่สามารถขยายได้เต็มที่ทั้งที่มีศักยภาพสูง | ■ ส่งเสริมโรงงานที่ยังไม่มีระบบผลิตในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้แพร่หลาย<br>■ สนับสนุนให้โรงงานเข้าร่วมโครงการระยะที่ 1 ของ สนพ. ผลิตให้เต็มประสิทธิภาพ<br>■ สนับสนุนกลุ่มอุตสาหกรรมที่ยังมีการใช้อย่างจำกัด | ■ ขยายโครงการของ สนพ. ในอุตสาหกรรม แป้งมัน น้ำมันปาล์ม และแอลกอฮอล์<br>■ ขยายระบบเดิมเพื่อบำบัดน้ำทิ้งที่ออกจากระบบผลิตที่ยังมีสารอินทรีย์เหลืออยู่ปริมาณมากเพื่อผลิตก๊าซเพิ่ม<br>■ ขยายการผลิตก๊าซชีวภาพในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น อาหารแปรรูป โดยมีระบบสาธิตและวิจัยเพิ่มเติมบางกรณี | | | | ■ โรงงานที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้วัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ วช.<br>■ มหาวิทยาลัย |

2. การพัฒนาระบบ Pretreatment

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ ไม่มีการเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้ากระบวนการทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายของระบบลดลง<br>■ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภท Lignocellulosic มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น แต่ย่อยสลายได้ยาก | ■ พัฒนาเทคโนโลยี Pretreatment และการย่อยสลายวัตถุดิบประเภท Lingnocellulosic<br>■ พัฒนากระบวนการย่อยสลายแบบ Codigestion สำหรับวัถถุดิบที่มีศักยภาพสูงในการผลิตก๊าซชีวภาพเชิงพาณิชย์ | ■ ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาการเตรียมวัตถุดิบ (Pretreatment) ที่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพสูงก่อนเข้ากระบวนการผลิต<br>■ สนับสนุนแผนการศึกษาด้านเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ จากวัสดุประเภทที่มีเยื่อใยสูงแบบการหมักร่วม สำหรับวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูง | ■ ปรับปรุงคุณภาพพันธุ์พืชทางพันธุกรรม และมีแผนการปรับปรุงพันธุ์พืชจำเพาะสำหรับผลิตพลังงานทดแทน | | ■ ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สามารถย่อยวัตถุดิบที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ<br>■ มีกระบวนการ Pretreatment ที่มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการย่อยสลาย<br>■ ได้องค์ความรู้และเทคโนโลยีของการหมักร่วมสำหรับวัตถุดิบในประเทศที่มีศักยภาพ | ■ โรงงานที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้วัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ วช.<br>■ มหาวิทยาลัย |

## 3. Sludge /Granule Forming

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ ปัญหาการเดินระบบที่เกิดจากตะกอนแตกตัวในขณะหมัก รวมถึงสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ อัตราภาระอินทรีย์ และระยะเวลากักเก็บตะกอน | ■ ศึกษาประเภทและการรวมตัวของตะกอนเพื่อสร้างตะกอน จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับกระบวนการหมักประเภทต่างๆ และทนทานต่อสภาพแวดล้อม | ■ สนับสนุนการวิจัยด้าน Biotechnology เช่น ความรู้พื้นฐานของจุลินทรีย์และเอนไซม์ ในการสร้างตะกอนจุลินทรีย์รูปแบบต่างๆ<br>■ พัฒนาเทคโนโลยี Sludge Forming ที่ทนทานและมีประสิทธิภาพสูง | ■ พัฒนาระบบการผลิตและการรวมตัวของตะกอนให้เข้าสู่ระบบเชิงพาณิชย์ | | ได้เทคโนโลยี Sludge Forming ที่พัฒนาขึ้นภายในประเทศ และสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ประเทศเพื่อนบ้านในอาเซียนได้ | ■ โรงงานที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้วัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ วช.<br>■ มหาวิทยาลัย |

## 4. Biogas Conversion Technology

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ ระบบ Conventional Biogas จัดว่าเป็นระบบที่มีอัตราการย่อยสลายในระดับปานกลางไปถึงค่อนข้างต่ำ ระบบให้ปริมาณก๊าซชีวภาพน้อย ไม่คุ้มค่าการลงทุน ไม่ดึงดูดความสนใจของผู้ประกอบการ<br>■ มีวัตถุดิบเยื่อใยสูงที่มีความหลากหลายทำให้ยากต่อการเลือกใช้ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสม | ■ พัฒนาระบบการย่อยสลายในระดับ High Rate ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น<br>■ พัฒนาระบบการย่อยสลายแบบ Co-Digestion เพื่อเพิ่มความหลากหลายของการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบ และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลาย | ■ สนับสนุนงานวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถใช้ได้กับวัตถุดิบที่มีความเข้มข้นสูง<br>■ พัฒนากระบวนการย่อยสลายแบบ Co-Digestion สำหรับพืชที่มีศักยภาพสูง ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น | ■ มีการจัดตั้ง Pilot Plant สำหรับการหมักร่วม และ Testing Plant สำหรับวัตถุดิบที่มีศักยภาพเพื่อรองรับการขยายตัวของการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับอุตสาหกรรม<br>■ สนับสนุนให้ใช้ High Rate Technology แทนเทคโนโลยีประสิทธิภาพต่ำในกรณีที่มีตัวอย่างความสำเร็จแล้ว โดยมีระบบสาธิต/วิจัยเพิ่มเติมบางกรณี | ■ ส่งเสริมการเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพแทนระบบเดิมที่มีประสิทธิภาพต่ำ ในอุตสาหกรรมทั่วประเทศ | ■ ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพช่วยจูงใจผู้ประกอบการให้ความสนใจต่อการลงทุนมากขึ้น<br>■ ระบบ Co-Digestion ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลาย รวมถึงเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร | ■ โรงงานที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้วัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ วช.<br>■ มหาวิทยาลัย |

5. Biogas Cleaning

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ ก๊าซชีวภาพที่ได้มักมีองค์ประกอบของน้ำและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อนำไปใช้ประโยชน์จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องมือได้ | ■ มีการวิจัยและพัฒนาระบบกำจัดน้ำและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ | ■ พัฒนาวัสดุตัวกลางที่เหมาะสมสำหรับเทคโนโลยีการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพ<br>■ พัฒนาระบบการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูง | ■ เผยแพร่ระบบการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพให้กับโรงงานที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพทั่วประเทศ | | ■ มีระบบการทำความสะอาดก๊าซที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพที่มีคุณภาพและได้มาตรฐานในการผลิตไฟฟ้า และการใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ<br>■ ยกระดับคุณภาพของก๊าซชีวภาพในประเทศให้สามารถแข่งขันได้โดยเฉพาะในอาเซียน | ■ โรงงานที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้วัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ วช.<br>■ มหาวิทยาลัย<br>■ ปตท. |

6. Biogas Upgrading

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ ก๊าซชีวภาพที่ได้มีสัดส่วนของก๊าซมีเทนค่อนข้างต่ำ ทำให้ยากต่อการประยุกต์ใช้งานก๊าซชีวภาพในระดับสูง | ■ วิจัยและพัฒนา ระบบการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทน | ■ สนับสนุนโครงการวิจัยเพิ่มประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซชีวภาพ<br>■ พัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมและลดต้นทุนการทำความสะอาดก๊าซเพื่อการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ | ■ มีโรงงานต้นแบบในการผลิต CBG เพื่อใช้ในการขนส่ง | | ■ ได้องค์ความรู้และเทคโนโลยีในประเทศที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อการใช้งานในขั้นสูง | ■ โรงงานที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้วัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ วช.<br>■ ปตท.<br>■ สนช.<br>■ มหาวิทยาลัย |

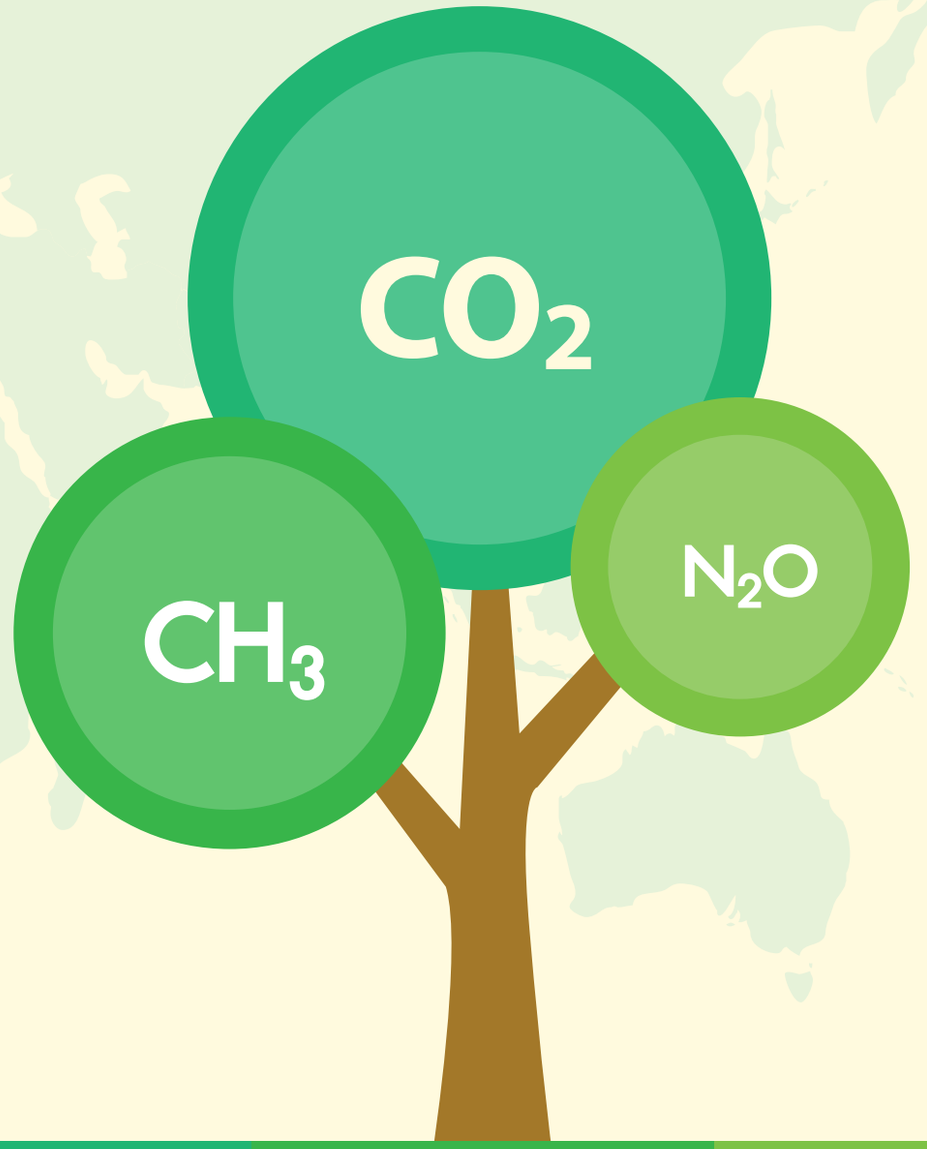
## 7. Biogas Policy

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่ได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ ขาดการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากภาครัฐอย่างต่อเนื่อง<br>■ ไม่มีมาตรฐานก๊าซชีวภาพที่ใช้ในประโยชน์ในแต่ละประเภท ทำให้ผู้ใช้ขาดความเชื่อมั่นในการใช้ประโยชน์ | ■ รัฐควรมีการส่งเสริมและสาธิตเทคโนโลยีใหม่หรือปรับปรุงเทคโนโลยีเดิมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และควรมีการส่งเสริมการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพอย่างแท้จริง | ■ มีการจัดทำมาตรฐาน ใบอนุญาต มีการออกกฎหมายด้านภาษีสิ่งแวดล้อมด้านความปลอดภัย<br>■ มีมาตรการส่งเสริมการลงทุนเพื่อให้นักธุรกิจสนใจลงทุนมากขึ้น | ■ มีศูนย์เรียนรู้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัตถุดิบประเภทต่างๆ และรวบรวมข้อมูลด้านเทคโนโลยีเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง<br>■ มีศูนย์บริการเพื่อแก้ไขปัญหาเชิงเทคโนโลยีและการผลิตแบบเบ็ดเสร็จ (One Stop Service) | | ■ มีมาตรฐานการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ<br>■ มีศูนย์บริการให้ความรู้อย่างครบวงจร | ■ โรงงานที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้วัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ วช.<br>■ มหาวิทยาลัย |

$CO_2$

$CH_3$

$N_2O$



# บทที่ 3 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels)

## 3.1 บทนำ

เชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel) หมายถึง เชื้อเพลิงที่ผลิตจากพืช สัตว์ และชีวมวล (Biomass) โดยเชื้อเพลิงชีวภาพจัดเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่เหมาะกับประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีศักยภาพทางการผลิตวัตถุดิบสำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพสูงมาก ปัจจุบันเชื้อเพลิงชีวภาพที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ได้แก่ เอทานอล (Ethanol) และไบโอดีเซล (Biodiesel) ซึ่งได้จากการเปลี่ยนน้ำตาล แป้ง น้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ซึ่งได้จากการนำวัตถุดิบทางการเกษตรที่ผลิตอาหารมาแปรสภาพ หรือจะเรียกเชื้อเพลิงดังกล่าวว่า เชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่ 1 (First Generation Biofuel) สำหรับประเทศไทยการผลิตเอทานอลส่วนใหญ่ผลิตจากจากสารตั้งต้นในกลุ่มน้ำตาลและมันสำปะหลัง วัตถุดิบเหล่านี้สามารถนำมาเป็นอาหารได้ เนื่องจากประชากรโลกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การนำวัตถุดิบเหล่านี้มาใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพสามารถกระทบกับการเปลี่ยนแปลงห่วงโซ่อาหาร อันจะนำไปสู่ภาวะวิกฤตของการขาดแคลนอาหารในอนาคต ปัจจุบันการผลิตเอทานอล (หรือเชื้อเพลิงแอลกอฮอล์ตัวอื่นๆ เช่น เมทานอล และบิวทานอล) จึงมุ่งเน้นใช้วัตถุดิบจากพืชทั่วไปที่ไม่ใช่พืชอาหาร (Non-Food Crop) ได้แก่ ชีวมวล เช่น ชานอ้อย เป็นต้น นอกจากนั้นไบโอดีเซลก็มีแนวโน้มที่จะพัฒนากระบวนการผลิตให้ได้เชื้อเพลิงที่สามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลในสัดส่วนที่สูงขึ้น หรือที่เรียกว่า Drop-in Fuel เชื้อเพลิงชีวภาพที่กำลังมีการพัฒนาเหล่านี้ถูกเรียกว่าเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels) โดยเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูงที่มีศักยภาพในการนำมาประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์สำหรับประเทศไทยในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อยตามโครงสร้างหรือสูตรทางเคมี ได้แก่ แอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส และ Drop-in Fuel

### 3.1.1 แอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส

ปัจจุบันเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวลนับเป็นแหล่งพลังงานหนึ่งที่สำคัญต่อการผลิตในภาคธุรกิจ การขนส่ง และอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งไบโอเอทานอลที่ถูกนำมาผสมกับน้ำมัน

เบนซินหรือแก๊สโซฮอล์ ที่มีสัดส่วนของเอทานอลที่แตกต่างกันไป ทำให้สามารถช่วยลดมูลค่าการนำเข้าน้ำมันได้ ในปัจจุบันการผลิตเอทานอลในเชิงพาณิชย์ ใช้วัตถุดิบหลักอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ น้ำตาล เช่น อ้อยและกากน้ำตาล และแป้ง เช่น มันสำปะหลัง ซึ่งปัญหาที่พบในการผลิตเอทานอลในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันคือ ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูการผลิต ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตและราคาจำหน่าย และการนำวัตถุดิบที่เป็นพืชอาหารมาใช้ในการผลิตเอทานอล อาจส่งผลให้ราคาสินค้าอาหารภายในประเทศปรับสูงขึ้นด้วย ดังนั้นในหลายประเทศจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเอทานอล โดยมุ่งเน้นไปที่วัตถุดิบประเภทอื่นที่ไม่ใช่พืชอาหาร ไม่ว่าจะเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร วัชพืชที่ไม่ต้องการ ผนวกกับการที่ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตอาหารรายใหญ่ของโลก ทำให้มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

จึงนับเป็นโอกาสสำคัญของประเทศที่จะเร่งพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการผลิตพลังงานทดแทนจากวัตถุดิบที่มีอยู่ โดยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ชานอ้อย ฟางข้าว ซังข้าวโพด ทะลายเปล่าและกะลาปาล์ม ลำต้นและเหง้ามันสำปะหลัง เนื่องจากหาได้ง่าย มีราคาถูก เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรม ทั้งนี้วัสดุดังกล่าวมีส่วนประกอบของเซลลูโลส ซึ่งสามารถนำมาผลิตเป็นเอทานอลได้

ลิกโนเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ จัดเป็นเชื้อเพลิงเหลวชีวภาพยุคที่ 2 (Second Generation Biofuel) สามารถผลิตได้จากการใช้ชีวมวลที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากภาคการเกษตรและใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิต วัตถุดิบที่ใช้เป็นกลุ่มของลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose) ได้แก่ ฟางข้าว กากอ้อย และซังข้าวโพด ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือเซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และลิกนิน (Lignin) ทำให้สามารถลดปัญหาการแข่งขันระหว่างพืชอาหารและพืชพลังงานได้ สำหรับศักยภาพของวัสดุเหลือทางการเกษตรใช้สำหรับผลิตลิกโนเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์จำพวกเอทานอลในประเทศไทยนั้น จากการประเมินศักยภาพพลังงานจากสิ่งเหลือทิ้งในพืชชีวมวลของไทยเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นพลังงานของกระทรวงพลังงาน ใน พ.ศ. 2555 โดยพิจารณาจากข้อมูลเบื้องต้น 3 ส่วน คือ 1) ส่วนที่เหลือทิ้งจากผลผลิตที่เก็บเกี่ยวแล้ว ทั้งในที่เพาะปลูกหรือกระบวนการผลิต เช่น แกลบ ซัง เหง้า เปลือก เป็นต้น 2) สัดส่วนการเกิดของสิ่งเหลือทิ้งเหล่านี้ เช่น ชานอ้อย เป็นส่วนที่เกิดจากการบีบน้ำตาลออกจากต้นอ้อยแล้ว และ 3) สัดส่วนการนำไปใช้งานของสิ่งเหลือทิ้งนั้นๆ เช่น ฟางข้าวพบว่ามีสัดส่วนการนำไปใช้ร้อยละ 50 เท่านั้น นั่นคือ ยังคงมีชีวมวลเหลือจากการนำไปใช้แล้วอีกร้อยละ 50 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีแหล่งวัตถุดิบที่เป็นสิ่งเหลือทิ้งจากภาคเกษตรสำหรับผลิตเชื้อเพลิงเหลวที่มีศักยภาพทางพลังงานพอสมควร เช่น ชานอ้อย ฟางข้าว ซังข้าวโพด ทะลายเปล่าและกะลาปาล์ม ลำต้นและเหง้ามันสำปะหลัง นอกจากนี้การนำลิกโนเซลลูโลสดังกล่าวมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล จะทำให้ช่วยเพิ่มมูลค่าของเสีย ช่วยลดปัญหามลพิษจากการเผาวัสดุดังกล่าวทิ้ง และยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงขึ้นด้วย

ลิกโนเซลลูโลสิกเอทานอลสามารถผลิตได้จากกระบวนการทางชีวภาพ ที่เกิดจากการนำพืชมาหมักเพื่อเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล และเปลี่ยนจากน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ โดยใช้เอนไซม์หรือสารเคมีบางชนิดช่วยในการย่อย แล้วทำให้แอลกอฮอล์บริสุทธิ์ด้วยการกลั่นและแยกน้ำ เพื่อนำไปใช้เป็นสารเคมีในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ รวมถึงการนำไปผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตลิกโนเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ส่วนใหญ่แล้ว มุ่งเน้นไปที่การผลิตลิกโนเซลลูโลสิกเอทานอล เนื่องจากสามารถใช้ผสมกับน้ำมันเบนซินในสัดส่วนต่างๆ กัน เพื่อผลิตเป็นน้ำมันแก๊สโซฮอล์และใช้ในภาคการขนส่ง และถือว่าเป็นพลังงานสะอาดอีกด้วย ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตลิกโนเซลลูโลสิกเอทานอล โดยมีบริษัทไทยรุ่งเรืองพลังงาน จำกัด ซึ่งเป็นกลุ่มของบริษัทน้ำตาลไทยรุ่งเรือง จำกัด เป็นโรงงานนำร่องแห่งแรกของประเทศไทย โดยนำเข้าเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลจากเซลลูโลสในกากอ้อย หรือ Cellulosic Ethanol เป็นการร่วมมือและสนับสนุนด้านเทคโนโลยี เครื่องจักรและอุปกรณ์จากรัฐบาลญี่ปุ่น ปัจจุบันมีกำลังการผลิต 120,000 ลิตรต่อวัน และมีแผนที่จะขยายกำลังการผลิตเป็น 400,000 ลิตรต่อวัน ในอนาคต นอกจากนี้ สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ได้พัฒนาระบบต้นแบบการผลิตลิกโนเซลลูโลสิกเอทานอลขึ้นเช่นกันและมีแผนจะขยายกำลังการผลิตเพื่อประยุกต์ใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์ต่อไป

**กระบวนการหลักในการผลิตลิกโนเซลลูโลสิกเอทานอลมี 3 ขั้นตอน ดังนี้**

**ขั้นตอนที่ 1:** การปรับสภาพชีวมวลเบื้องต้น (Pretreatment) เป็นการสลายพันธะระหว่างเซลลูโลสกับสารประกอบอื่นๆ ออกจากกัน และกำจัดสารประกอบจำพวกลิกนินออกเพื่อให้เอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase) สามารถเข้าย่อยเซลลูโลสได้ง่ายขึ้น การปรับสภาพชีวมวลสามารถทำได้ทั้งการย่อยด้วยกรดเจือจาง กรดเข้มข้น โอโซน และด่าง เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้การระเบิดด้วยไอน้ำ (Steam Explosion) ซึ่งเป็นวิธีทางกายภาพ หรืออาจใช้ร่วมกันทั้ง 2 วิธีก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่นำมาผลิต

**ขั้นตอนที่ 2 :** การย่อย (Hydrolysis) โดยใช้กรดหรือเอนไซม์ สำหรับการย่อยด้วยกรดนั้น

ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การย่อยเฮมิเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลเพนโตส และการย่อยเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลกลูโคส นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีการนำเทคโนโลยีการย่อยด้วยเอนไซม์มาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการหมักภายในถังเดียวกัน (Simultaneous Saccharification and Fermentation: SSF) เพื่อผลิตเอทานอลโดยใช้จุลินทรีย์จากพวกยีสต์ ซึ่งถือว่าเป็นเอทานอลในรุ่นที่ 2 (Second Generation Ethanol)

**ขั้นตอนที่ 3:** การหมัก (Fermentation) คือ กระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลที่ได้จากการย่อยสลายเซลลูโลสให้เป็นเอทานอลโดยใช้จุลินทรีย์ เช่น ยีสต์ (Yeast) หรือแบคทีเรีย (Bacteria) ซึ่งปกติจะเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Process) โดยในปัจจุบันสามารถแบ่งการหมักออกได้เป็น 3 กระบวนการใหญ่ๆ คือ การหมักแบบกะ (Batch Fermentation) การหมักแบบต่อเนื่อง (Continuous Fermentation) และการหมักแบบกึ่งกะ (Fed-Batch Fermentation)

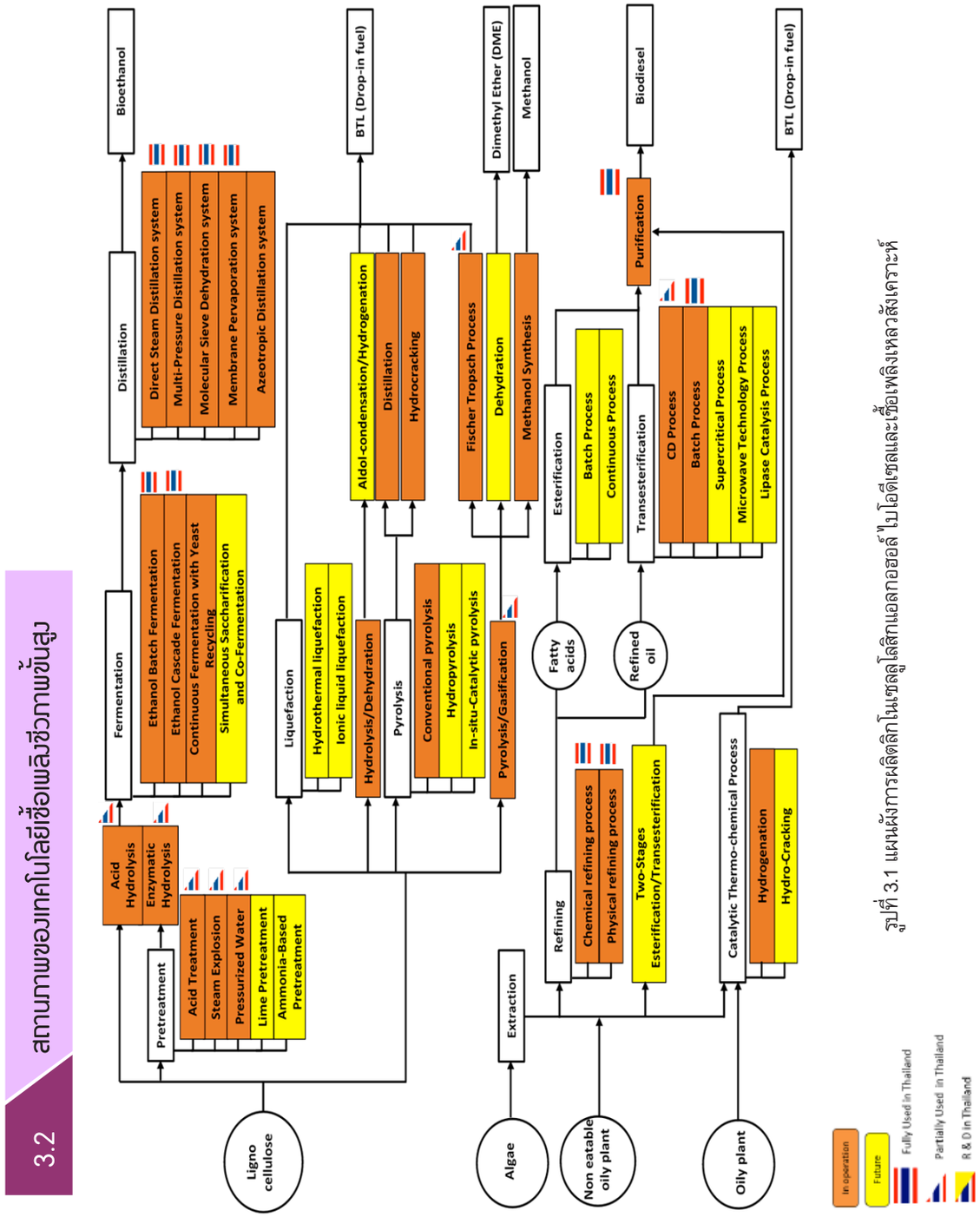
นอกจากนี้ลิกโนเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ ยังรวมถึงไบโอแอลกอฮอล์ชนิดอื่นๆ อีกด้วย เช่น ไบโอเมทานอล ไบโอโพรพานอล และไบโอบิวทานอล ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว เมทานอล โพรพานอล และบิวทานอล สามารถผลิตได้จากกระบวนการความร้อนเคมี (Thermochemical Process) และกระบวนการเคมีชีวภาพ (Biochemical Process) ซึ่งเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการผลิตนั้นมีการลงทุนสูงมาก สำหรับแอลกอฮอล์ประเภทเมทานอล พบว่าส่วนมากจะผลิตขึ้นจากการแปรรูปก๊าซสังเคราะห์ผ่านปฏิกิริยาการสังเคราะห์เมทานอล (Methanol Synthesis Reaction) ทั้งนี้เมทานอลที่ผลิตได้จะถูกพิจารณาว่าเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพก็ต่อเมื่อก๊าซสังเคราะห์ที่ใช้ผลิตขึ้นจากวัตถุดิบทางชีวภาพ เช่น ก๊าซชีวภาพ ชีวมวล ของเสียชีวภาพ เป็นต้น ในส่วนของแอลกอฮอล์ประเภทบิวทานอลนั้น ปัจจุบันเริ่มได้รับความสนใจในการใช้เป็นเชื้อเพลิงมากขึ้น เนื่องจากบิวทานอลมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันมากกว่าเมทานอล และเอทานอล ดังนั้นจึงสามารถนำไปผสมทดแทนในน้ำมันได้ง่ายและในสัดส่วนที่สูงกว่าเมทานอล และเอทานอล ทั้งนี้กระบวนการที่ได้รับการพัฒนาเพื่อผลิตบิวทานอล ในปัจจุบันคือ กระบวนการหมัก โดยมีการวิจัยพัฒนาสายพันธุ์ของยีสต์ และจุลินทรีย์ ให้สามารถผลิตแอลกอฮอล์ทั้ง 2 ชนิดได้ในปริมาณที่สูง อย่างไรก็ดีในปัจจุบันเชื้อเพลิงในกลุ่มแอลกอฮอล์ที่มีศักยภาพในการนำมาใช้งานในเชิงพาณิชย์มากที่สุดคือ เอทานอล

### 3.1.2 Drop-in Fuel

Drop-in Fuel คือ เชื้อเพลิงที่มีโครงสร้างเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับแก๊สโซลีน (Gasoline) ดีเซล (Diesel) หรือ น้ำมันเครื่องบิน (Jet Fuel) ซึ่งสามารถใช้ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงฟอสซิลในภาคการขนส่ง โดยสามารถผลิตได้จากชีวมวล เช่น เศษชีวมวล ปัจจุบันงานวิจัยเกี่ยวกับ Drop-in Fuel ยังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนา ขณะที่ขั้น Pilot Scale ยังอยู่ในภายใต้การก่อสร้าง

น้ำมันดีเซลชีวภาพสังเคราะห์ (Bio-Hydrogenated Diesel : BHD) ที่ได้จากการนำน้ำมันที่ผลิตจากพืชในธรรมชาติ หรือไขมันสัตว์ มาผ่านกระบวนการการทำปฏิกิริยากับก๊าซไฮโดรเจนบนตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ที่อุณหภูมิและความดันสูงได้ Paraffinic Hydrocarbon ที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนอยู่ในช่วงเดียวกับน้ำมันดีเซล และจากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพสังเคราะห์กับดีเซลทั่วไป พบว่าน้ำมันดีเซลชีวภาพสังเคราะห์ มีคุณสมบัติที่ดีกว่าหลายประเด็น ได้แก่ มีค่าซีเทนที่สูงกว่า ค่าหมอกควันที่ต่ำกว่า ไม่มีโพลีอะโรแมติกส์ (Polyaromatic) ไม่มีออกซิเจนหลงเหลืออยู่จากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ไม่มีซัลเฟอร์หลงเหลืออยู่ เนื่องจากกระบวนการ Hydrotreating ได้กำจัดซัลเฟอร์ออกไป และการรักษาสภาพจะดีกว่าไบโอดีเซลหรือดีเซล นั่นคือหากเก็บรักษาที่ระยะเวลาเท่ากัน การสูญเสียสภาพของไบโอดีเซลหรือดีเซลสูญเสียสภาพมากกว่า ดังนั้นน้ำมันดีเซลชีวภาพสังเคราะห์สามารถเก็บไว้ได้นานกว่า

สำหรับ Biomass to Liquid หรือเรียกว่า BTL เป็นกระบวนการที่ใช้ผลิตเชื้อเพลิงเหลวชีวภาพจากชีวมวล โดยกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวลที่สำคัญและมีการศึกษาอย่างแพร่หลายได้แก่ กระบวนการไพโรไลซิส และกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น/ฟิชเชอร์โทรป โดยกระบวนการไพโรไลซิส/Upgrading คือ กระบวนการแปลงสภาพชีวมวลให้เป็นเชื้อเพลงเหลว ที่เรียกว่า ไบโอออยล์ (Bio-Oil) ซึ่งของเหลวดังกล่าวยังไม่สามารถนำไปใช้หรือไปผสมกับเชื้อเพลิงยานพาหนะได้ ต้องนำมาผ่านกระบวนการ Upgrading ก่อน ส่วนกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น/ฟิชเชอร์โทรป คือ กระบวนการเปลี่ยนองค์ประกอบของชีวมวลของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสถานะก๊าซ โดยวิธีการทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นแบบไม่สมบูรณ์ ผลิตภัณฑ์ก๊าซเกิดที่ขึ้นโดยทั่วไป เรียกว่า ก๊าซสังเคราะห์ (Syngas) ซึ่งจะมีสารประกอบหลัก ได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และมีองค์ประกอบอื่นๆ อีก ได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน และไนโตรเจน หลังจากขั้นตอนแปลงสภาพเป็นก๊าซสังเคราะห์ขั้นต้นแล้ว ก๊าซสังเคราะห์ที่ได้จะถูกส่งเข้าสู่อีกระบบหนึ่ง เพื่อให้เกิดกระบวนการฟิชเชอร์โทรป บนตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งประเภทเหล็กหรือโคบอลต์ และแปลงสภาพเป็นชื้อเพลิงเหลวในที่สุด โดยกระบวนการฟิชเชอร์โทรป ได้รับการพัฒนามานานแล้วตั้งแต่สมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งปัญหาของกระบวนการดังกล่าวในปัจจุบันคือ ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยมีรายงานว่ากระบวนการดังกล่าวจะมีความคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์เมื่อมีการสร้างในระดับที่ใหญ่เท่านั้น




รูปที่ 3.1 แผนผังการผลิตลิกโนเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ ไบโอดีเซลและเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์

จากรูปที่ 3.1 พบว่าการผลิตลิกโนเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ 1) การผลิตไบโอเอทานอลที่ได้จากกระบวนการชีวภาพ 2) กระบวนการทางเคมีความร้อน สำหรับการผลิตไบโอเอทานอลด้วยกระบวนการชีวภาพนั้น พบว่าขั้นตอนการปรับสภาพชีวมวลด้วยการใช้กรด (Acid Treatment) การระเบิดด้วยไอน้ำ (Steam Explosion) และการใช้น้ำความดันสูง (Pressurized Water) ได้มีการดำเนินการผลิตได้แล้วในปัจจุบัน แต่สำหรับประเทศไทยนั้น ยังอยู่ในขั้นของการวิจัยและพัฒนา เช่นเดียวกันกับขั้นตอนของการย่อยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสด้วยกรด (Acid Hydrolysis) และเอนไซม์ (Enzyme Hydrolysis) เพื่อให้ได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและไซโลสเพื่อใช้ในกระบวนการหมัก ก็อยู่ในสถานะที่ดำเนินการได้จริงในปัจจุบัน แต่ยังอยู่ในขั้นของการพัฒนาและวิจัยในประเทศไทย ซึ่งยังไม่ถูกนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ สำหรับกระบวนการหมักนั้น ประเทศไทยได้มีการใช้การหมักเอทานอลแบบกะ (Batch Fermentation) และการหมักแบบต่อเนื่อง (Cascade Fermentation) ในเชิงพาณิชย์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ในส่วนของการทำบริสุทธิ์ประเทศไทยก็ได้มีการใช้การกลั่นแบบใช้ไอน้ำโดยตรง (Direct Steam Distillation) และการกลั่นแบบหลายความดัน (Multi-Pressure Distillation) และการกำจัดน้ำออกโดยใช้ (Molecular Sieve Dehydration) และ Membrane Pervaporation ในระดับอุตสาหกรรมแล้ว สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวลด้วยกระบวนการความร้อนเคมีในประเทศไทยนั้น มีการทำไพโรไลซิส และแก๊สซิฟิเคชั่น มีการดำเนินการอยู่ในขั้นการวิจัยและต้นแบบ แต่ยังไม่ได้มีการดำเนินการในเชิงพาณิชย์ เช่นเดียวกับกระบวนการฟิชเชอร์โทรปเพื่อใช้ในการผลิต Drop-in Fuel ซึ่งอยู่เพียงในขั้นของงานวิจัยเท่านั้น ในส่วนของ BHD นั้นปัจจุบันประเทศไทยมีการวิจัยและพัฒนาในการสร้างระบบต้นแบบที่บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

โดยสรุปพบว่าเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูงที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาและใช้ในประเทศไทย ได้แก่

- เทคโนโลยีการผลิตแอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส ซึ่งประกอบไปด้วยเทคโนโลยีย่อยดังนี้

1) เทคโนโลยีการปรับสภาพชีวมวล (Pretreatment)
2) เทคโนโลยีการย่อย (Hydrolysis)
3) เทคโนโลยีการหมัก (Fermentation)
4) เทคโนโลยีการสังเคราะห์เมทานอลผ่านทางการผลิตก๊าซสังเคราะห์ (Methanol Synthesis via Syngas Route)

- เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงกลุ่ม Drop-in Fuel ซึ่งประกอบไปด้วยเทคโนโลยีย่อย ดังนี้

1) เทคโนโลยีในขั้นตอนการไฮโดรจีเนชัน (Hydrogenation) ในกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพสังเคราะห์ (Bio-Hydrogenated Diesel: BHD)
2) เทคโนโลยีกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification)
3) เทคโนโลยีกระบวนการฟิชเชอร์โทรป (Fisher-Tropsch: FT)
4) เทคโนโลยีกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis)

## 3.3 อุปสรรคและความท้าทายของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง

### 3.3.1 เทคโนโลยีการผลิตแอลกอฮอล์จากชีวมวล

อุปสรรคสำคัญทางเทคนิคของการผลิตเอทานอลจากชีวมวล คือกระบวนการปรับสภาพชีวมวล (Pretreatment) ซึ่งสามารถดำเนินการได้ 2 รูปแบบได้แก่ 1) กระบวนการใช้สารเคมี (เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น) และ 2) กระบวนการใช้การระเบิดของไอน้ำ โดยอุปสรรคของกระบวนการใช้สารเคมีคือ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้สารเคมี เนื่องจากจำเป็นต้องมีระบบในการปรับสภาพน้ำทิ้งจากระบบเพื่อลดความเป็นกรด-เบส และกำจัดสารเคมีเพิ่มขึ้น ส่วนเทคโนโลยีในการปรับสภาพชีวมวลในลักษณะที่ใช้การระเบิดของไอน้ำนั้นมีค่าใช้จ่ายสูงในการลงทุนด้านอุปกรณ์และการปฏิบัติงาน เนื่องจากเป็นเทคนิคการใช้ไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูง อีกทั้งยังเกิดน้ำเสียขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวในปริมาณที่สูงและจำเป็นต้องมีระบบบำบัด

ในส่วนของเทคโนโลยีการย่อย (Hydrolysis) ก็สามารถทำได้ 2 รูปแบบเช่นกัน ได้แก่ การย่อยด้วยการใช้กรด และการย่อยด้วยเอนไซม์ โดยปัญหาสำคัญของการย่อยด้วยกรด คือการใช้สารเคมีในการปรับสภาพและกำจัดค่าความเป็นกรดภายหลังการย่อยซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ นอกจากนั้นการย่อยด้วยกรดนั้นดำเนินการได้ยากในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากปัญหาการกัดกร่อนอุปกรณ์เครื่องมือจากการใช้กรด ส่วนเทคโนโลยีการย่อยด้วยเอนไซม์นั้นปัญหาสำคัญคือราคาของเอ็นไซม์ที่สูงมากในปัจจุบัน สำหรับเทคโนโลยีการหมักน้ำตาลเพื่อผลิตเอทานอลนั้นเป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้งานอยู่แล้วในปัจจุบัน แต่ปัญหาสำคัญของการหมักน้ำตาลที่ได้จากการย่อยชีวมวลเพื่อผลิตเอทานอล คือ น้ำตาลที่ได้จากการย่อยชีวมวลเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) และ 6 อะตอม (C6) ซึ่งสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังไม่สามารถผลิตเอทานอลจากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) และ 6 อะตอม (C6) ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ในส่วนของการผลิตแอลกอฮอล์ตัวอื่นจากชีวมวล ได้แก่ เมทานอลและบิวทานอลนั้นในปัจจุบันยังไม่มีการผลิตและใช้งานในระดับเชิงพาณิชย์ เนื่องจากปัญหาทางเทคนิคและความคุ้มทุนในการผลิต สำหรับกรณีเมทานอล ซึ่งต้องอาศัยทั้งกระบวนการ Gasification กระบวนการ Syngas Upgrading และกระบวนการ Syngas Conversion to Methanol รวมถึงปัญหาการพัฒนาสายพันธุ์ของยีสต์และจุลินทรีย์ที่ดีสำหรับกรณีการผลิตบิวทานอล

นอกเหนือจากปัญหาเชิงลึกทางเทคนิคดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ปัญหาและอุปสรรคสำคัญอื่นๆ ของการผลิตแอลกอฮอล์จากชีวมวล ได้แก่ เทคโนโลยีการผลิตเอทานอลจากชีวมวลติดลิขสิทธิ์ และ/หรือจำเป็นต้องนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศทำให้การเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพถูกจำกัดไป อีกทั้งยังพบปัญหาของการขาดบุคลากรที่มีความชำนาญในแต่ละเทคโนโลยีการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญเหล่านี้ไม่มีการรวมตัวกันเป็นกลุ่มอย่างเป็นองค์กร แต่กระจายตัวในสถาบันการศึกษา หรือองค์กรเอกชน ทำให้การผลิตเอทานอลจากเซลลูโลสขาดการบูรณาการอย่างเป็นรูปธรรม นอกจากนี้ยังพบปัญหาของการจัดการชีวมวลซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเหลว อันเนื่องมาจากการขนส่งและการจัดเก็บ เพราะชีวมวลมีน้ำหนักเบาทำให้เปลืองพื้นที่ในการขนส่งและจัดเก็บ และยังเกิดปัญหาของเชื้อรา การเน่าและผุง่าย เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น และพบอีกว่าเกิดการแข่งขันของชีวมวลไปใช้เป็นเชื้อเพลิงประเภทอื่น เนื่องจากมีค่าความร้อนที่สูงกว่าจึงถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงอื่นๆ ในภาคอุตสาหกรรม

### 3.3.2 เทคโนโลยีการผลิต Drop-in Fuel

ในปัจจุบันวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพสังเคราะห์ (Bio-hydrogenated Diesel: BHD) คือ น้ำมันพืช เช่น น้ำมันปาล์ม ทำให้เกิดปัญหาการแก่งแย่งวัตถุดิบกับอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากนั้นในส่วนของกระบวนการผลิต จำเป็นต้องพิจารณาถึงแหล่งที่มาของก๊าซไฮโดรเจนที่ต้องใช้ในกระบวนการ อีกทั้งเทคโนโลยีในกระบวนการผลิต BHD ติดลิขสิทธิ์และต้องนำเข้าจากต่างประเทศทำให้ต้นทุนในการลงทุนสูงสำหรับการผลิต BHD ในเชิงพาณิชย์

ในส่วนของกระบวนการผลิต Biomass-to-Liquid (BTL) นั้นสามารถผลิตได้จาก 2 กระบวนการคือ กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น/ฟิชเชอร์โทรป และกระบวนการไพโรไซิส ปัญหาของกระบวนการฟิชเชอร์โทรป คือ จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เมื่อมีกำลังการผลิตสูงมากเท่านั้น เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในกระบวนการผลิตมีราคาสูง (ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมสำหรับผลิต Gas-to-Liquids (GTL) จากก๊าซธรรมชาติมากกว่า) รวมถึงก๊าซสังเคราะห์ (Syngas) ที่ได้จากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นของชีวมวลจะมีอัตราส่วนของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ต่อก๊าซไฮโดรเจนไม่แน่นอนและไม่เหมาะสมสำหรับกระบวนการฟิชเชอร์โทรป จึงจำเป็นต้องทำการ Upgrade ก๊าซสังเคราะห์ก่อน ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตให้สูงขึ้น สำหรับการผลิต BTL จากกระบวนการไพโรไลซิสก็ยังมีข้อจำกัดเรื่องคุณภาพของน้ำมันที่ผลิตได้ซึ่งยังไม่เหมาะสมในการนำไปใช้งานโดยตรงในภาคการขนส่ง โดยจำเป็นต้องทำการ Upgrade ก่อนด้วยกระบวนการ Hydroprocessing ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตให้สูงขึ้น

## 3.4 มาตรการ/แนวทางการแก้ไข

### 3.4.1 เทคโนโลยีการผลิตแอลกอฮอล์จากชีวมวล

1) ปัญหาด้านเทคนิคเรื่องการปรับสภาพชีวมวล (Pretreatment) ด้วยกระบวนการใช้สารเคมีควรมีการพัฒนากระบวนการหมุนเวียนนำสารเคมีกลับมาใช้ใหม่ในการปรับสภาพชีวมวล และลดการใช้สารเคมีลงให้น้อยที่สุด สำหรับกระบวนการปรับสภาพชีวมวลในลักษณะที่ใช้การระเบิดของไอน้ำ โดยมุ่งเน้นการออกแบบระบบการปรับสภาพชีวมวลให้มีประสิทธิภาพและมีการใช้พลังงานน้อยที่สุด รวมถึงหาแนวทางการลดปริมาณ และบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการอย่างมีประสิทธิภาพ

2) ปัญหาด้านเทคนิคเรื่องกระบวนการย่อย (Hydrolysis) ด้วยการใช้กรด ควรพัฒนากระบวนการย่อยที่ลดปริมาณการใช้กรดลงให้น้อยที่สุด รวมถึงหาแนวทางการบูรณาการการย่อยด้วยกรดร่วมกับการย่อยด้วยเอ็นไซม์ เพื่อให้สามารถลดปริมาณการใช้เอ็นไซม์ที่ราคาสูง นอกจากนั้น ควรพัฒนากระบวนการผลิตเอนไซม์สำหรับย่อยเซลลูโลสโดยการพัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์ในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสที่มีประสิทธิภาพการย่อยมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ลดปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยชีวมวลได้มากขึ้น ลดต้นทุนในการย่อยชีวมวล และสามารถลดปัญหาเอนไซม์ราคาแพงได้

3) ปัญหาของการหมักเอทานอลที่ทำให้ได้ผลผลิตของเอทานอลต่ำ เนื่องจากขาดเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ และอาจเกิดการกลายพันธุ์ของยีสต์เนื่องจากการหมักที่ใช้เวลานานหรือหมักอย่างต่อเนื่อง สามารถแก้ไขได้โดยการพัฒนาระบบและสภาวะการหมักให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ควบคู่กับการพัฒนาสายพันธุ์ของยีสต์หรือจุลินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพสูง ทนความเป็นพิษสูง สามารถผลิตเอนไซม์ได้เองมากขึ้น รวมทั้งพัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์ชนิดพิเศษที่สามารถเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 6 อะตอม (C6) ให้เป็นเอทานอลได้ ซึ่งจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการย่อยและการหมัก ทำให้ได้ปริมาณของเอทานอลมากขึ้น

4) อุปสรรคเรื่องการติดลิขสิทธิ์ หรือต้องนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศนั้น สามารถแก้ไขได้โดยส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือด้านการวิจัยของภาครัฐกับภาคอุตสาหกรรมภายใต้แนวคิดในการลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ หรือมีทางเลือกให้กับอุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีภายในประเทศ เช่น อาจลดหย่อนเงื่อนไข ลดหย่อนภาษี เพื่อเป็นการจูงใจให้ภาคอุตสาหกรรมใช้เทคโนโลยีภายในประเทศและเกิดการส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีอย่าง

ต่อเนื่อง

5) อุปสรรคของการเพิ่มขนาดการผลิต (Up Scaling) ของเซลลูโลสิกเอทานอลนั้น ภาคอุตสาหกรรมหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิต รวมทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตให้มีประสิทธิภาพ ทั้งในระบบการผลิตแบบสาธิต และการผลิตในโรงงานนำร่อง

6) ปัญหาของการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ผ่านกระบวนการ Gasification/Alcohol Synthesis ที่ยังไม่มีการใช้งานจริงสำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม โดยส่วนมากเป็นผลงานวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ สามารถแก้ปัญหาได้โดยการพัฒนากระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นและตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ในลักษณะโรงงานต้นแบบ และผลักดันให้เกิดการดำเนินการในเชิงพาณิชย์

7) อุปสรรคในด้านของการขาดบุคลากรที่มีความชำนาญ สามารถแก้ปัญหาได้โดยสนับสนุนทุนวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทานอลยุคที่ 2 ในทุกด้านของเทคโนโลยี รวมทั้งจัดอบรมให้กับผู้ปฏิบัติงาน โดยการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผู้เชี่ยวชาญ ขณะที่ปัญหาของการผู้เชี่ยวชาญที่ไม่มีการรวมกลุ่มกันอย่างเป็นรูปธรรมนั้น แก้ไขได้โดยจัดตั้งกลุ่ม หรือองค์กรที่รับให้คำปรึกษาด้าน Biorefinery โดยรวบรวมนักวิจัยและผู้เชี่ยวชาญมาร่วมกันทำงานอย่างจริงจัง

8) ปัญหาด้านการจัดการชีวมวล ทั้งในเรื่องของการขนส่ง การจัดเก็บ เนื่องจากชีวมวลเกิดการเน่า เกิดเชื้อรา ผุพังง่าย อีกทั้งยังมีน้ำหนักเบานั้น สามารถแก้ไขได้โดยการพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวชีวมวล เช่น การเก็บเกี่ยว การควบคุมความชื้นด้วยการตากแห้ง การรวบรวมเพื่อการขนส่งที่สะดวกและมีประสิทธิภาพ

9) ปัญหาของการแข่งขันของชีวมวลไปใช้เป็นเชื้อเพลิงประเภทอื่น เนื่องจากมีค่าความร้อนที่สูงกว่า และอาจถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงอื่นๆ ในภาคอุตสาหกรรม สามารถแก้ไขได้โดยทำการศึกษาและประเมินความคุ้มค่าของชีวมวลแต่ละประเภทก่อนนำไปผลิตเป็นเอทานอล หรือเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ เพื่อให้เกิดการใช้ชีวมวลในการผลิตพลังงานที่คุ้มค่า

### 3.4.2 เทคโนโลยีการผลิต Drop-in Fuel

1) ปัญหาเรื่องวัตถุดิบในกระบวนการผลิต Bio-Hydrogenated Diedel (BHD) ที่ส่วนใหญ่ได้จากน้ำมันพืช เช่น น้ำมันปาล์ม ทำให้เกิดปัญหาการแก่งแย่งกับอุตสาหกรรมอาหารนั้น ควรแก้ไขโดยหาแนวทางการใช้วัตถุดิบอื่นที่ไม่ใช่พืชอาหารเพื่อผลิต Bio-Hydrogenated Diedel (BHD) เช่น กรดไขมันอิสระจากแหล่งอื่น หรือน้ำมันเหลือทิ้งจากการประกอบอาหาร

2) ปัญหาเรื่องแหล่งที่มาของก๊าซไฮโดรเจนที่ต้องใช้ในกระบวนการ Bio-Hydrogenated Diedel (BHD) สามารถแก้ไขโดยการพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ หรือหาแหล่งก๊าซไฮโดรเจนที่ราคาถูกมาใช้

3) อุปสรรคเรื่องการติดลิขสิทธิ์ หรือต้องนำเข้าเทคโนโลยี Bio-Hydrogenated Diedel (BHD) จากต่างประเทศนั้นสามารถแก้ไขได้โดยส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือด้านการวิจัยของภาครัฐกับภาคอุตสาหกรรมภายใต้แนวคิดในการลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ หรือในกรณีที่จะนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศควรสร้างมาตรการให้เกิดการร่วมทุนกับเจ้าของเทคโนโลยีเพื่อนำเทคโนโลยีมาใช้ หรือจูงใจให้บริษัทต่างประเทศที่ร่วมทุนกับบริษัทในประเทศถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยการลดภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT)

4) ในกรณีการผลิต Biomass-to-Liquid (BTL) ควรศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ในการนำเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น/ฟิชเชอร์โทรป หรือไพโรไลซิสมาใช้ในประเทศไทย รวมถึงทำวิจัยและพัฒนากระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น/ฟิชเชอร์โทรป และไพโรไลซิสทั้งในส่วนของตัวเร่งปฏิกิริยา และการออกแบบระบบให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับเครื่องต้นแบบ

## 3.5 ลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง

### 3.5.1 เทคโนโลยีการผลิตแอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส

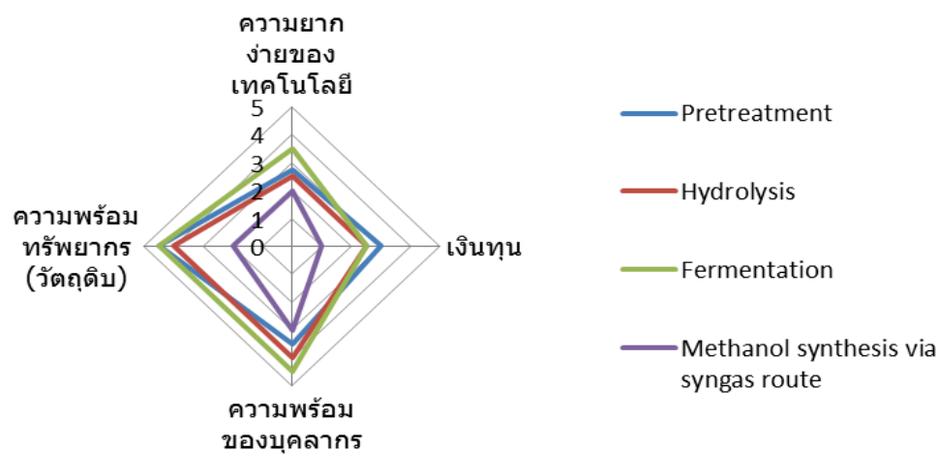
ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีการผลิตแอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส โดยพิจารณาถึงปัจจัย 4 ด้าน ได้แก่ ความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากรและความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบ พบว่า เมื่อพิจารณาในส่วนของขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบหรือการปรับสภาพ (Pretreatment) ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกเพื่อทำลายโครงสร้างที่แข็งแรงของวัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลส เพื่อให้สามารถย่อยเซลลูโลสได้ง่ายขึ้น วิธีการเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบหรือการปรับสภาพ สามารถทำได้ทั้งวิธีทางเคมีและวิธีทางกายภาพ โดยการใช้กรดหรือด่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ การระเบิดด้วยไอน้ำ (Steam Explosion) หรือน้ำภายใต้สภาวะแรงดัน (Pressurized Water) ซึ่งวิธีที่นิยมใช้โดยทั่วไป ได้แก่ วิธีการใช้สารเคมี เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายกว่าการระเบิดด้วยไอน้ำหรือน้ำภายใต้สภาวะแรงดัน แต่ข้อเสียของวิธีการใช้สารเคมี คือ จะมีค่าใช้จ่ายในเรื่องการบำบัดน้ำทิ้ง ดังนั้น

เมื่อมองในภาพรวมเกี่ยวกับการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีการผลิตแอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส ในส่วนของขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบหรือการปรับสภาพ พบว่าขั้นตอนนี้มีความพร้อมในด้านทรัพยากร (วัตถุดิบ) ที่ใช้ เนื่องจากมีการใช้สารเคมีพื้นฐานที่หาได้ง่าย เช่น กรด ด่าง หรือน้ำ และมีความพร้อมด้านบุคลากรในการใช้งาน แต่ยังมีปัญหาด้านเงินทุนที่สูง เนื่องจากขั้นตอนนี้มีการใช้สารเคมีซึ่งมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนอุปกรณ์ ทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและการบำบัดน้ำเสีย มากกว่านั้นถ้าใช้เทคนิคการระเบิดด้วยไอน้ำหรือน้ำภายใต้สภาวะแรงดัน จะต้องใช้เตาปฏิกรณ์ที่ทนต่ออุณหภูมิและความดันที่สูง ในส่วนของความยากง่ายของเทคโนโลยีนั้น ถ้าเป็นการเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบโดยใช้สารเคมี จัดว่าเป็นเทคโนโลยีที่ไม่มีความซับซ้อนมาก แต่เมื่อพิจารณากรณีที่เป็นการระเบิดด้วยไอน้ำหรือน้ำภายใต้สภาวะแรงดัน พบว่าเทคโนโลยีจะมีความซับซ้อนมากขึ้น ดังนั้นความยากง่ายของเทคโนโลยีจึงถือว่าอยู่ในระดับกลาง ซึ่งแสดงข้อมูลดังรูปที่ 3.2 เส้นสีน้ำเงิน

ในส่วนของขั้นตอนที่ 2 ได้แก่ ขั้นการย่อยสลาย (Hydrolysis) เพื่อผลิตน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ขั้นตอนนี้สามารถทำได้ 2 วิธี คือการย่อยสลายโดยใช้กรดและการย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์ การย่อยสลายด้วยกรดจะใช้กรดเจือจางภายใต้อุณหภูมิและความดัน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรดเจือจาง จะต้องนำไปทำปฏิกิริยาสะเทินก่อนกระบวนการหมัก ทำให้เกิดความยุ่งยากและมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ขณะที่เป็นการใช้เอนไซม์ในการย่อยสลายจะต้องใช้เอนไซม์หลายชนิด เนื่องจากเอนไซม์นั้นมีความจำเพาะเจาะจงในการทำปฏิกิริยาสูง ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาต้องอยู่ภายใต้สภาวะที่ไม่รุนแรง ซึ่งเมื่อพิจารณาเทคโนโลยีในขั้นตอนการย่อยสลาย พบว่า ประเทศไทยค่อนข้างมีความพร้อมทางด้านวัตถุดิบและบุคลากร แต่ประเด็นเรื่องเงินลงทุนและความยากง่ายของเทคโนโลยียังเป็นปัญหา เนื่องจากการใช้กรดในรูปของสารละลาย ยังคงมีข้อจำกัดด้านการหมุนเวียนกรดกลับมาใช้ใหม่ ขณะที่การย่อยด้วยเอนไซม์ยังคงมีปัญหาเรื่องราคาที่ค่อนข้างสูง ซึ่งจะเห็นได้จากรูปที่ 3.2 เส้นสีแดง

ขั้นตอนถัดมา คือขั้นตอนการหมัก (Fermentation) ซึ่งเป็นการย่อยสลายน้ำตาลโดยจุลินทรีย์ (เช่น ยีสต์) ทำให้ได้เป็นเอทานอล ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic Condition) หากแบ่งด้วยเกณฑ์คร่าวๆ สามารถแบ่งเทคโนโลยีการหมักออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ (1) การหมักแบบไม่ต่อเนื่องหรือเรียกการหมักแบบกะ (Batch Fermentation) (2) การหมักแบบต่อเนื่อง (Continuous Fermentation) และ (3) การหมักแบบกึ่งกะ (Fed-Batch Fermentation) โดยวิธีการหมักแบบกะเป็นวิธีที่นิยมใช้ เนื่องจากมีค่าติดตั้งอุปกรณ์ถูกกว่าแบบต่อเนื่องหรือกึ่งกะ ไม่จำเป็นต้องฆ่าเชื้อในถังหมักอย่างสมบูรณ์ ไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการควบคุมเครื่องมือระหว่างทำงาน การลงทุนต่ำ ง่ายต่อการเก็บรักษาวัตถุดิบ และสามารถใช้กับการหมักที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันได้ ตลอดจนโอกาสที่การหมักจะติดเชื้อต่ำอีกด้วย ส่วนข้อเสียก็คือความถี่ในการฆ่าเชื้อในถังจะมีผลเสียต่อเครื่องมือที่ใช้วัด ค่าใช้จ่ายในการเตรียมหัวเชื้อสูง และมีโอกาสเสี่ยงสูงในการกลายพันธุ์ของเชื้อที่ใช้หมักได้ เมื่อพิจารณาปัจจัยทั้ง 4 ด้านเพื่อประเมินเทคโนโลยีในการหมัก พบว่าความพร้อมของบุคลากร และเทคโนโลยีค่อนข้างสูง เนื่องจากหมักแบบกะซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ทำได้ง่าย และมีเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพขายในเชิงพาณิชย์แล้ว หากแต่ยังติดที่มีราคาที่ค่อนข้างสูง

การผลิตเมทานอลส่วนมากจะผลิตขึ้นจากการแปรรูปก๊าซสังเคราะห์ (Methanol Synthesis via Syngas Route) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการย่อยๆ ถึง 3 ขั้นตอน ได้แก่ การผลิตก๊าซสังเคราะห์ (Syngas) โดยใช้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นก่อน จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการ Syngas Upgrading แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยน Syngas ไปเป็นเมทานอล ซึ่งปัจจุบันการผลิตเมทานอลยังไม่มีการผลิตและการใช้ในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากติดปัญหาด้านเทคโนโลยีการผลิตและความคุ้มทุนในการผลิตเป็นประเด็นสำคัญ



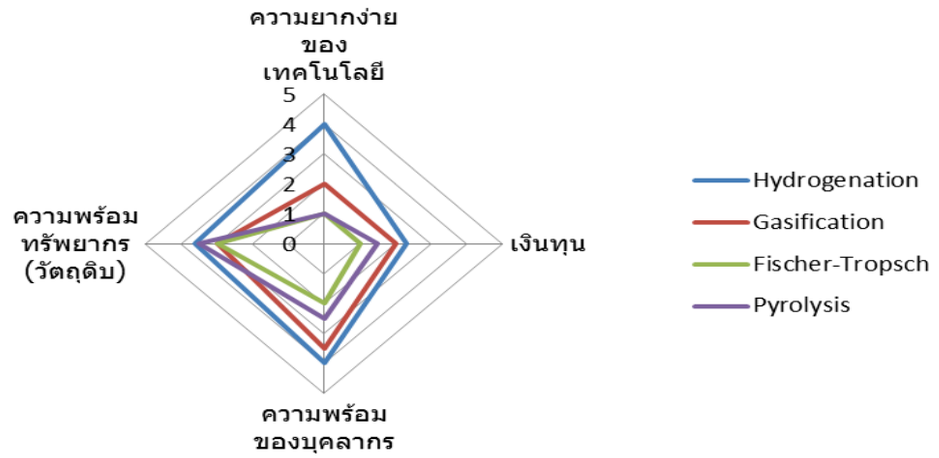

รูปที่ 3.2 ปัจจัยด้านความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบ กรณีการผลิตแอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส

### 3.5.2 เทคโนโลยีการผลิต Drop-in Fuel

ในส่วนการผลิตน้ำมันชีวภาพสังเคราะห์ หรือ BHD นั้น ปัญหาประเด็นเรื่องความพร้อมของทรัพยากรด้านวัตถุดิบ ด้านการเงินการลงทุน และเทคโนโลยี ยังคงเป็นประเด็นปัญหาหลัก เนื่องจากวัตถุดิบในกระบวนการผลิต BHD ที่ส่วนใหญ่ได้ผลิตโดยใช้น้ำมันพืช การผลิตและการจัดหาก๊าซไฮโดรเจนเพื่อใช้ในระบบยังไม่เพียงพอและราคาแพง ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้มีราคาแพง และกระบวนการผลิต BHD ที่ติดลิขสิทธิ์ยังเป็นประเด็นที่ต้องพัฒนา

กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น คือกระบวนการเปลี่ยนองค์ประกอบของชีวมวลของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสถานะก๊าซเรียกว่าก๊าซสังเคราะห์ จากนั้นก๊าซสังเคราะห์ที่ได้จะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการฟิชเชอร์โทรป เพื่อแปลงสภาพเป็นชื้อเพลิงเหลวในสุด สำหรับปัญหาของในส่วนของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น คือประเด็นด้านวัตถุดิบที่กระจัดกระจายทำให้เกิดต้นทุนในขั้นตอนการขนส่ง มีความหลากหลายของวัตถุดิบส่งผลให้ ก๊าซสังเคราะห์ที่ได้จากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น มีอัตราส่วนของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ต่อก๊าซไฮโดรเจนไม่แน่นอน ส่งผลในแง่ของเทคโนโลยีในการผลิต ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการนำเข้าสู่กระบวนการฟิชเชอร์โทรป ดังนั้นจึงต้องมีการเพิ่มขั้นตอนการ Upgrade ก๊าซสังเคราะห์ก่อน ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตให้สูงขึ้นด้วย ส่วนปัญหาหลักของกระบวนการฟิชเชอร์โทรป คือประเด็นด้านเงินลงทุนและความยากของเทคโนโลยี เนื่องจากระบบนี้จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ก็ต่อเมื่อมีกำลังการผลิตสูงมากเท่านั้น เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในกระบวนการผลิตมีราคาแพง ในด้านกระบวนการไพโรไลซิส ซึ่งเป็นกระบวนการแปลงสภาพชีวมวลให้เป็นเชื้อเพลิงเหลว ที่เรียกว่า น้ำมันชีวภาพ หรือไบโอออยล์ (Bio-Oil) แล้วนำเข้าสู่กระบวนการ Upgrading ก่อนนั้น ยังคงติดปัญหาทางด้านเทคโนโลยีและเงินทุนเป็นประเด็นหลัก

กล่าวโดยสรุป พบว่าเทคโนโลยีในการผลิต Drop-in Fuel ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการ Hydrogenation เพื่อผลิต BHD กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น กระบวนการฟิชเชอร์โทรป และกระบวนการไพโรไลซิส ยังคงเป็นเทคโนโลยีที่ยังคงต้องพัฒนาและอาจยังไม่พร้อมใช้สำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน เนื่องจากยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประเด็น ไม่ว่าจะเป็นประเด็นเรื่องเทคโนโลยีหรือทางเทคนิคการผลิต เรื่องการลงทุนที่ค่อนข้างสูง เรื่องความยังไม่พร้อมของวัตถุดิบและบุคลากร




รูปที่ 3.3 ปัจจัยด้านความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากร ด้านวัตถุดิบ กรณีการผลิต Drop-in Fuel

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเทคโนโลยีการผลิตแอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส

| เทคโนโลยี | พัฒนาเองในประเทศ | นำเข้าจากต่างประเทศ | ระดับการพัฒนา | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Research | Pilot | Demonstration | Demonstrative Research | ระดมทุนสร้างโรงงานนำร่อง |
| 1. Pretreatment | ✓ | * | ระยะสั้น | | ระยะกลาง | | ระยะยาว |
| 2. Hydrolysis | ✓ | ** | ระยะสั้น | | ระยะกลาง | | ระยะยาว |
| 3. Fermentation | ✓ | *** | ระยะสั้น | | ระยะกลาง | | ระยะยาว |
| 4. Methanol Synthesis via Syngas Route | | ✓ | ระยะสั้น | ระยะกลาง | | | |

* ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการ Scaling-Up กระบวนการไปสู่การผลิตแบบสาธิต และการผลิตในโรงงานนำร่อง

** ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในเรื่อง Enzyme Development and Production

*** ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในเรื่องการออกแบบและสร้างระบบ Fermenter แบบ High Solid Loading รวมถึงการพัฒนาทักษะให้กับผู้ปฏิบัติงาน

ตารางที่ 3.2 กิจกรรมการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเทคโนโลยีการผลิต Drop-in Fuel

| เทคโนโลยี | พัฒนาเองในประเทศ | นำเข้าจากต่างประเทศ | ระดับการพัฒนา | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Research | Pilot | Demonstration | Demonstrative Research | ระดมทุนสร้างโรงงานนำร่อง |
| 1. Bio-Hydrogenated Diesel (BHD) | ✓ | * | ระยะสั้น | | ระยะกลาง | | ระยะยาว |
| 2. Gasification | ✓ | ** | ระยะสั้น | | ระยะกลาง | | ระยะยาว |
| 3. Fischer-Tropsch | ✓ | *** | ระยะสั้น | ระยะกลาง | | | |
| 4. Pyrolysis | ✓ | **** | ระยะสั้น | | ระยะกลาง | ระยะยาว | |

* ต้องการสร้างกลไกความร่วมมือหรือการร่วมทุนระหว่างองค์กรหรือหน่วยงานต่างประเทศ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการผลิต BHD ในระดับโรงงานนำร่อง

** ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในเรื่อง Tar Minimization

*** ต้องการสร้างกลไกความร่วมมือหรือการร่วมทุนระหว่างองค์กรหรือหน่วยงานต่างประเทศ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการผลิต BTL ในระดับต้นแบบอุตสาหกรรม

**** ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในเรื่อง Bio-Oil Upgrading

ตารางที่ 3.1 และ 3.2 ได้สรุปกิจกรรมการพัฒนาเทคโนโลยี ซึ่งจะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีความสามารถผลิตไบโอเอทานอลในระดับอุตสาหกรรม และใช้วัตถุดิบประเภทแป้งและกากน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวัตถุดิบจำพวกลิกโนเซลลูโลส ซึ่งมีศักยภาพสูงและได้รับความสนใจทั่วโลกนั้น ยังไม่มีการใช้จริงในเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย เนื่องจากยังเป็นเทคโนโลยีที่มีการลงทุนสูง แต่ในปัจจุบันประเทศไทยมีโครงการนำร่องเกี่ยวกับการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบรุ่นที่ 2 โดยบริษัทไทยรุ่งเรืองพลังงาน จำกัด ซึ่งอยู่ในกลุ่มของบริษัทน้ำตาลไทยรุ่งเรือง จำกัด เป็นโรงงานนำร่องแห่งแรกของประเทศไทย โดยนำเข้าเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลจากเซลลูโลสในกากอ้อย ซึ่งเป็นการร่วมมือและสนับสนุนด้านเทคโนโลยี เครื่องจักรและอุปกรณ์จากรัฐบาลญี่ปุ่น ปัจจุบันมีกำลังการผลิต 120,000 ลิตรต่อวัน และมีแผนที่จะขยายกำลังการผลิตเป็น 400,000 ลิตรต่อวัน ในอนาคต[3] ในส่วนของ Drop-in Fuel ปัจจุบัน ประเทศไทยมีการขายน้ำมันดีเซลชีวภาพสังเคราะห์แล้ว แต่ยังใช้รุ่นที่ 1 น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ร้อยละ 100 เป็นวัตถุดิบ ทำให้มีราคาแพงกว่าน้ำมันดีเซลปกติ ขณะที่การผลิตเชื้อเพลิงเหลวผ่านกระบวนการ BTL ยังอยู่ในขั้นตอนของการศึกษาและพัฒนาเท่านั้น

กล่าวโดยสรุป จากผลการศึกษาการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี พบว่าประเทศไทยมีความพร้อมด้านศักยภาพของชีวมวลที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels) โดยปัจจุบัน ได้มีการทำงานร่วมกันระหว่างสถาบันวิจัยต่างๆ หน่วยงานภาครัฐ และเอกชน ทั้งภายในและภายนอกประเทศ เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง แต่ทั้งหมดยังคงเป็นงานวิจัยที่อยู่ในระดับห้องปฏิบัติการ หรือระดับ Pilot Plant เล็กๆ อยู่ ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้มีความสำคัญ และควรเร่งพัฒนาเพื่อให้เกิดพลังงานทดแทนใหม่เพื่อใช้ในประเทศ อีกทั้งช่วยผลักดันให้เกิดการสร้างธุรกิจใหม่ด้านพลังงานเชื้อเพลิง

[3] www.trrsugar.com/group_ethanol.asp

## 3.6 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี (Technology Action Plan : TAP)

จากผลการวิจัยได้แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูงในระดับระยะสั้น (3 ปี) ระยะกลาง (5 ปี) และระยะยาว (10 ปี) ดังนี้

### 3.6.1 กลุ่มเชื้อเพลิงประเภทแอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส

**แผนระยะสั้น (3 ปี)**

1) พัฒนาเทคโนโลยีการปรับสภาพชีวมวลให้มีประสิทธิภาพเชิงพลังงานสูงขึ้น รวมถึงสามารถหมุนเวียนสารเคมีกลับมาใช้และใช้สารเคมีให้น้อยที่สุด (ในกรณีของการปรับสภาพด้วยสารเคมี) และศึกษาแนวทางการขยายขนาดระบบการปรับสภาพชีวมวลในระดับต้นแบบ (Prototype) เพื่อผลักดันเทคโนโลยีการปรับสภาพชีวมวลที่มีประสิทธิภาพสู่กระบวนการผลิตจริงในระดับอุตสาหกรรม

**เป้าหมาย** เทคโนโลยีการปรับสภาพชีวมวลในระดับต้นแบบอุตสาหกรรมที่มีต้นทุนต่ำและมีประสิทธิภาพสูงในการแยกองค์ประกอบของชีวมวล (เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน) ให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้เต็มรูปแบบ

2) พัฒนาการกระบวนการย่อยชีวมวลซึ่งควบรวมการใช้กรดกับเอนไซม์ รวมถึงพัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ที่มีคุณภาพสูง

**เป้าหมาย** เทคโนโลยีการย่อยชีวมวลในระดับต้นแบบอุตสาหกรรมที่สามารถผลิตน้ำตาลราคาถูกจากวัสดุชีวมวล

3) พัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์เพื่อใช้ในการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) และ 6 อะตอม (C6) ที่ได้จากการย่อยชีวมวล

**เป้าหมาย** เทคโนโลยีการหมักน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) และ 6 อะตอม (C6) ที่ได้จากการย่อยชีวมวลในระดับต้นแบบอุตสาหกรรม

4) พัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตเซลลูโลสิก เอทานอล เช่น ลิกนิน หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากชีวมวลอย่างเต็มรูปแบบ และลดต้นทุนการผลิตเอทานอลจากชีวมวล

**เป้าหมาย** เทคโนโลยีการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตเซลลูโลสิกเอทานอล ในระดับต้นแบบอุตสาหกรรม

5) ส่งเสริมทุนวิจัยร่วมระหว่างภาครัฐกับภาคเอกชนด้านการผลิตเอทานอลจากวัสดุชีวมวล

**เป้าหมาย** เกิดความร่วมมือด้านการวิจัยระยะยาวในลักษณะชุดโครงการแบบบูรณาการ (Program-Based Collaboration) ระหว่างภาครัฐกับภาคเอกชนด้านการผลิตเอทานอลจากวัสดุชีวมวล

6) สร้างความร่วมมือระหว่างองค์กร หรือหน่วยงานต่างประเทศ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ด้านเทคโนโลยีการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์

**เป้าหมาย** เกิดความร่วมมือด้านการวิจัยและการแลกเปลี่ยนความรู้ด้านเทคโนโลยีการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ระหว่างประเทศไทยกับหน่วยงานต่างประเทศ

7) ขยายขนาดโรงงานต้นแบบการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ที่พัฒนาขึ้นเองภายในประเทศ เพื่อสะสม Engineering Know-How สำหรับการต่อยอดใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์

**เป้าหมาย** องค์ความรู้เรื่องด้านการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ที่สามารถต่อยอดใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

8) จัดสรรทุนวิจัยและทุนการศึกษา เพื่อผลิตกำลังคนระดับสูงด้านเทคโนโลยีการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์

**เป้าหมาย** ผลิตกำลังคนระดับสูงด้านเทคโนโลยีการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ที่มีศักยภาพในการทำวิจัยและทำงานในภาครัฐและภาคอุตสาหกรรม

9) สร้างความร่วมมือระหว่างองค์กรทั้งในและต่างประเทศเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และพัฒนาทักษะให้กับผู้ปฏิบัติงาน

**เป้าหมาย** เกิดความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความรู้เชิงลึก รวมถึงทักษะที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ระหว่างประเทศไทยกับหน่วยงานต่างประเทศ

10) จัดทำข้อมูลพื้นฐานของชีวมวลในประเทศ เช่น องค์ประกอบทางเคมี ค่าความร้อน และความคุ้มค่าในการเลือกใช้ชีวมวลเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ เป็นต้น เพื่อใช้ในการประกอบการพิจารณาการเลือกใช้ชีวมวลเป็นวัตถุดิบให้เหมาะสม

**เป้าหมาย** ทราบแนวทางการใช้ประโยชน์จากชีวมวลในเกิดประโยชน์สูงสุดแก่ประเทศ

**แผนระยะกลาง (5 ปี)**

1) นำกระบวนการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ที่พัฒนาขึ้นไปต่อยอดใช้ประโยชน์ในระดับอุตสาหกรรม

**เป้าหมาย** เทคโนโลยีการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ที่ประเทศไทยเป็นเจ้าของเทคโนโลยี

2) ส่งเสริมการพัฒนาระบบผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ และเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตเซลลูโลสิกเอทานอล เช่น ลิกนิน หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) ในลักษณะสาธิต หรือโรงงานต้นแบบ

**เป้าหมาย** ระบบต้นแบบการใช้ประโยชน์จากชีวมวลเพื่อผลิตเอทานอล และสารเคมีมูลค่าสูงในลักษณะสาธิตที่หน่วยงานต่างๆ สามารถใช้เพื่อศึกษาและต่อยอดงานวิจัยจากห้องปฏิบัติการสู่การใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม

3) ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์และการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตเซลลูโลสิกเอทานอลที่พัฒนาขึ้นภายในประเทศสู่การใช้งานจริงเชิงพาณิชย์

**เป้าหมาย** เทคโนโลยีการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์และการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตเซลลูโลสิกเอทานอลที่พัฒนาขึ้นภายในประเทศและเกิดการใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์

4) สร้างโรงงานต้นแบบการผลิตเอนไซม์ และการนำเอนไซม์มาใช้ในการย่อยชีวมวลอย่างเป็นระบบ และต่อเนื่อง มีการควบคุมระบบของการย่อยอย่างมีประสิทธิภาพ

**เป้าหมาย** โรงงานต้นแบบการผลิตเอนไซม์ภายในประเทศที่สามารถผลิตเอนไซม์ราคาถูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**แผนระยะยาว (10 ปี)**

1) ถ่ายทอดหรือขายเทคโนโลยีด้านการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์และการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตเซลลูโลสิกเอทานอลที่พัฒนาขึ้นภายในประเทศให้กับประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคอาเซียน

**เป้าหมาย** เพื่อสร้างมูลค่าให้กับเทคโนโลยีด้านการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์และการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตเซลลูโลสิกเอทานอลที่พัฒนาขึ้นภายในประเทศ

2) ส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตเอนไซม์เพื่อใช้ในการย่อยชีวมวลเพื่อผลิตแอลกอฮอล์ให้มากขึ้น เพื่อลดการนำเข้าเอนไซม์ราคาแพง และหาแนวทางการส่งออกเอนไซม์ที่พัฒนาขึ้นไปยังประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคอาเซียน

**เป้าหมาย** ส่งเสริมให้เกิดการผลิตและใช้เอนไซม์สำหรับย่อยชีวมวลในประเทศเพื่อลดต้นทุนการนำเข้าเอนไซม์ราคาแพงจากต่างประเทศ รวมถึงเพิ่มมูลค่าเอนไซม์ที่ผลิตขึ้นภายในประเทศโดยการส่งออกไปยังประเทศอื่นๆ

3) ส่งเสริมการลงทุนของอุตสาหกรรมในการผลิตเอทานอลจากการหมักน้ำตาลที่ได้จากการย่อยชีวมวล ร่วมกับอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลทั้งในและต่างประเทศ

**เป้าหมาย** เพื่อลดต้นทุนและขยายกำลังการผลิตเอทานอลจากชีวมวลให้เกิดการผลิตอย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ

### 3.6.2 กลุ่มเชื้อเพลิง Drop-in Fuel

**แผนระยะสั้น**

1) จัดทำข้อมูลพื้นฐานชนิดของพืชน้ำมันหรือแหล่งพืชน้ำมันที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับประเทศไทย โดยอาศัยข้อมูลศักยภาพในด้านต่างๆ ในการประเมิน เช่น ผลผลิตต่อพื้นที่ อัตราการเจริญเติบโต ต้นทุน การเก็บเกี่ยว การรวบรวม และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้

**เป้าหมาย** แผนพัฒนาและใช้ประโยชน์จากพืชน้ำมันในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงในภาคการขนส่งที่มีความชัดเจน

2) พัฒนากระบวนการผลิต BHD จากวัตถุดิบทางเลือกอื่นๆ ที่ไม่ใช่พืชอาหาร

**เป้าหมาย** ลดการแก่งแย่งวัตถุดิบระหว่างพืชอาหารและพืชพลังงานในระยะยาว

3) พัฒนาโรงงานต้นแบบขนาดเล็ก BHD และ BTL (กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น/ฟิชเชอร์โทรปกระบวนการไพโรไลซีส และกระบวนการ Hydrotreating เพื่อ Upgrade น้ำมันที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส) ที่ใช้เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเองภายในประเทศ เพื่อสะสม Engineering Know-How สำหรับการขยายขนาด

**เป้าหมาย** องค์ความรู้เรื่องกระบวนการผลิต BHD และ BTL ที่ประเทศไทยเป็นเจ้าของเทคโนโลยีและสามารถต่อยอดใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

4) สร้างกลไกความร่วมมือหรือการร่วมทุนระหว่างองค์กรหรือหน่วยงานต่างประเทศ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการผลิต BHD

**เป้าหมาย** เกิดความร่วมมือด้านการวิจัยและการแลกเปลี่ยนความรู้ด้านเทคโนโลยีการผลิต BHD ระหว่างประเทศไทยกับหน่วยงานต่างประเทศ

5) ศึกษาแหล่งก๊าซไฮโดรเจนซึ่งมีราคาต่ำมาใช้ในกระบวนการผลิต BHD และ/หรือ พัฒนากระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนให้มีประสิทธิภาพ ต้นทุนต่ำ และคุ้มทุนในเชิงพาณิชย์

**เป้าหมาย** แนวทางการได้มาซึ่งแหล่งก๊าซไฮโดรเจนสำหรับกระบวนการผลิต BHD ที่เหมาะสมในระดับอุตสาหกรรม

6) ศึกษาและพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการผลิต BHD และ BTL (กระบวนการฟิชเชอร์โทรป และกระบวนการ Hydrotreating เพื่อ Upgrade น้ำมันที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส) ที่มีราคาถูก และสามารถผลิตได้เองในประเทศไทย

**เป้าหมาย** องค์ความรู้เรื่องการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาของประเทศไทยที่สามารถต่อยอดใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

7) ศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของการผลิต BTL (กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น/ฟิชเชอร์โทรป กระบวนการไพโรไลซิส และกระบวนการ Hydrotreating เพื่อ Upgrade น้ำมันที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส) เพื่อใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ของประเทศไทย

**เป้าหมาย** ทราบถึงความเป็นได้ในการใช้ BTL ในเชิงพาณิชย์ของประเทศไทย เพื่อให้สามารถตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีที่จะส่งเสริมได้อย่างถูกต้อง

8) สร้างความร่วมมือระหว่างองค์กรทั้งในและต่างประเทศเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพและแก้ไขปัญหาทางเทคนิคของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น/ฟิชเชอร์โทรป กระบวนการไพโรไลซิส และกระบวนการ Hydrotreating เพื่อ Upgrade น้ำมันที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส

**เป้าหมาย** เกิดความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความรู้เชิงลึก รวมถึงทักษะที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพและแก้ไขปัญหาระหว่างประเทศไทยกับหน่วยงานต่างประเทศ

**แผนระยะกลาง**

1) ส่งเสริมการผลิตและการใช้วัตถุดิบทางเลือกอื่นๆ ที่ไม่ใช่พืชอาหารในการผลิต BHD ในระดับต้นแบบ

**เป้าหมาย** เทคโนโลยีการผลิต BHD จากวัตถุดิบทางเลือกอื่นๆ ที่ไม่ใช่พืชอาหารในระดับต้นแบบอุตสาหกรรม

2) นำกระบวนการผลิต BHD และการผลิตก๊าซไฮโดรเจนที่พัฒนาขึ้นไปต่อยอดใช้ประโยชน์ในระดับอุตสาหกรรม

**เป้าหมาย** เทคโนโลยีการผลิต BHD และการผลิตก๊าซไฮโดรเจนที่ประเทศไทยเป็นเจ้าของเทคโนโลยี

3) สร้างโรงงานต้นแบบการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อรองรับการใช้งานเพื่อผลิต BHD และ BTL ระดับอุตสาหกรรมในอนาคต

**เป้าหมาย** โรงงานต้นแบบการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาภายในประเทศที่สามารถผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาราคาถูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4) ศึกษาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต BHD ด้านการบริหารจัดการ และการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลพลอยได้ในระดับต้นแบบอุตสาหกรรม

**เป้าหมาย** แนวทางที่ดีในการลดต้นทุนการผลิต BHD ด้านการบริหารจัดการ และการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลพลอยได้ในระดับต้นแบบอุตสาหกรรม

**แผนระยะยาว**

1) ออกแบบและสร้างโรงงาน BHD เองในประเทศที่สามารถใช้วัตถุดิบได้อย่างหลากหลาย (วัตถุดิบทางเลือกอื่นๆ ที่ไม่ใช่พืชอาหาร) รวมถึงถ่ายทอดหรือขายเทคโนโลยีด้านกระบวนการผลิต BHD ที่พัฒนาขึ้นภายในประเทศให้กับประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคอาเซียน

**เป้าหมาย** เพื่อสร้างมูลค่าให้กับเทคโนโลยีการผลิต BHD ที่พัฒนาขึ้นภายในประเทศ

2) ส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการผลิต BHD ที่พัฒนาขึ้นเองในประเทศ เพื่อลดการนำเข้าตัวเร่งปฏิกิริยาราคาแพง และหาแนวทางการส่งออกตัวเร่งปฏิกิริยาที่พัฒนาขึ้นไปยังประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคอาเซียน

**เป้าหมาย** ส่งเสริมให้เกิดการผลิตและใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในประเทศเพื่อลดต้นทุนการนำเข้าตัวเร่งปฏิกิริยาราคาแพงจากต่างประเทศ รวมถึงเพิ่มมูลค่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผลิตขึ้นภายในประเทศโดยการส่งออกไปยังประเทศอื่นๆ

ตารางที่ 3.3 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels)
กลุ่มเชื้อเพลิงประเภทแอลกอฮอล์จากลิกโนเซลลูโลส

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ เทคโนโลยีในการปรับสภาพชีวมวล (Pretreatment) มีการใช้สารเคมี (เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น) ในกระบวนการผลิตปริมาณมาก อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากจำเป็นต้องมีระบบในการปรับสภาพน้ำทิ้งจากระบบเพื่อลดความเป็นกรด-เบส และกำจัดสารเคมีเพิ่มขึ้น ส่วนเทคโนโลยีในการปรับสภาพชีวมวลในลักษณะที่ใช้การระเบิดของไอน้ำนั้นมีค่าใช้จ่ายสูงในการลงทุนด้านอุปกรณ์ และการปฏิบัติงาน เนื่องจากเป็นเทคนิคการใช้ไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูง อีกทั้งยังเกิดน้ำเสียขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวในปริมาณที่สูง และจำเป็นต้องมีระบบบำบัด | ■ พัฒนากระบวนการหมุนเวียนนำสารเคมีกลับมาใช้ใหม่ในการปรับสภาพชีวมวล และลดการใช้สารเคมีลงให้น้อยที่สุด และมุ่งเน้นการออกแบบระบบการปรับสภาพชีวมวลในลักษณะที่ใช้การระเบิดของไอน้ำให้มีประสิทธิภาพ และมีการใช้พลังงานน้อยที่สุด รวมถึงหาแนวทางการลดปริมาณ และบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการอย่างมีประสิทธิภาพ | ■ พัฒนาเทคโนโลยีการปรับสภาพชีวมวลให้มีประสิทธิภาพเชิงพลังงานสูงขึ้น รวมถึงสามารถหมุนเวียนสารเคมีกลับมาใช้และใช้สารเคมีให้น้อยที่สุด (ในกรณีของการปรับสภาพด้วยเคมี) และศึกษาแนวทางการออกแบบระบบการปรับสภาพชีวมวลในลักษณะที่ใช้การระเบิดของไอน้ำให้มีประสิทธิภาพ และขยายขนาดระบบการปรับสภาพชีวมวลในระดับต้นแบบ (Prototype) เพื่อผลักดันเทคโนโลยีการปรับสภาพชีวมวลที่มีประสิทธิภาพสู่กระบวนการผลิตจริงในระดับอุตสาหกรรม | | | ■ เทคโนโลยีการปรับสภาพชีวมวลเชิงพาณิชย์ที่มีประสิทธิภาพ และมีความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ | ■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบ (ชีวมวล) อุตสาหกรรมผู้ผลิตเอทานอลและน้ำตาล<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ วช. |
| ■ เทคโนโลยีการย่อย (Hydrolysis) ด้วยการใช้กรดในการย่อยเซลลูโลสต้องอาศัยการใช้สารเคมีในการปรับสภาพและกำจัดค่าความเป็นกรด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ส่วนเทคโนโลยีการย่อยด้วยเอนไซม์มีราคาแพง | ■ พัฒนากระบวนการย่อยที่ลดปริมาณการใช้กรดให้น้อยที่สุด รวมถึงหาแนวทางลดการใช้กรดให้น้อยที่สุด<br>■ พัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์ให้ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสที่มีประสิทธิภาพการย่อยมากขึ้น<br>■ พัฒนากระบวนการผลิตเอนไซม์สำหรับย่อยเซลลูโลสให้ได้ในปริมาณมากขึ้นเพื่อลดปัญหาเอนไซม์ราคาแพง | ■ พัฒนากระบวนการย่อยชีวมวลซึ่งควบรวมการใช้กรดกับเอนไซม์ รวมถึงพัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ที่มีคุณภาพสูง | ■ สร้างโรงงานต้นแบบการผลิตเอนไซม์ และการนำเอนไซม์มาใช้ในการย่อยชีวมวลอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง มีการควบคุมระบบของการย่อยอย่างมีประสิทธิภาพ | ■ ส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตเอนไซม์เพื่อใช้ในการย่อยชีวมวลเพื่อผลิตแอลกอฮอล์ให้มากขึ้น เพื่อลดการนำเข้าเอนไซม์ราคาแพง และหาแนวทางการส่งออกเอนไซม์ที่พัฒนาขึ้นไปยังประเทศ อื่นๆ ในภูมิภาคอาเซียน | ■ เทคโนโลยีการย่อยที่มีประสิทธิภาพและมีความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์<br>■ โรงงานต้นแบบการผลิตเอนไซม์ภายในประเทศที่สามารถผลิตเอนไซม์ราคาถูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ<br>■ เทคโนโลยีการย่อยที่มีประสิทธิภาพและมีความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ | ■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบ (ชีวมวล) อุตสาหกรรมผู้ผลิตเอทานอลและน้ำตาล<br>■ สวทช.<br>■ สวทน.<br>■ สกว.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ วช. |

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ เทคโนโลยีการหมักเอทานอลขาดประสิทธิภาพ ทำให้ได้ผลผลิตของเอทานอลที่ต่ำ เนื่องจากสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังไม่สามารถผลิตเอทานอลจากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 6 อะตอม (C6) ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ | ■ พัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพสูงในการหมักเอทานอล รวมทั้งพัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์ชนิดพิเศษที่สามารถเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 6 อะตอม (C6) ให้เป็นเอทานอลได้ | ■ พัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์เพื่อใช้ในการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 6 อะตอม (C6) ที่ได้จากการย่อยชีวมวล<br><br>■ พัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตเซลลูโลสิกเอทานอล เช่น ลิกนิน หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากชีวมวลอย่างเต็มรูปแบบ และลดต้นทุนการผลิตเอทานอลจากชีวมวล | ■ ส่งเสริมการพัฒนาระบบผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ และเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตเซลลูโลสิกเอทานอล เช่น ลิกนิน หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (C5) ในลักษณะสาธิต หรือโรงงานต้นแบบ<br><br>■ ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์และการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตเซลลูโลสิกเอทานอลที่พัฒนาขึ้นภายในประเทศสู่การใช้งานจริงเชิงพาณิชย์ | ■ ถ่ายทอด หรือขายเทคโนโลยีด้านการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ และการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตเซลลูโลสิกเอทานอลที่พัฒนาขึ้นภายในประเทศให้กับประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคอาเซียน | ■ เทคโนโลยีการย่อยที่มีประสิทธิภาพและมีความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์<br>■ ระบบต้นแบบการใช้ประโยชน์จากชีวมวลเพื่อผลิตเอทานอล และสารเคมีมูลค่าสูงในลักษณะสาธิต | ■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบ (ชีวมวล) อุตสาหกรรมผู้ผลิตเอทานอลและน้ำตาล<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ วช. |

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ องค์ความรู้เรื่องกระบวนการผลิตเอทานอลจากชีวมวลติดลิขสิทธิ์และ/หรือจำเป็นต้องนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ | ■ ส่งเสริมความร่วมมือด้านการวิจัยของภาครัฐเข้ากับภาคอุตสาหกรรมภายใต้แนวคิดในการลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ | ■ ส่งเสริมทุนวิจัยร่วมระหว่างภาครัฐกับภาคเอกชนด้านการผลิตเอทานอลจากวัสดุชีวมวล | ■ นำกระบวนการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ที่พัฒนาขึ้นไปต่อยอดใช้ประโยชน์ในระดับอุตสาหกรรม | ■ ส่งเสริมการลงทุนของอุตสาหกรรมในการผลิตเอทานอลจากการหมักน้ำตาลที่ได้จากการย่อยชีวมวล ร่วมกับอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลทั้งในและต่างประเทศ | ■ เทคโนโลยีการผลิตเอทานอลเชิงพาณิชย์ที่พัฒนาขึ้นเองในประเทศไทย | ■ สวทช.<br>■ สวทน.<br>■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบ (ชีวมวล) อุตสาหกรรมผู้ผลิตเอทานอลและน้ำตาล<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ วช. |
| ■ การผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ยังไม่สามารถเพิ่มขนาดการผลิต (Upscaling) ได้เนื่องจากประเทศไทยขาดองค์ความรู้ | ■ ถ่ายทอดเทคโนโลยีการออกแบบระบบการผลิต และเครื่องมือในการผลิตเอทานอลแบบขั้นสาธิตจากต่างประเทศ | ■ ขยายขนาดโรงงานต้นแบบการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ที่พัฒนาขึ้นเองภายในประเทศ เพื่อสะสม Engineering Know-How สำหรับการต่อยอดใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์ | | | ■ องค์ความรู้เรื่องการขยายขนาดกำลังการผลิต (Upscaling) ระบบการผลิต และเครื่องมือในการผลิตเอทานอลแบบขั้นสาธิต | ■ สกว.<br>■ สวทช.<br>■ สวทน.<br>■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบ (ชีวมวล) อุตสาหกรรมผู้ผลิตเอทานอลและน้ำตาล<br>■ สนพ. |

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ ขาดบุคลากรที่มีความชำนาญในแต่ละเทคโนโลยีการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ และบุคลากรที่มีความชำนาญไม่มีการรวมกลุ่มกันอย่างเป็นรูปธรรม | ■ สนับสนุนทุนวิจัยด้านการผลิตเอทานอลยุคที่ 2 ในทุกด้านของเทคโนโลยี<br>■ จัดอบรมให้กับผู้ปฏิบัติงานโดยการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผู้เชี่ยวชาญ<br>■ จัดทำกลุ่มให้คำปรึกษาด้าน Biorefinery รวบรวมนักวิจัยและผู้เชี่ยวชาญมาร่วมงานอย่างจริงจัง | ■ สร้างความร่วมมือระหว่างองค์กร หรือหน่วยงานต่างประเทศ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ด้านเทคโนโลยีการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์<br>■ จัดสรรทุนวิจัยและทุนการศึกษาเพื่อผลิตกำลังคนระดับสูงด้านเทคโนโลยีการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ และจัดตั้งกลุ่มให้คำปรึกษาด้าน Biorefinery ที่รวบรวมนักวิจัยและผู้เชี่ยวชาญมาร่วมงานอย่างจริงจัง<br>■ สร้างความร่วมมือระหว่างองค์กรทั้งในและต่างประเทศเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และพัฒนาทักษะให้กับผู้ปฏิบัติงาน | | | ■ กลุ่มบุคลากรระดับสูงที่มีความชำนาญเรื่องการผลิตเซลลูโลสิกแอลกอฮอล์ | ■ สกอ.<br>■ วช.<br>■ สกว.<br>■ สวทช.<br>■ สวทน.<br>■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบ (ชีวมวล) อุตสาหกรรมผู้ผลิตเอทานอลและน้ำตาล<br>■ สนพ. |
| ■ ปัญหาของการจัดการชีวมวล เช่นการขนส่งและการจัดเก็บ รวมถึงการนำชีวมวลไปใช้เป็นเชื้อเพลิงประเภทอื่น | ■ ศึกษาและประเมินความคุ้มค่าของชีวมวลก่อนนำไปผลิตเป็นเอทานอล | ■ จัดทำข้อมูลพื้นฐานของชีวมวลในประเทศ เช่น องค์ประกอบทางเคมี ค่าความร้อน และความคุ้มค่าในการเลือกใช้ชีวมวลเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ เป็นต้น เพื่อใช้ในการประกอบการพิจารณาการเลือกใช้ชีวมวลเป็นวัตถุดิบให้เหมาะสม | | | ■ ทราบชนิดชีวมวลที่เหมาะสมต่อการแปรสภาพเป็นเอทานอล | ■ สวทน.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบชีวมวล |

ตารางที่ 3.4 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels) และกลุ่มเชื้อเพลิง Drop-in Fuel

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ น้ำมันซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต BHD ส่วนใหญ่ได้จากน้ำมันพืช เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว หรือไขมันสัตว์ทำให้เกิดปัญหาการแย่งชิงกับอุตสาหกรรมอาหาร | ■ หาแนวทางใช้วัตถุดิบอื่นที่ไม่ใช่พืชอาหารเพื่อผลิต BHD เช่น สาหร่าย กรดไขมันอิสระจากแหล่งอื่น หรือน้ำมันเหลือทิ้งจากการประกอบอาหาร | ■ จัดทำข้อมูลพื้นฐานชนิดของพืชน้ำมันหรือแหล่งพืชน้ำมันที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับประเทศไทย โดยอาศัยข้อมูลศักยภาพในด้านต่างๆ ในการประเมิน เช่น ผลผลิตต่อพื้นที่ อัตราการเจริญเติบโต ต้นทุน การเก็บเกี่ยว การรวบรวม และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้<br>■ พัฒนากระบวนการผลิต BHD จากวัตถุดิบทางเลือกอื่นๆ ที่ไม่ใช่พืชอาหาร | ■ ส่งเสริมการผลิตและการใช้วัตถุดิบทางเลือกอื่นๆ ที่ไม่ใช่พืชอาหารในการผลิต BHD ในระดับต้นแบบ | ■ ออกแบบและสร้างโรงงาน BHD เองในประเทศที่สามารถใช้วัตถุดิบได้อย่างหลากหลาย (วัตถุดิบทางเลือกอื่นๆ ที่ไม่ใช่พืชอาหาร) รวมถึงถ่ายทอดหรือขายเทคโนโลยีด้านกระบวนการผลิต BHD ที่พัฒนาขึ้นภายในประเทศให้กับประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคอาเซียน | ■ สามารถใช้วัตถุดิบทางเลือกอื่นๆ ที่ไม่ใช่พืชอาหารในการผลิต BHD ได้ในเชิงพาณิชย์ | ■ สวทน.<br>■ สกอ.<br>■ วช.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบและผู้ผลิตไบโอดีเซล |
| ■ ต้นทุนในการลงทุนของกระบวนการ BHD สูงสำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์ | ■ ศึกษาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต BHD ให้มีความคุ้มทุนในเชิงพาณิชย์ | ■ พัฒนาโรงงานต้นแบบขนาดเล็ก BHD ที่ใช้เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเองภายในประเทศเพื่อสะสม Engineering Know-How สำหรับการขยายขนาด | ■ ศึกษาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต BHD ด้านการบริหารจัดการและการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลพลอยได้ในระดับต้นแบบอุตสาหกรรม<br>■ ขยายขนาดการผลิต BHD และการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเพื่อนำกระบวนการผลิต BHD และก๊าซไฮโดรเจน ที่พัฒนาขึ้นไปต่อยอดใช้ประโยชน์ในระดับอุตสาหกรรม | | ■ กระบวนการผลิต BHD ที่มีความคุ้มทุนในเชิงพาณิชย์ | ■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบและผู้ผลิตไบโอดีเซล<br>■ สวทช.<br>■ วช.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ สกว. |

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ เทคโนโลยีการผลิต BHD ต้องนำเข้าจากต่างประเทศเนื่องจากติดลิขสิทธิ์ | ■ ร่วมทุนกับเจ้าของเทคโนโลยีเพื่อนำเทคโนโลยีมาใช้ หรือจูงใจให้บริษัทต่างประเทศที่ร่วมทุนกับบริษัทในประเทศเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นเองในประเทศ | ■ สร้างกลไกความร่วมมือหรือการร่วมทุนระหว่างองค์กรหรือหน่วยงานต่างประเทศเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการผลิต BHD | | | ■ โรงงานผลิต BHD ที่พัฒนาขึ้นเองด้วยเทคโนโลยีของประเทศไทย | ■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบและผู้ผลิตไบโอดีเซล<br>■ สวทช.<br>■ สวทน.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ วช. |
| ■ แหล่งที่มาของก๊าซไฮโดรเจนที่ต้องใช้ในกระบวนการผลิต BHD | ■ จัดหาก๊าซไฮโดรเจนให้เพียงพอและผลิตได้ภายประเทศ และราคาไม่แพง | ■ ศึกษาแหล่งก๊าซไฮโดรเจนซึ่งมีราคาต่ำมาใช้ในกระบวนการผลิต BHD และ/หรือพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนให้มีประสิทธิภาพ ต้นทุนต่ำ และคุ้มทุนในเชิงพาณิชย์ | | | ■ สามารถสรรหาก๊าซไฮโดรเจนที่มีราคาถูกและพอเพียงต่อการผลิต BHD | ■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบและผู้ผลิตไบโอดีเซล<br>■ สวทช.<br>■ สวทน.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ วช. |

ตารางที่ 3.4 แผนปฏิบัติการเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (Advanced Biofuels) และกลุ่มเชื้อเพลิง Drop-in Fuel

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่สำหรับกระบวนการผลิต BHD และ BTL มีราคาแพง | ■ ศึกษาและพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีราคาถูก คงทน และนำกลับมาใช้ใหม่ได้ | ■ ศึกษาและพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการผลิต BHD และ BTL (กระบวนการ Fischer-Tropsch และกระบวนการ Hydrotreating เพื่อ Upgrade น้ำมันที่ได้จากกระบวนการ Pyrolysis) ที่มีราคาถูก และสามารถผลิตได้เองในประเทศไทย | ■ สร้างโรงงานต้นแบบการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อรองรับการใช้งานเพื่อผลิต BHD และ BTL ระดับอุตสาหกรรมในอนาคต | ■ ส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการผลิต BHD ที่พัฒนาขึ้นเองในประเทศ เพื่อลดการนำเข้าตัวเร่งปฏิกิริยาราคาแพง และหาแนวทางการส่งออกตัวเร่งปฏิกิริยาที่พัฒนาขึ้นไปยังประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคอาเซียน | ■ มีการผลิตและใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่พัฒนาขึ้นเองในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้าตัวเร่งปฏิกิริยาราคาแพงจากต่างประเทศ | ■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบและผู้ผลิตไบโอดีเซล<br>■ สวทช.<br>■ วช.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ สกว. |
| ■ BTL ที่ผลิตจากกระบวนการ Gasification/Fischer-Tropsch Diesel และ Pyrolysis ยังไม่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ | ■ ศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของการผลิต BTL จากแต่ละกระบวนการ | ■ ศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของการผลิต BTL (กระบวนการ Gasification/Fischer-Tropsch กระบวนการ Pyrolysis และกระบวนการ Hydrotreating เพื่อ upgrade น้ำมันที่ได้จากกระบวนการ Pyrolysis) เพื่อใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ของประเทศไทย<br><br>■ สร้างความร่วมมือระหว่างองค์กรทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพและแก้ไขปัญหาทางเทคนิคของกระบวนการ Gasification/Fischer-Tropsch กระบวนการ Pyrolysis และกระบวนการ Hydrotreating เพื่อ Upgrade น้ำมันที่ได้จากกระบวนการ Pyrolysis | | | ■ ทราบถึงความเป็นได้ในการใช้ BTL ในเชิงพาณิชย์ของประเทศไทย เพื่อให้สามารถตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีที่จะส่งเสริมได้อย่างถูกต้อง | ■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบและผู้ผลิตไบโอดีเซล<br>■ สวทช.<br>■ สวทน.<br>■ วช.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ สกว.<br>■ วว. |

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ บุคลากรวิจัยและพัฒนายังมีไม่มากนัก และมีการกระจายตัวของบุคลากรที่มีความรู้ | ■ เร่งพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ เชี่ยวชาญ และสามารถพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีที่มีให้แก่อุตสาหกรรมและชุมชน<br><br>■ สร้างเครือข่ายเพื่อให้บุคลากรสามารถแลกเปลี่ยนความรู้ และทำงานร่วมกัน | ■ จัดสรรทุนวิจัยและทุนการศึกษาเพื่อผลิตกำลังคนระดับสูงด้านเทคโนโลยีการผลิต BHD และ BTL | | | ■ กำลังคนระดับสูงด้านเทคโนโลยีการผลิต BHD และ BTL ที่มีศักยภาพในการทำวิจัยและทำงานในภาครัฐและภาคอุตสาหกรรม | ■ สกอ.<br>■ วช.<br>■ สวทน.<br>■ สนพ.<br>■ พพ.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ อุตสาหกรรมที่เป็นเจ้าของแหล่งวัตถุดิบและผู้ผลิตไบโอดีเซล |

# บทที่ 4 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม (Fuel Combustion in Industrial Sector)

## 4.1 บทนำ

เทคโนโลยีการเผาไหม้ เป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายและได้รับการพัฒนามาอย่างยาวนาน โดยสามารถใช้กับเชื้อเพลิงทั้งในรูปของแข็ง ของเหลวและก๊าซ อุปกรณ์การเผาไหม้ส่วนใหญ่ถูกออกแบบและพัฒนามาให้ใช้กับเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และก๊าซธรรมชาติ (NG)

สำหรับประเทศไทย กว่าร้อยละ 90 ของการใช้พลังงานของประเทศ ใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้ ดังนั้น การใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูงจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานของประเทศ

ปัจจุบันแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเฉพาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ มีแนวโน้มที่ลดลงและมีราคาสูงขึ้น ประกอบกับความตื่นตัวของประชาคมโลกด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสืบเนื่องมาจากการเพิ่มของปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศที่มีสาเหตุสำคัญมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ทำให้ประชาคมโลกพยายามเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน และสนับสนุนการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

แนวโน้มดังกล่าวก่อให้เกิดประเด็นท้าทายสำหรับเทคโนโลยีการเผาไหม้หลักๆ 4 ประการ คือ

1) การพัฒนา และ/หรือ การส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีความก้าวหน้าและมีประสิทธิภาพสูง

2) การดูแลและควบคุมอุปกรณ์การเผาไหม้ให้ทำงานในสภาวะและเงื่อนไขที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

3) วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์การเผาไหม้ต่างๆ ให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนไป เมื่อมีการใช้พลังงานหมุนเวียนเพิ่มมากขึ้น เช่น องค์ประกอบของก๊าซออกซิเจน ($O_2$) และก๊าซไฮโดรเจน ($H_2$) เพิ่มมากขึ้นในเชื้อเพลิงแข็งและเชื้อเพลิงเหลว และองค์ประกอบของก๊าซไฮโดรเจน ($H_2$) เพิ่มมากขึ้น หรือ ค่าความร้อนต่อหน่วยปริมาตรลดลงในเชื้อเพลิงก๊าซ

4) ปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อการถ่ายเทความร้อน เช่น การเกิดสิ่งที่เกาะพอกจากการหลอมละลาย (Slag) หรือ Fouling สำหรับเชื้อเพลิงแข็งบางชนิดและการใช้เชื้อเพลิงผสมเชื้อเพลิงแข็งเป็นเชื้อเพลิงที่ติดไฟยากและมีปัญหาในการจัดการค่อนข้างมาก เช่น ปัญหาในการขนย้าย ปัญหาพื้นที่ในการเก็บ และปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ในการใช้เชื้อเพลิงแข็งโดยทั่วไปแล้ว มักจะทำให้ถูกลดขนาดเป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อให้อัตราการเผาไหม้เป็นไปอย่างรวดเร็ว การเผาไหม้ถือเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อการนำความร้อนไปใช้งานเป็นอย่างมาก เพราะหากเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการถูกทิ้งไปโดยไม่เกิดการเผาไหม้ ดังนั้น เป้าหมายของประสิทธิภาพสูงสุดในส่วนของการเผาไหม้ คือ การใช้เชื้อเพลิงหรือการเผาไหม้เชื้อเพลิงจนหมด

ความร้อน เป็นพลังงานที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่ใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมต่างๆ โดยทั่วไปพลังงานความร้อนจะได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในที่ที่มีออกซิเจนเพียงพอและอุณหภูมิเหมาะสม การนำความร้อนไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ให้เกิดประโยชน์สูงสุดหรือเกิดประสิทธิภาพสูงสุดจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนของการเผาไหม้ และ ส่วนของการนำความร้อนไปใช้งาน [4]

การนำความร้อนไปใช้งานในอุตสาหกรรม ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงสามารถนำไปใช้ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ทางตรง คือ การให้ความร้อนกับเครื่องจักรโดยตรง หรือทางอ้อม คือ มีตัวกลางในการพาความร้อนไปสู่เครื่องจักร เช่น ไอน้ำ น้ำร้อน น้ำมันร้อน อากาศร้อน เป็นต้น ดังนั้น เป้าหมายของประสิทธิภาพสูงสุดในส่วนของการนำความร้อนไปใช้งาน คือ ความสามารถในการใช้ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ได้สูงสุดนั่นเอง

เทคโนโลยีการเผาไหม้ตรง (Direct combustion) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมสูงในช่วงต้นของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล (Biomass Power Plant) การเผาไหม้ชีวมวลแบบสมบูรณ์เป็นปฏิกิริยาเคมีแบบคายความร้อนรูปแบบหนึ่งระหว่างชีวมวลกับก๊าซออกซิเจน โดยเชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้โดยตรงภายในเตาเผา เกิดปฏิกิริยาเผาไหม้ได้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนต่อ เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) การเผาไหม้เป็นวิธีที่ใช้กันมากในการนำเชื้อเพลิงแข็งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการเผาให้ได้ความร้อนเพื่อเอาก๊าซร้อนไปใช้ในกระบวนการผลิต เช่น การอบแห้ง หรือการนำความร้อนที่ได้ไปผลิตไอน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ไอน้ำที่ผลิตได้นี้จะถูกนำไปใช้ขับกังหันไอน้ำเพื่อผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าต่อไป โดยปริมาณไฟฟ้าจะแปรผันตามพลังงานของไอน้ำที่ผลิตได้ เทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงโดยทั่วไปแล้วจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนของเตาเผาและส่วนหม้อไอน้ำ

[4] ประพันธ์ รักษ์ไพเศษ, บทความทั่วไป เรื่อง การเผาไหม้อย่างมีประสิทธิภาพ วารสารโลกพลังงาน ฉบับเดือนตุลาคม-ธันวาคม 2542

### 1. เตาเผา (Furnace)[5]

ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งนั้น เตาเผาถือว่าเป็นหัวใจสำคัญ เพราะการจะนำพลังงานเคมีในเชื้อเพลิงเปลี่ยนมาเป็นพลังงานความร้อนให้ได้มากที่สุดนั้น เตาเผาที่ใช้จะต้องมีประสิทธิภาพที่ดีและเหมาะสมกับการใช้งานกับเชื้อเพลิงในแต่ละประเภท ตัวอย่างระบบการเผาไหม้ของเตาเผามีใช้อยู่ 5 ระบบ ได้แก่

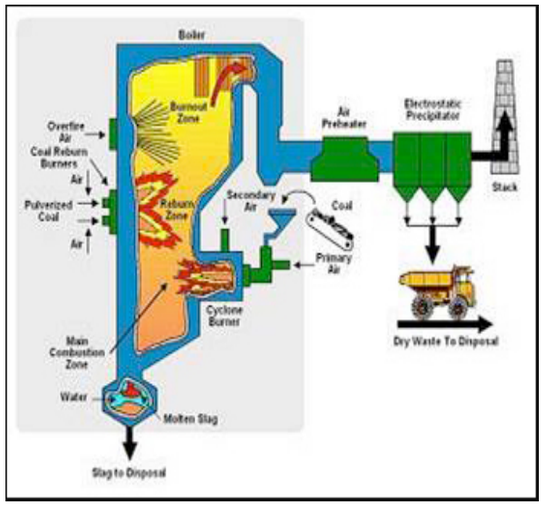
**1.1 ระบบใช้แรงงานคนป้อนเชื้อเพลิง** ระบบนี้อาศัยคนงานที่มีความชำนาญในการกระจายเชื้อเพลิงให้ทั่วสม่ำเสมอบนตะกรับเตาไฟที่ทำจากเหล็กหล่อเป็นตอนๆ อากาศที่ใช้สำหรับเผาไหม้จะถูกส่งจากใต้เตาเหนือตะกรับเตาไฟ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของระบบนี้ค่อนข้างต่ำ

**1.2 ระบบสโตกเกอร์ (Stoker)** เป็นระบบแรกที่มีการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาโดยอาศัยเครื่องกลแทนแรงงานคน ข้อดีของระบบนี้คือ มีราคาถูก และสามารถออกแบบให้ใช้ได้กับเชื้อเพลิงแข็งหลายชนิดแต่ระบบสโตกเกอร์มีขีดความสามารถในการผลิตไอน้ำร้อนในระดับต่ำ ระบบสโตกเกอร์สามารถแบ่งตามลักษณะการป้อนเชื้อเพลิงได้เป็น 2 ชนิด คือ

- ระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านบน (Overfeed Stoker) และ
- ระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง (Underfeed Stoker)

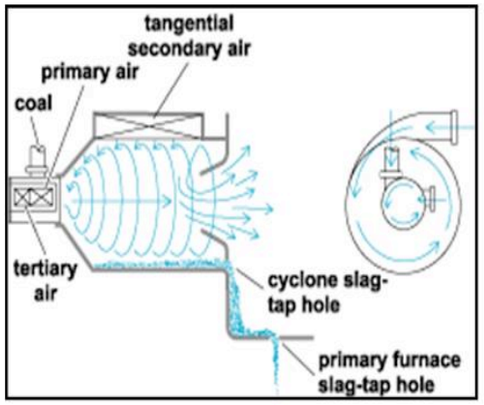
**1.3 ระบบพัลเวอร์ไรซ์ (Pulverised)** การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเตาระบบพัลเวอร์ไรซ์จะเกิดขึ้นในลักษณะที่เชื้อเพลิงแขวนลอยอยู่ ดังนั้นเชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาเผาแบบนี้จะต้องมีขนาดเล็กเพียงพอที่จะแขวนลอยอยู่ในอากาศภายในเตา อากาศส่วนแรกจะถูกอุ่นก่อนส่งเข้าเตา เพื่อใช้ในการอบแห้งเชื้อเพลิงในขณะที่อากาศส่วนที่สองถูกส่งเข้าเตาโดยตรง เพื่อช่วยให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้จะถูกพัดพาออกจากเตาเผาติดมากับก๊าซร้อนที่ได้จากการเผาไหม้

[5] http://www.espthailand.com/article/renewable-energy.html




รูปที่ 4.1 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบพัลเวอร์ไรซ์

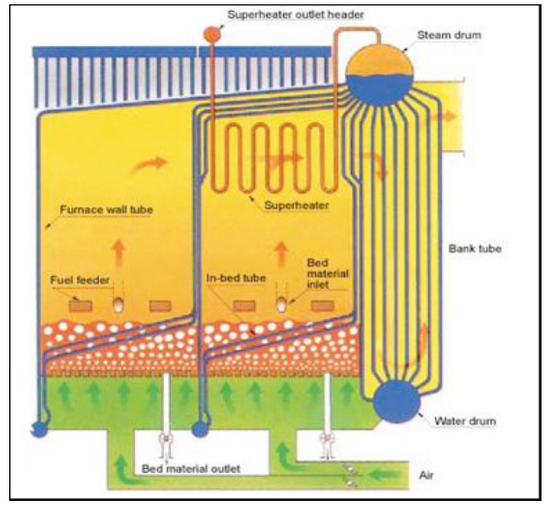
**1.4 ระบบไซโคลน (Cyclone)** เตาเผาระบบไซโคลน เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าเตาเผาโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงเช่นเดียวกับระบบพัลเวอร์ไรซ์ แต่ไม่จำเป็นต้องบดเชื้อเพลิงให้มีขนาดเล็ก ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการบดเชื้อเพลิงลงได้ อุณหภูมิของการเผาไหม้ภายในเตาระบบไซโคลนสูงถึง 1650°C ซึ่งจะทำให้ขี้เถ้าถูกเผาไหม้กลายเป็นขี้โลหะเหลว (Liquid Slag) ได้ประมาณร้อยละ 30-50 และเหลือขี้เถ้าที่ปนออกมากับก๊าซร้อนเพียงร้อยละ 70-50 ขี้โลหะเหลวที่เกิดขึ้นภายในเตาเผาระบบไซโคลนนี้สามารถปล่อยออกทางด้านล่างของเตาเผาได้



รูปที่ 4.2 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบไซโคลน

**1.5 ระบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed)** อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิงและเมื่อเพิ่มค่าความเร็วของอากาศถึงค่าหนึ่งเชื้อเพลิงที่วางอยู่จะลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายของไหล ในตอนเริ่มติดเตานั้นเบดจะได้รับความร้อนจากภายนอกจนอุณหภูมิถึงจุดติดไฟของเชื้อเพลิง หลังจากนั้นเชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าไปอย่างสม่ำเสมอ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นทั่วๆ บริเวณเตา โดยปกติจะใส่สารเฉื่อย (Inert Material) เช่น ทราย หรือสารที่ทำปฏิกิริยา (Reaction Material) เช่น หินปูน (Limestone) หรือตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ซึ่งจะช่วยในด้านการถ่ายเทความร้อนและช่วยกำจัดมลพิษที่อาจเกิดจากการเผาไหม้ภายในเตาระบบฟลูอิดไดซ์เบดนี้

ระบบฟลูอิดไดซ์เบดได้รับความสนใจมากในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถใช้กับเชื้อเพลิงแข็งได้หลากหลาย เพราะอุณหภูมิภายในเตาจะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดทั่วเตาเผา ทำให้อัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงสม่ำเสมอ สามารถเผาเชื้อเพลิงที่มีปริมาณความชื้นสูงได้ดี นอกจากนี้ยังทำให้อุณหภูมิของเปลวไฟคงที่




รูปที่ 4.3 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบฟลูอิดไดซ์เบด

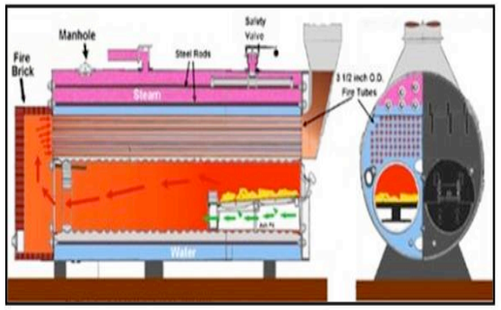
กล่าวโดยสรุป ชนิดของเตาเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของชีวมวลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง เตาเผาระบบสโตกเกอร์มีความเหมาะสมมากสำหรับชีวมวลที่มีขนาดเป็นชิ้นค่อนข้างใหญ่ ในขณะที่ชีวมวลที่เป็นชิ้นเล็กหรือเป็นเมล็ด เช่น ขี้เลื่อย แกลบ มีความเหมาะสมกับเตาเผาระบบฟลูอิดไดซ์เบดหรือไซโคลน เตาเผาระบบสโตกเกอร์นั้นสามารถใช้กับเชื้อเพลิงได้หลายชนิด/ขนาด แต่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภาระต่ำ สำหรับเตาเผาระบบไซโคลนสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภาระสูงกว่าเตาเผาระบบสโตกเกอร์ แต่ต้องการเชื้อเพลิงที่มีความแห้งมาก เตาเผาระบบฟลูอิดไดซ์เบดเป็นระบบค่อนข้างใหม่ มีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเชื้อเพลิง และสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภาระได้เร็ว

## 2. หม้อไอน้ำ (Boiler)

หม้อไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ สำหรับให้ความร้อนในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมหรือเพื่อใช้ขับกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) หรือเครื่องจักรไอน้ำ (Steam Engine) เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานกล หน้าที่หลักของหม้อไอน้ำ คือ การผลิตไอน้ำที่มีความดัน อุณหภูมิ และอัตราการไหลที่กำหนดไว้

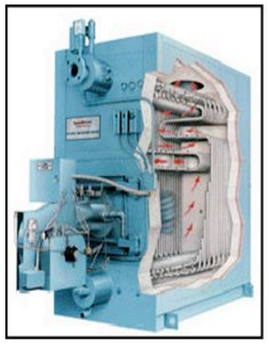
สำหรับชนิดของหม้อไอน้ำ สามารถจำแนกชนิดของหม้อไอน้ำออกเป็นหลายประเภทตามลักษณะโครงสร้างการทำงาน ดังนี้

**2.1. หม้อไอน้ำท่อไฟ** (Fire Tube Boiler) เป็นหม้อไอน้ำที่มีความสามารถในการผลิตไอน้ำได้ไม่มาก เนื่องจากผลิตไอน้ำได้ที่ความดันและอัตราการไหลจำกัด เนื่องจากมีลักษณะโครงสร้างที่เป็นเปลือก (Shell) ทรงกระบอกใหญ่ในแนวนอนหรือแนวตั้ง โดยมีห้องเผาไหม้เป็นรูปทรงกระบอกอยู่ภายในตัวถัง ส่วนผนังของท่อจะทำเป็นล็อกเพื่อรองรับการขยายตัวขณะร้อน และเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างเมื่อรับความดันสูง ห้องเผาไหม้จะอยู่ด้านหน้าของหม้อไอน้ำ ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งเชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และก๊าซ การมีเปลวไฟหรือไอเสียร้อนไหลในท่อ จึงเรียกหม้อไอน้ำชนิดนี้ว่าท่อไฟ หลังจากที่ไอเสียร้อนเคลื่อนที่มาถึงด้านหน้าของหม้อ ถ้าปล่อยออกที่ตำแหน่งนี้ โดยปกติหม้อไอน้ำชนิดนี้จะเรียกว่า ท่อไฟแบบ 2 กลับ (2 Passes) แต่สามารถออกแบบให้ไอเสียเคลื่อนที่ย้อนกลับได้อีกครั้งหนึ่งก่อนออกสู่ปล่อง จะเรียกว่าเป็นท่อไฟ 3 กลับ วัตถุประสงค์ของการเพิ่มจำนวนกลับเพื่อเพิ่มเนื้อที่ผิวถ่ายเทความร้อน ซึ่งจะทำให้การถ่ายเทความร้อนออกจากไอเสียร้อนให้กับน้ำให้ได้มากที่สุด ก่อนไหลออกปล่อง เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของรูปร่างโครงสร้างทำให้หม้อไอน้ำชนิดนี้มีความสามารถในการผลิตไอน้ำได้ไม่เกิน 25 บาร์ ที่อัตราการไหลไม่เกิน 29 ตัน/ชั่วโมง ส่วนใหญ่จะใช้ในการผลิตไอน้ำอิ่มตัวเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตและใช้สอยอย่างอื่น



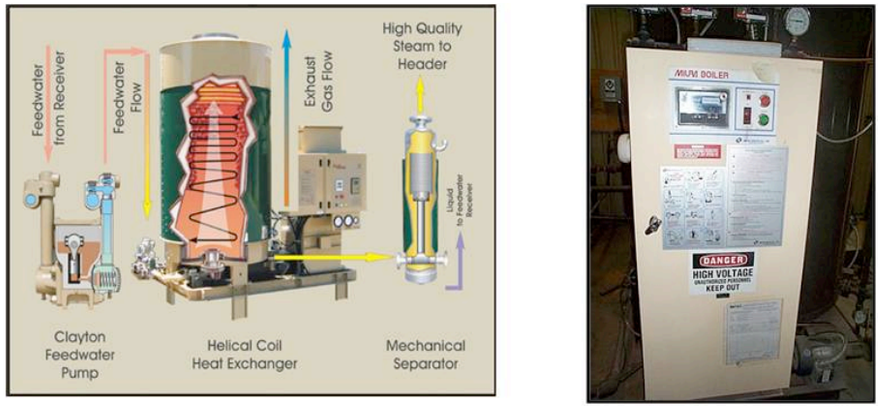
รูปที่ 4.4 หม้อไอน้ำชนิดท่อไฟ

**2.2 หม้อไอน้ำท่อน้ำ** (Water Tube Boiler) ระบบหม้อไอน้ำชนิดนี้ น้ำจะไหลเวียนอยู่ในท่อ ในขณะที่ไอเสียจากการเผาไหม้จะไหลผ่านผิวด้านนอกของท่อต่างๆ เหล่านี้ ทำให้ได้การถ่ายเทความร้อนจากไอเสียมาให้น้ำในท่อ ซึ่งมีการไหลเวียนโดยอาศัยความแตกต่างในค่าความหนาแน่นของน้ำที่ตำแหน่งแตกต่างกัน น้ำในท่อส่วนที่รับความร้อนก็จะลอยตัวสูงขึ้นและน้ำที่เย็นกว่าก็จะไหลมาแทนที่ ทำให้เกิดการไหลเวียนตามธรรมชาติ ในกรณีที่ต้องการไอน้ำที่มีความดันสูง อัตราการไหลสูง ลักษณะการเวียนตามธรรมชาตินี้อาจไม่เพียงพอ จึงจำเป็นต้องใช้ปั๊มช่วย จากลักษณะโครงสร้างที่แสดงดังรูปที่ 4.5 ทำให้สามารถผลิตได้ไอน้ำปริมาณมากๆ ที่ความดันสูงอาจมีค่าถึง 1,800 ตัน/ชั่วโมง ที่ความดันสูงกว่าค่าความดันวิกฤตของน้ำ (>221 บาร์)



รูปที่ 4.5 หม้อไอน้ำชนิดท่อน้ำ

**2.3 หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านครั้งเดียวตลอด** (Once-Through Boiler) หม้อไอน้ำชนิดนี้ไม่มีถังไอน้ำ (Steam Drum) สำหรับบรรจุน้ำและไอน้ำขณะกลายเป็นไอ เหมือนกับหม้อไอน้ำแบบท่อไฟหรือท่อน้ำ แต่จะประกอบด้วยหลายๆ ท่อ เดินขนานกันไปอยู่ในเตาหม้อไอน้ำ ความดันที่ใช้มักสูงกว่าความดันวิกฤตของน้ำ อุณหภูมิไอน้ำที่ได้จะมีค่าประมาณ 600 °C โดยได้รับความร้อนจากเตาโดยวิธีการแผ่รังสีเป็นสำคัญ ขนาดที่ใช้กันทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กถึงขนาดที่ใช้กันในโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่

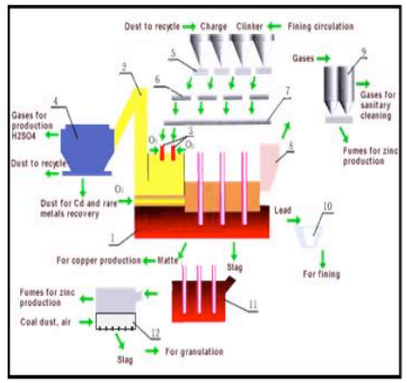






รูปที่ 4.6 หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านครั้งเดียวตลอด

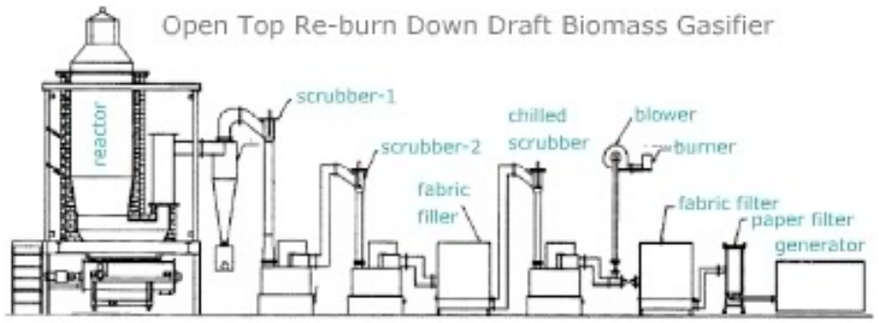
**2.4 หม้อไอน้ำความร้อนทิ้ง** (Waste-Heat Boiler) ความร้อนที่ใช้ผลิตไอน้ำในหม้อไอน้ำชนิดนี้ ได้จากความร้อนทิ้งจากกระบวนการผลิต หรือเครื่องจักรบางอย่าง เช่น ไอเสียจากเตาเผาปูนซีเมนต์ เตาอบเหล็ก เตาเผาเซรามิก เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน และเครื่องกังหันก๊าซ เป็นต้น ความร้อนในไอเสียที่ได้มักจะมีอุณหภูมิสูงที่ได้มักมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 500 - 1,000 °C ซึ่งยังจัดว่ายังมีพลังงานเหลืออยู่ค่อนข้างสูง สามารถนำมาใช้ในการผลิตไอน้ำหรือน้ำร้อนเพื่อใช้ประโยชน์ได้ โดยทำให้ไอเสียดังกล่าวไหลผ่านเข้าไปในหม้อไอน้ำความร้อนทิ้ง ซึ่งโดยลักษณะโครงสร้างของมันสามารถกล่าวได้ว่าเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ (Shell-and-Tube Heat Exchanger) แบบหนึ่งนั่นเอง ทั้งนี้โดยจัดให้ไอเสียร้อนไหลในถังและน้ำไหลในท่อ ในกรณีที่ต้องการเพิ่มพิกัดความสามารถของหม้อ เช่น เพิ่มอัตราการไหลหรือความดัน อาจจะใช้เตาเผาไหม้เชื้อเพลิงเสริมเข้าไปในระบบได้



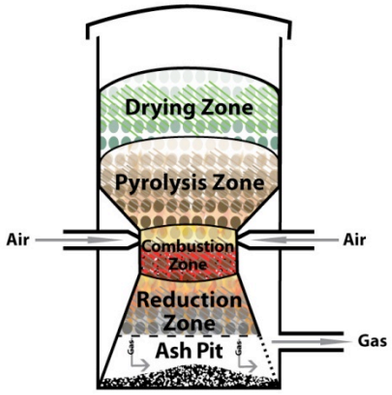
รูปที่ 4.7 หม้อไอน้ำแบบความร้อนทิ้ง

**2.5 แก๊สซิไฟเออร์** (Gasifier) สำหรับการผลิตก๊าซร้อนเพื่อนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าหรือใช้ในการผลิตไอน้ำนั้น ปัจจุบันนี้มีเทคโนโลยีที่เรียกว่า เตาแก๊สซิไฟเออร์ ซึ่งการผลิตก๊าซจะใช้ปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ซึ่งเป็นระบบการเผาไหม้โดยควบคุมอากาศไหลเข้าในปริมาณจำกัด ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะได้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ก๊าซไฮโดรเจน ($H_2$) เป็นหลัก และเกิดก๊าซมีเทน ($CH_4$) เล็กน้อย ก๊าซที่เกิดขึ้นสามารถนำไปให้ความร้อนโดยตรงหรือนำไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตไฟฟ้า ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบนี้มีความหลากหลายอยู่ระหว่างร้อยละ 20-30 ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีการออกแบบและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่นำมาใช้

ระบบแก๊สซิฟิเคชั่นเหมาะกับการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ ข้อด้อยมีประการเดียว คือ มีน้ำมันดิน (TAR) ผสมในก๊าซ เป็นสาเหตุที่เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นไม่เป็นที่แพร่หลายเนื่องจากประสบปัญหาเกี่ยวกับการทำความสะอาดน้ำมันดินในก๊าซที่ผลิตได้ ดังนั้นหากจะนำไปใช้ต้องหาทางกำจัดน้ำมันดินหรือทำให้น้อยลงเพื่อไม่ให้เกิดปัญหากับเครื่องยนต์ สำหรับชีวมวลที่เหมาะสมจะนำเป็นเชื้อเพลิง เช่น แกลบ เศษไม้ที่ย่อยแล้ว กะลาปาล์ม และชานอ้อย เป็นต้น ต้องมีขนาดที่พอเหมาะ ความชื้นไม่ควรเกินร้อยละ 20 หากชีวมวลขนาดเล็กเกินไปจะทำให้อากาศไหลผ่านไม่ได้หรือหากใหญ่เกินไปจะเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมด โดยปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นมาผลิตก๊าซเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตไฟฟ้า โดยใช้เตาผลิตก๊าซชนิดไหลลง (Downdraft Gasification) ซึ่งสามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่มีความสะอาดสูงกว่าแบบอื่นๆ



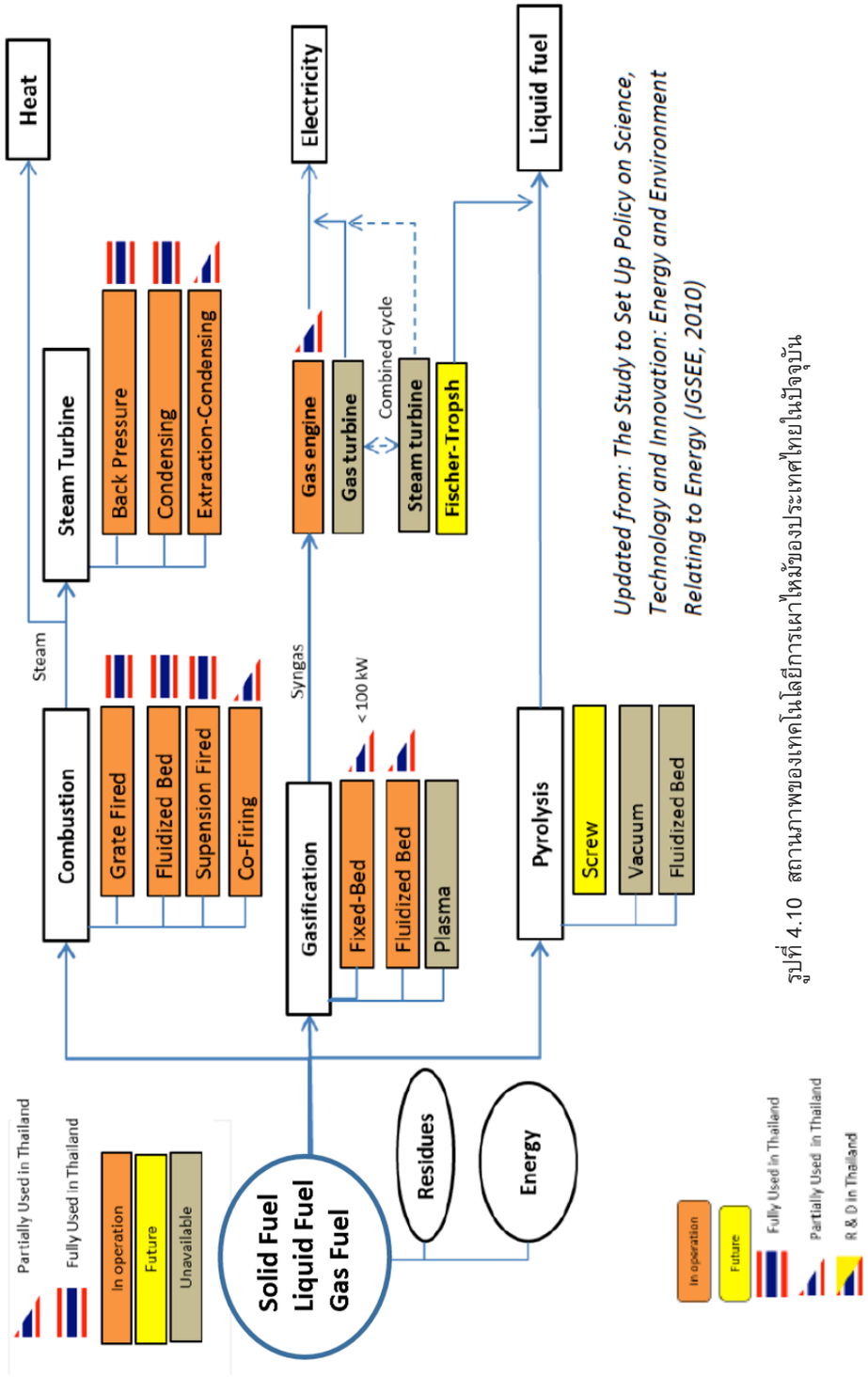

รูปที่ 4.8 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification Biopact)




รูปที่ 4.9 เตา Downdraft Gasifier

6 www.gekgasifier.com

การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม (Fuel Combustion Technology Upgrading in Industry) เป็นหนึ่งในสามของเทคโนโลยีที่นำมาจัดทำแผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีในโครงการนี้ เนื่องจากในปัจจุบันกว่าร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (Final Energy & Combustion) ของประเทศในภาคอุตสาหกรรมเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งในเตาเผาและหม้อไอน้ำค่อนข้างแพร่หลาย ในปัจจุบันหม้อไอน้ำที่มีการใช้ในโรงงานทั้งประเทศมีจำนวนประมาณ 8,816 เครื่อง รวมกำลังการผลิตประมาณ 110,000 ตันไอน้ำต่อชั่วโมง อีกทั้ง ในแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ได้ตั้งเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมไว้ถึงร้อยละ 42 ของพลังงานที่จะต้องประหยัดได้ใน ค.ศ. 2030



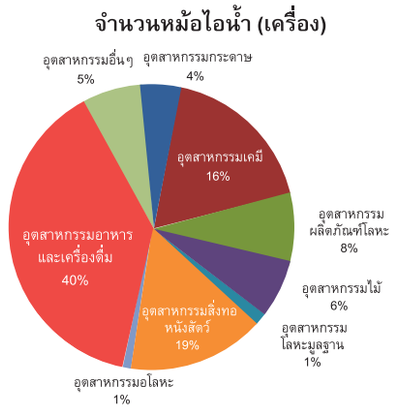

รูปที่ 4.10 สถานภาพของเทคโนโลยีการเผาไหม้ของประเทศไทยในปัจจุบัน

สถานภาพปัจจุบันของเทคโนโลยีการเผาไหม้ในประเทศไทย มีการใช้เทคโนโลยีอย่างแพร่หลายในเชิงพาณิชย์ทั้งในด้านการผลิตไฟฟ้าและความร้อน ยกเว้นเครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Type Extraction-Condensing) ที่ยังไม่แพร่หลายมากนัก [7]

**สถานภาพของหม้อไอน้ำที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย**

จากรายงานโครงการศึกษาจัดทำแผนที่นำทางและศักยภาพในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี ถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) ในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย[8] ระบุว่า หม้อน้ำที่มีการใช้ในโรงงานทั้งประเทศมีจำนวนประมาณ 8,816 เครื่อง รวมกำลังการผลิตประมาณ 110,000 ตันไอน้ำต่อชั่วโมง สำหรับอุตสาหกรรมที่มีการใช้หม้อไอน้ำมากที่สุด คือ อุตสาหกรรมประเภทอาหารและเครื่องดื่ม รองลงมาคือ อุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอ และอันดับที่ 3 คือ อุตสาหกรรมประเภทเคมี มีการใช้หม้อน้ำจำนวน 3,508 เครื่อง 1,713 เครื่อง และ 1,389 เครื่อง ตามลำดับ โดยคิดเป็น ร้อยละ 39.79 ร้อยละ 19.43 และร้อยละ 15.76 ของจำนวนหม้อน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมด

สำหรับประเภทหม้อไอน้ำที่มีการใช้มากที่สุด คือ หม้อไอน้ำประเภทท่อไฟ ประมาณร้อยละ 71.5 ของหม้อไอน้ำทั้งหมด โดยรายละเอียดหม้อไอน้ำจำแนกตามประเภทหม้อไอน้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมแสดงในรูปที่ 4.11




รูปที่ 4.11 จำนวนหม้อไอน้ำและขนาดหม้อไอน้ำจำแนกตามประเภทอุตสาหกรรม

7 บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (JGSEE), รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการขับเคลื่อนนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมพลังงานชีวมวล เพื่อเตรียมความพร้อมต่อการเปิดประชาคมอาเซียน (เทคโนโลยีชีวมวลเพื่อผลิตความร้อนและไฟฟ้า), 2557

8 บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (JGSEE), รายงานโครงการศึกษาจัดทำแผนที่นำทาง และศักยภาพในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) ในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย, 2557

ตารางที่ 4.1 จำนวนหม้อไอน้ำและขนาดหม้อไอน้ำจำแนกตามประเภทของหม้อไอน้ำ

| ประเภทอุตสาหกรรม | ประเภทหม้อไอน้ำ | | | | | | ประเภทหม้อไอน้ำ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ท่อไฟ | | ท่อท่อน้ำ | | ผสม | ผสม | ไฟฟ้า | | No data | | รวม | |
| | จำนวน (เครื่อง) | ขนาด (ตัน/ชม.) | จำนวน (เครื่อง) | ขนาด (ตัน/ชม.) | จำนวน (เครื่อง) | ขนาด (ตัน/ชม.) | จำนวน (เครื่อง) | ขนาด (ตัน/ชม.) | จำนวน (เครื่อง) | ขนาด (ตัน/ชม.) | จำนวน (เครื่อง) | ขนาด (ตัน/ชม.) |
| อุตสาหกรรมกระดาษ | 279 | 2,252.22 | 63 | 2,579.76 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 342 | 4,831.98 |
| อุตสาหกรรมเคมี | 953 | 4,363.47 | 407 | 6,084.31 | 0 | 0.00 | 27 | 11.48 | 2 | 0.37 | 1,389 | 10,459.62 |
| อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ | 222 | 632.10 | 410 | 489.65 | 0 | 0.00 | 33 | 4.67 | 10 | 10.57 | 675 | 1,136.98 |
| อุตสาหกรรมไม้ | 494 | 2,138.23 | 50 | 251.02 | 1 | 1.00 | 1 | 0.31 | 3 | 60.53 | 549 | 2,451.10 |
| อุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน | 52 | 251.88 | 23 | 71.39 | 0 | 0.00 | 1 | 0.49 | 1 | 0.00 | 77 | 323.75 |
| อุตสาหกรรมสิ่งทอ หนังสัตว์ | 1,271 | 6,343.62 | 187 | 617.90 | 0 | 0.00 | 254 | 32.24 | 1 | 0.15 | 1,713 | 6,993.91 |
| อุตสาหกรรมอโลหะ | 59 | 296.52 | 10 | 53.10 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 69 | 349.62 |
| อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม | 2,747 | 13,148.13 | 738 | 24,071.26 | 0 | 0.00 | 10 | 1.02 | 13 | 191.83 | 3,508 | 37,412.24 |
| อุตสาหกรรมอื่นๆ | 228 | 1,588.28 | 254 | 44,213.75 | 0 | 0.00 | 12 | 0.83 | 0 | 0.00 | 494 | 45,802.86 |
| รวม | 6,305 | 31,014.45 | 2,142 | 78,432.14 | 1 | 1.00 | 338 | 51.04 | 30 | 263.45 | 8,816 | 109,762.06 |

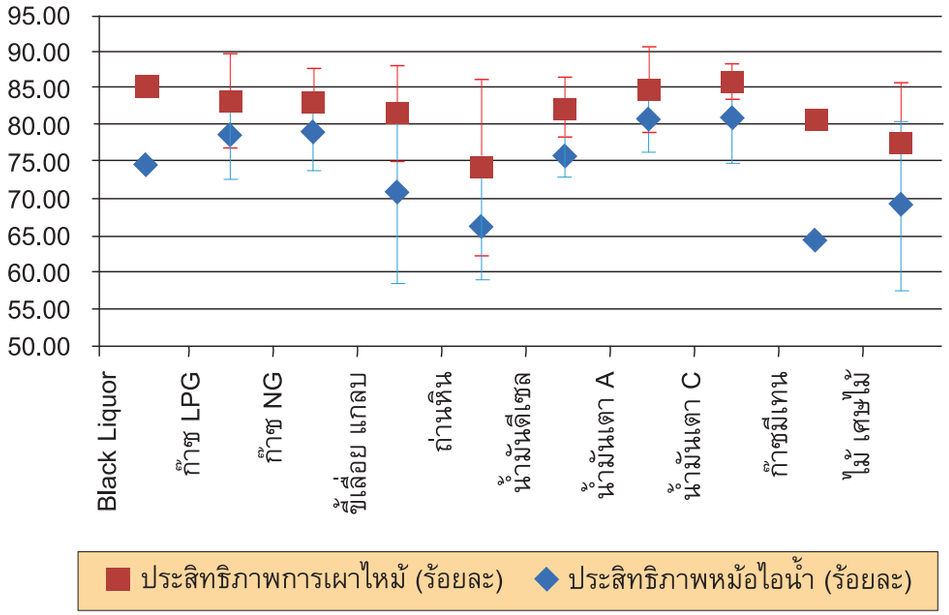
## การจำแนกหม้อไอน้ำตามชนิดเชื้อเพลิง

หม้อไอน้ำที่เข้าร่วมโครงการพัฒนาคุณภาพหม้อไอน้ำในภาคอุตสาหกรรม ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ได้ดำเนินการสำรวจตรวจวัดสถานประกอบการที่ได้รับคัดเลือกให้เข้าร่วมโครงการจำนวน 150 แห่ง จากทุกกลุ่มอุตสาหกรรม โดยสามารถแบ่งได้เป็น 10 กลุ่มชนิดเชื้อเพลิง จากการวิเคราะห์จะได้ผลการประเมินดัชนีการผลิตไอน้ำต่อหน่วยเชื้อเพลิง และต้นทุนค่าไอน้ำ ที่เหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการประเมินการใช้พลังงานในหม้อไอน้ำรวมของประเทศ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์หม้อไอน้ำที่เข้าร่วมโครงการแยกตามชนิดเชื้อเพลิง

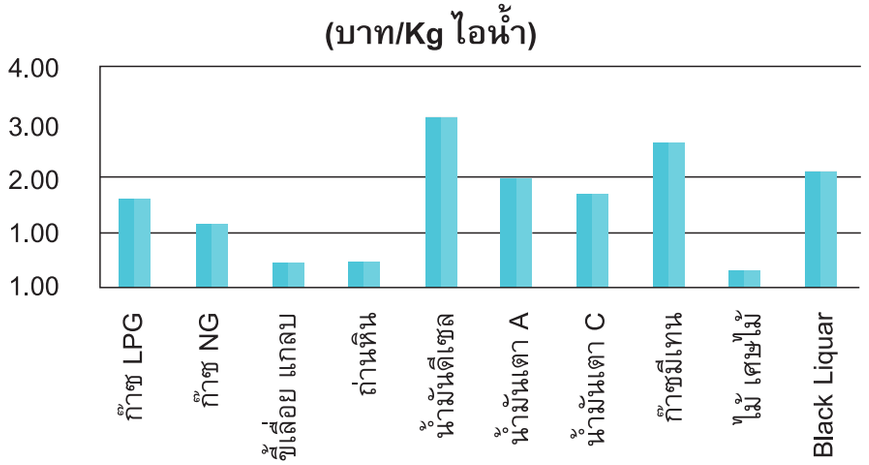
| ลำดับ | ขนาดหม้อน้ำ (ton/h) | จำนวน (เครื่อง) | อัตราการผลิตไอน้ำ (ton/h) | ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (%) | ประสิทธิภาพหม้อน้ำ (%) | ดัชนีการผลิตไอน้ำต่อหน่วยเชื้อเพลิง (kgไอน้ำ / kgเชื้อเพลิง) | ต้นทุนค่าไอน้ำ (บาท/kg ไอน้ำ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ก๊าซ LPG | 43 | 77.14 | 83.30 | 78.45 | 13.97 | 1.59 |
| 2 | ก๊าซธรรมชาติ | 20 | 84.20 | 83.15 | 79.02 | 10.65 | 1.16 |
| 3 | ขี้เลื่อย แกลบ | 8 | 70.25 | 81.62 | 70.52 | 3.32 | 0.40 |
| 4 | ถ่านหิน | 12 | 155.00 | 74.28 | 66.10 | 6.06 | 0.51 |
| 5 | น้ำมันดีเซล | 7 | 36.00 | 82.38 | 76.02 | 10.72 | 3.12 |
| 6 | น้ำมันเตา A | 46 | 216.73 | 84.92 | 80.42 | 11.66 | 2.00 |
| 7 | น้ำมันเตา C | 97 | 553.39 | 85.97 | 80.92 | 12.52 | 1.76 |
| 8 | ก๊าซมีเทน | 1 | 1.35 | 80.90 | 64.25 | 9.90 | 2.63 |
| 9 | ไม้ เศษไม้ | 31 | 205.60 | 77.56 | 69.03 | 4.23 | 0.31 |
| 10 | Black Liquor | 1 | 52.00 | 85.30 | 74.62 | 3.87 | 2.50 |
| | รวม | 266 | 1,454.66 | - | - | - | - |
| | เฉลี่ย | - | - | 83.31 | 77.58 | 10.70 | 1.53 |

จากการวิเคราะห์ พบว่า มีการติดตั้งหม้อไอน้ำจำนวนทั้งสิ้น 266 เครื่อง อัตราการผลิตไอน้ำรวม 1,454.66 ตันต่อชั่วโมง มีขนาดตั้งแต่ 0.25 ตันต่อชั่วโมง ถึง 52 ตันต่อชั่วโมง ประกอบด้วยหม้อไอน้ำไประเภทท่อน้ำและท่อไฟ และมีการใช้เชื้อเพลิงที่หลากหลาย




รูปที่ 4.12 ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่ร่วมโครงการตามชนิดเชื้อเพลิง

จากการวิเคราะห์พบว่าทั้งประสิทธิภาพการเผาไหม้ และประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว และก๊าซอยู่ในเกณฑ์ดี ในขณะที่ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็งค่อนข้างต่ำ แต่ความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพการเผาไหม้และประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ ของหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งจะมีมาก เนื่องจากมีความสูญเสียจากอากาศส่วนเกินและเถ้าที่เกิดขึ้นมากกว่า ในขณะที่ดัชนีการผลิตไอน้ำต่อหน่วยเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงประเภทชีวมวลมีค่าต่ำ เนื่องจากชีวมวลที่นำไปใช้ส่วนใหญ่จะมีค่าความชื้นสูง ทำให้ค่าความร้อนที่ได้ลดลง ในขณะที่ต้นทุนค่าไอน้ำของเชื้อเพลิงชีวมวลมีค่าต่ำเช่นกัน เช่นเดียวกับเชื้อเพลิงเหลวที่มีดัชนีการผลิตไอน้ำและต้นทุนค่าไอน้ำสูงเช่นกัน



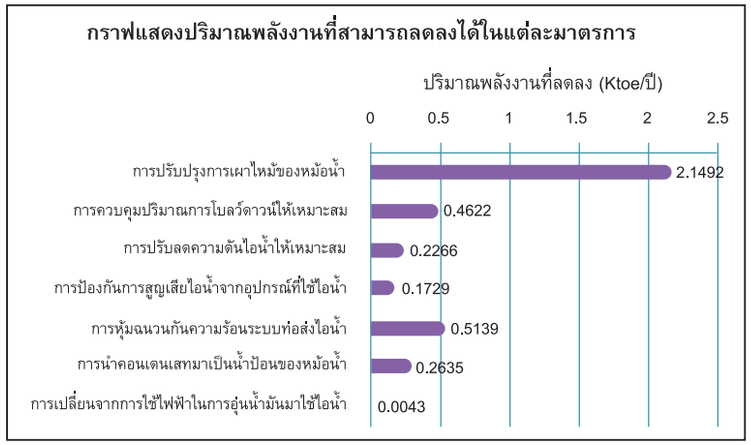

รูปที่ 4.13 ดัชนีการผลิตไอน้ำต่อหน่วยเชื้อเพลิงและต้นทุนค่าไอน้ำของหม้อไอน้ำ
ที่เข้าร่วมโครงการตามชนิดเชื้อเพลิง

**ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในสถานประกอบการ 150 แห่ง**

หม้อไอน้ำที่เข้าร่วมโครงการจำนวน 266 เครื่อง สามารถทำการตรวจวัด และมีศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานได้ 150 เครื่อง โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานของหม้อไอน้ำ

| ลำดับ | ชื่อมาตรการ | จำนวน (เครื่อง) | ผลประหยัด | | เงินลงทุน (บาท/ปี) | ระยะเวลาคืนทุน(ปี) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (ktoe/ปี) | (บาท/ปี) | | |
| 1 | การปรับปรุงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ | 109 | 2.149 | 21,573,206 | 9,324,000 | 0.43 |
| 2 | การควบคุมปริมาณการโบลว์ดาวน์ให้เหมาะสม | 102 | 0.4622 | 9,631,535 | 1,110,000 | 0.12 |
| 3 | การปรับลดความดันไอน้ำให้เหมาะสม | 28 | 0.2266 | 2,576,432 | - | - |
| 4 | การป้องกันการสูญเสียไอน้ำจากอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำและกับดักไอน้ำ | 80 | 0.1729 | 3,028,918 | 1,437,500 | 0.47 |
| 5 | การหุ้มฉนวนกันความร้อนระบบท่อส่งไอน้ำ | 116 | 0.5139 | 5,262,270 | 2,130,630 | 0.40 |
| 6 | การนำคอนเดนเสทมาเป็นน้ำป้อนของหม้อน้ำและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้คอนเดนเสท | 35 | 0.263 | 2,265,862 | 2,124,000 | 0.94 |
| 7 | การเปลี่ยนจากการใช้ไฟฟ้าในการอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงมาใช้ไอน้ำ | 4 | 0.0043 | 102,069 | 115,000 | 1.13 |
| | รวม | | 3.7924 | 44,440,291 | 16,241,130 | 0.37 |




รูปที่ 4.14 ปริมาณพลังงานที่สามารถลดลงได้ในแต่ละมาตรการ

จากผลการประเมินศักยภาพในตารางที่ 4.3 พบว่า หม้อไอน้ำที่เข้าร่วมโครงการ มีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 3.7924 ktoe/ปี คิดเป็นค่าเชื้อเพลิงที่ลดลง 44,440,291 บาท/ปี ในขณะที่ต้องใช้เงินลงทุน 16,241,130 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.37 ปี มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ได้นำเสนอไปทั้ง 7 มาตรการ มีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 1 ปี ในทุกมาตรการ ยกเว้นการใช้ไอน้ำมาอุ่นเชื้อเพลิงแทนไฟฟ้า และมีมาตรการที่ไม่ต้องใช้เงินลงทุน คือ มาตรการลดความดันไอน้ำให้เหมาะสม ซึ่งมีโรงงานประมาณร้อยละ 20 ที่สามารถดำเนินมาตรการนี้ได้ สำหรับมาตรการหุ้มฉนวนกันความร้อนในระบบท่อส่งไอน้ำเป็นมาตรการที่มีสามารถดำเนินการได้มากที่สุดแต่กลับมีศักยภาพในการลดพลังงานไม่มากนัก เมื่อเทียบกับมาตรการปรับปรุงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ ที่สามารถดำเนินการได้มากเป็นอันดับสองแต่มีผลกับการใช้พลังงานมากกว่าถึง 4 เท่า อีกมาตรการหนึ่งซึ่งมีศักยภาพค่อนข้างสูง คือ มาตรการควบคุมปริมาณการโบลว์ดาวน์ให้เหมาะสม เนื่องจากเกือบทุกโรงงานมีศักยภาพในการทำมาตรการนี้ อีกทั้งยังให้ผลประหยัดสูง เมื่อเทียบกับเงินลงทุน

โดยสรุปพบว่าเทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- ด้านการคัดแยกและปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิง (Pretreatment) ทั้งเชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ เช่น การอบแห้ง (Drying) การอัดเม็ด (Pelletizing) การอัดแท่ง (Briquetting) และกระบวนการทอร์รีแฟกชัน (Torrefaction) เป็นต้น
- ด้านเทคโนโลยีเตาเผา (Furnace) และหม้อไอน้ำ (Boiler) เช่น การปรับปรุงประสิทธิภาพเตาเผาและหม้อไอน้ำ ทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เป็นต้น

## 4.3 อุปสรรคและความท้าทายของเทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม

อุปสรรคด้านการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมโดยภาพรวมนั้น ยังขาดองค์กรสนับสนุนทางวิชาการและการวิจัย การพัฒนาและการทดสอบต่างๆ ทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมเป็นไปโดยไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร และมักเกิดปัญหาในการเผาไหม้โดยเฉพาะเมื่อใช้เชื้อเพลิงบางชนิด ได้แก่

- o เชื้อเพลิงแข็ง เช่น ทะลายปาล์มเปล่า ถ่านหินบางชนิด
- o เชื้อเพลิงเหลว เช่น Black Liquor และ
- o เชื้อเพลิงแก๊ส เช่น Biogas

ที่ผ่านมาความพยายามในการแก้ปัญหาของภาคอุตสาหกรรมเป็นแบบทดลองผิดลองถูก (Trial and Error) หรือ หากมีการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัย/สถาบันวิจัย ก็เป็นแบบกระจัดกระจาย ไม่สามารถสะสมองค์ความรู้และพัฒนาองค์ความรู้ได้อย่างต่อเนื่อง อีกทั้ง ยังมีขีดจำกัดด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิจัยอีกด้วย

สำหรับเตาเผาในอุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็กและขนาดกลาง เช่น เตาเผาอิฐ เตาเผาโอ่ง เตาเผาปูนขาว เตาเผาเซรามิก และเตาหลอมโลหะ เป็นต้น ในปัจจุบันพบว่าเตาเผาเหล่านี้ยังมีประสิทธิภาพต่ำ ทำให้สูญเสียเชื้อเพลิงในการใช้งานมาก และยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย นอกจากนี้ ด้านผู้ประกอบการก็เป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาประสิทธิภาพของเตาเผาในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งผู้ประกอบการในปัจจุบัน ยังขาดองค์ความรู้และเงินลงทุนในการปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเตาเผาให้ดียิ่งขึ้น

ด้านหม้อไอน้ำ โดยเฉพาะหม้อไอน้ำความดันต่ำขนาดเล็กและขนาดกลาง ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง พบว่าเตาเผาจำนวนมากยังมีประสิทธิภาพต่ำทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ส่วนหม้อไอน้ำความดันปานกลางถึงความดันสูงนั้น อุตสาหกรรมในประเทศไทย เป็นการผลิตตามแบบภายใต้ชื่อ (Brand) และการออกแบบจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ ยังขาดองค์ความรู้ด้านเทคนิคและการออกแบบเอง

ในการใช้งานหม้อไอน้ำและหัวเผา ยังขาดการดูแลบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม อีกทั้งการควบคุมหม้อไอน้ำก็ยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจาก Operator หรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องขาดองค์ความรู้และขาดเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ที่เหมาะสม เพื่อปรับการเผาไหม้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ ปัญหาการเกิด Fouling และ Slagging จากการใช้เชื้อเพลิงแข็งทั้งถ่านหินและชีวมวลบางประเภทหรือเชื้อเพลิงผสม เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ และการเกิดน้ำมันดิน (TAR) ในการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิง ก็เป็นปัญหาที่สำคัญที่เกิดขึ้นในเทคโนโลยีการเผาไหม้อีกด้วย

การออกแบบหัวเผาในปัจจุบันเน้นการใช้งานกับเชื้อเพลิงเหลว และ/หรือก๊าซธรรมชาติ (LPG/NG) เมื่อนำหัวเผานั้นมาใช้กับก๊าซชีวภาพ (Biogas) จะทำให้มีประสิทธิภาพต่ำ ส่วนหัวเผาแบบ Multi Fuel ที่ใช้ในโรงไฟฟ้า มักเกิดปัญหาการเผาไหม้ที่ไม่เสถียร เมื่อเปลี่ยนจากการใช้เชื้อเพลิงหนึ่งไปเป็นเชื้อเพลิงอื่น เช่น การเปลี่ยนจากก๊าซธรรมชาติเป็นดีเซล เป็นต้น

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว อุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลก็เป็นอีกอุตสาหกรรมหนึ่งซึ่งใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้ โรงงานน้ำตาลส่วนใหญ่ยังใช้หม้อไอน้ำความดันต่ำ ในการผลิตไฟฟ้าซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำ ถึงแม้ว่าจะมีโรงงานน้ำตาลบางโรงงานที่เปลี่ยนไปใช้หม้อไอน้ำความดันสูงบ้างแล้ว แต่ก็ยังมีจำนวนน้อย จึงควรศึกษาเพื่อหามาตรการที่เหมาะสม เพื่อสนับสนุนให้เกิดการผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล

## 4.4 มาตรการ/แนวทางการแก้ไข

การเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมขาดองค์กรสนับสนุนทางวิชาการและการวิจัยพัฒนาและทดสอบ ทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมเป็นไปโดยไม่มีประสิทธิภาพและมักเกิดปัญหาการเผาไหม้เมื่อใช้เชื้อเพลิงบางชนิดทั้งเชื้อเพลิงแข็ง เช่น ทะลายปาล์มเปล่า ถ่านหินบางชนิด เชื้อเพลิงเหลว เช่น Black Liquor และเชื้อเพลิงก๊าซ เช่น Biogas ความพยายามในการแก้ปัญหาเป็นแบบทดลองผิดลองถูก (Trial and Error) ของภาคอุตสาหกรรม หรือ มีการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัย/สถาบันวิจัย ก็เป็นแบบกระจัดกระจาย ไม่สามารถสะสมองค์ความรู้และพัฒนาองค์ความรู้ได้อย่างต่อเนื่องและยังมีขีดจำกัดด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิจัยและพัฒนา

แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิง ในขั้นตอนการเตรียมเชื้อเพลิงควรศึกษาและพัฒนากระบวนการ/อุปกรณ์สำหรับลดความชื้นของเชื้อเพลิงแข็งโดยใช้แสงอาทิตย์หรือ ความร้อนทิ้ง (Waste Heat) อุปกรณ์สับย่อยและการแยกขนาด เครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็ง และอุปกรณ์ในกระบวนการทอร์รีแฟคชั่น เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนากระบวนการให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นและได้เชื้อเพลิงแข็งที่เหมาะสมกับกับการใช้งาน

ด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้ (Combustion Technologies) ควรจัดตั้งศูนย์วิจัยและทดสอบด้านการเผาไหม้ (Combustion Research and Testing Center) อย่างเป็นรูปธรรม เช่น เป็นศูนย์หนึ่งภายใต้ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) โดยเป็นแกนกลางที่มีภารกิจชัดเจน สนับสนุนและเชื่อมโยงกับกลุ่มวิจัยด้านการเผาไหม้ของสถาบันการศึกษาต่างๆ เพื่อให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการแก้ปัญหาของภาคอุตสาหกรรมอย่างเป็นระบบ อีกทั้งควรสนับสนุนให้มีการวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพเตาเผาสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางตลอดจนประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหม้อไอน้ำความดันต่ำขนาดเล็กและขนาดกลางที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการสูญเสียเชื้อเพลิงตลอดจนลดและป้องกันการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ด้านการออกแบบและการผลิต ควรสนับสนุนให้เกิดการเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมการผลิตหม้อไอน้ำความดันปานกลางถึงความดันสูงที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากอุตสาหกรรมในประเทศมีความสามารถในการผลิตตามแบบภายใต้ชื่อ (Brand) และการออกแบบจากต่างประเทศเป็นหลัก ตลอดจนเทคนิคต่างๆ ในการออกแบบและผลิตหม้อไอน้ำและเตาเผาทุกประเภทด้วย ทั้งนี้ อาจขอความร่วมมือจากต่างประเทศ ในส่วนของการถ่ายทอดความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น

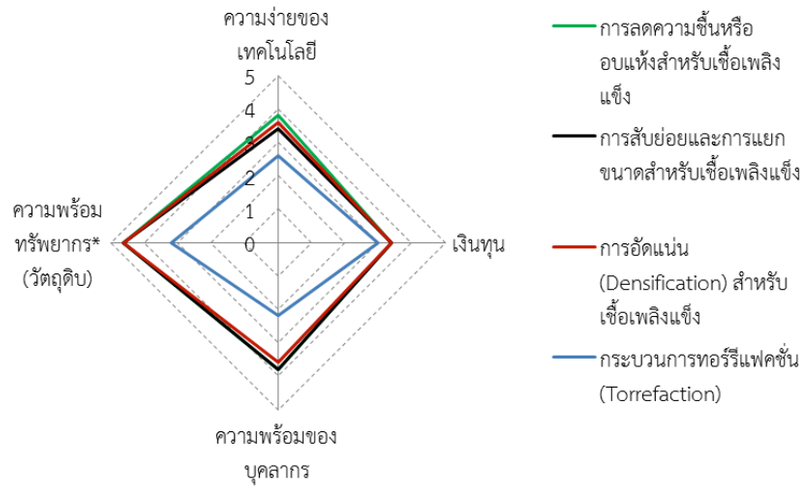
นอกจากนี้ควรสร้างความร่วมมือระหว่างผู้เชี่ยวชาญ องค์กรภาครัฐและภาคเอกชนเพื่อร่วมระดมเงินทุน ตลอดจนสนับสนุนการวิจัย สาธิตและถ่ายทอดเผยแพร่ความรู้ในการเพิ่มประสิทธิภาพเตาเผาและหม้อไอน้ำแก่ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง อีกทั้ง ร่วมกันพัฒนาเครื่องมือตรวจวัด โปรแกรมวิเคราะห์ และเงื่อนไขสำหรับการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดด้วย

## 4.5 ลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม

ปัจจัย 4 ด้าน ที่นำมาจัดลำดับของเทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาค อุตสาหกรรม ได่แก่ ความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากรและความพร้อมของทรัพยากรด้านวัตถุดิบ ผลการจัดกลุ่มเทคโนโลยี 3 กลุ่ม ได้ดังนี้

### 4.5.1 เทคโนโลยีการพัฒนาคุณภาพเชื้อเพลิง

ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีการพัฒนาคุณภาพเชื้อเพลิง (Fuel Upgrading Technologies) เน้นที่เทคโนโลยีสำหรับเชื้อเพลิงแข็งเป็นหลัก เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงแข็งในปัจจุบันยังพบปัญหาและอุปสรรคค่อนข้างมาก เช่น ปัญหาด้านการขนส่งซึ่งเกิดจากความหนาแน่นของเชื้อเพลิง ปัญหาด้านความชื้น และขนาด ซึ่งแตกต่างกันตามชนิดของชีวมวล เป็นต้น จากรูปที่ 4.15 แสดงปัจจัย 4 ด้าน ที่มีผลต่อเทคโนโลยีต่างๆ ประกอบด้วย เทคโนโลยีการลดความชื้นหรืออบแห้งเชื้อเพลิงสำหรับเชื้อเพลิงแข็ง เทคโนโลยีการสับย่อยและการแยกขนาดสำหรับเชื้อเพลิงแข็ง เทคโนโลยีการอัดแน่นเชื้อเพลิงแข็ง (Densification) และกระบวนการทอร์รีแฟคชั่น (Torrefaction) พบว่า เทคโนโลยีการลดความชื้นหรืออบแห้งเชื้อเพลิงสำหรับเชื้อเพลิงแข็ง เทคโนโลยีการสับย่อยและการแยกขนาดสำหรับเชื้อเพลิงแข็ง และเทคโนโลยีการอัดแน่นเชื้อเพลิงแข็ง (Densification) มีความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบมากที่สุด ส่วนปัจจัยด้านเงินทุนของทั้งสามเทคโนโลยีนั้นมีแนวโน้มค่อนข้างใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ยังใช้เงินทุนค่อนข้างสูงในการพัฒนาเทคโนโลยี เพราะเทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการนำเข้าจากต่างประเทศ อย่างไรก็ดี การพัฒนาเทคโนโลยีเหล่านี้มีความพร้อมในด้านบุคลากรค่อนข้างมาก อีกทั้ง ความซับซ้อนของเทคโนโลยีไม่มากนัก จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีหากได้รับการสนับสนุนในการวิจัยและพัฒนาเพื่อขยายสู่ระดับอุตสาหกรรมต่อไป จากผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี เห็นได้ชัดเจนว่ากระบวนการทอร์รีแฟคชั่น (Torrefaction) เป็นเทคโนโลยีที่มีผลการจัดลำดับความสำคัญในปัจจัยด้านต่างๆ ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีอื่นๆ โดยเฉพาะด้านความพร้อมของบุคลากร เนื่องจากเทคโนโลยีนี้ในประเทศไทยยังไม่แพร่หลายและต้องถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ จึงทำให้ผู้เชี่ยวชาญในด้านนี้มีจำนวนจำกัด อีกทั้งการสนับสนุนด้านงานวิจัยก็เป็นแบบกระจัดกระจาย ไม่สามารถสะสมองค์ความรู้และพัฒนาองค์ความรู้ได้อย่างต่อเนื่องอีกด้วย

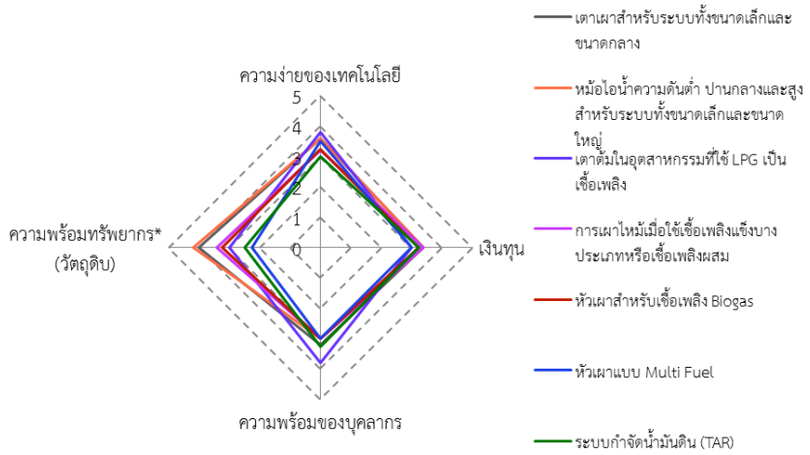



รูปที่ 4.15 ปัจจัยด้านความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบ สำหรับ Fuel Upgrading Technologies

### 4.5.2 เทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิง

การเผาไหม้ในระดับอุตสาหกรรม จะเกี่ยวข้องกับเตาเผาและหม้อไอน้ำ ดังนั้น ผลการจัดลำดับความสำคัญสำหรับเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิง (Fuel Combustion Technologies) จึงประกอบด้วยด้านต่างๆ ดังนี้ 1) เตาเผาในอุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็กและขนาดกลาง เช่น เตาเผาอิฐ เตาเผาโอ่ง เตาเผาปูนขาว เตาเผาเซรามิก และเตาหลอมโลหะ เป็นต้น 2) หม้อไอน้ำความดันต่ำขนาดเล็กและขนาดกลางที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง 3) เตาต้มที่ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง 4) การเผาไหม้ในเชื้อเพลิงแข็งหรือเชื้อเพลิงผสม 5) หัวเผาสำหรับเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ 6) หัวเผาแบบผสมและ 7) ระบบกำจัดน้ำมันดิน (Tar) แสดงดังรูปที่ 4.16 โดยแสดงในรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้ง 4 ด้าน จากผลการจัดลำดับ พบว่า ความพร้อมด้านเงินทุนในการพัฒนาทุกเทคโนโลยีค่อนข้างใกล้เคียงกัน ปัจจัยที่มีความแตกต่างค่อนข้างชัดเจน คือ ปัจจัยด้านความพร้อมของทรัพยากรวัตถุดิบ โดยเทคโนโลยีเกี่ยวกับหม้อไอน้ำความดันต่ำขนาดเล็กและขนาดกลางที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง มีความพร้อมมากที่สุด เนื่องจากหม้อไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมาเป็นระยะเวลานาน จึงทำให้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง สามารถใช้งานกับเชื้อเพลิงได้หลากหลาย เพียงแต่ความสามารถในการผลิตยังคง

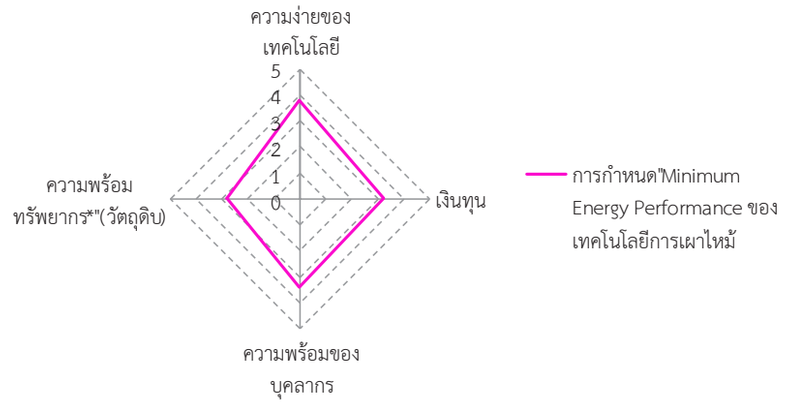
เป็นการผลิตภายใต้ชื่อ (Brand) และการออกแบบจากต่างประเทศ ในขณะที่เทคโนโลยีเกี่ยวกับหัวเผาแบบผสมมีความพร้อมด้านทรัพยากรวัตถุดิบน้อยที่สุด ทั้งนี้ เนื่องจากการออกแบบหัวเผาในปัจจุบันเน้นการใช้งานกับเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ (NG) และก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เมื่อนำหัวเผานั้นมาใช้งานกับก๊าซชีวภาพหรือเชื้อเพลิงผสมจะมีประสิทธิภาพต่ำ อีกทั้งหัวเผาแบบหลายเชื้อเพลิง (Multi Fuel) ที่ใช้ในโรงไฟฟ้า มักเกิดปัญหาการเผาไหม้ที่ไม่เสถียร เมื่อเปลี่ยนจากการใช้เชื้อเพลิงหนึ่งไปเป็นเชื้อเพลิงอื่นอีกด้วย สำหรับปัจจัยด้านความยากง่ายของเทคโนโลยี พบว่า ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีในการกำจัดน้ำมันดิน (TAR) มีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากน้ำมันดิน เกิดจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นในเตาแก๊สซิไฟเออร์ ซึ่งใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง ทำให้ระบบในการจะลด กำจัด หรือดักจับน้ำมันดินที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนั้น มีความซับซ้อน จึงควรมีการวิจัยและพัฒนาเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่สะอาดและลดปริมาณการเกิดน้ำมันดินต่อไป




รูปที่ 4.16 ปัจจัยด้านความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบ สำหรับ Fuel Combustion Technologies

**4.5.3 ระเบียบและมาตรฐาน**

เนื่องจากประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังค่อนข้างต่ำมากและไม่มีการกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำของหม้อไอน้ำที่เหมาะสมกับการใช้งานในระดับอุตสาหกรรม ดังนั้น คณะวิจัยและผู้เชี่ยวชาญจึงเห็นว่าควรมีการกำหนดการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีสำหรับระเบียบและมาตรฐาน (Regulation and Standard) ขึ้น โดยผลการจัดลำดับความสำคัญแสดงดังรูปที่ 4.17 ซึ่งจากผลการให้คะแนนแสดงให้เห็นว่าการกำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ ไม่มีความซับซ้อนมากนักในด้านของความยากง่ายของเทคโนโลยี จึงมีคะแนนค่อนข้างมาก สำหรับความพร้อมด้านบุคลากร เงินทุนและความพร้อมของทรัพยากรวัตถุดิบจัดว่ามีความพร้อมอยู่ในระดับกลาง เนื่องจากยังต้องการการพัฒนาและสร้างความร่วมมือระหว่างภาคอุตสาหกรรมและภาคการศึกษาวิจัย เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีภาคอุตสาหกรรมที่ยั่งยืนมากที่สุด ดังนั้น การศึกษาเพื่อการจัดทำ Benchmarking และการกำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ (Minimum Energy Performance) ของหม้อไอน้ำ เพื่อบังคับใช้มาตรฐานกับภาคอุตสาหกรรมนั้น เป็นสิ่งจำเป็นที่ควรเร่งดำเนินการ




รูปที่ 4.17 ปัจจัยด้านความยากง่ายของเทคโนโลยี เงินทุน ความพร้อมของบุคลากร และความพร้อมทรัพยากรด้านวัตถุดิบ สำหรับระเบียบและมาตรฐาน (Regulation and Standard)

## 4.6 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี (Technology Action Plan: TAP)

### 4.6.1 ด้านการพัฒนาคุณภาพเชื้อเพลิง (Fuel Upgrading Technologies)

**แผนระยะสั้น (3 ปี)**

1) ศึกษาและพัฒนากระบวนการ/อุปกรณ์สำหรับลดความชื้น (Lab, Bench Scale) ของเชื้อเพลิงแข็งโดยใช้แสงอาทิตย์ หรือ ความร้อนทิ้ง (Waste Heat) ในระดับการทดลอง

**เป้าหมาย** ได้ตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อกระบวนการ/อุปกรณ์ลดความชื้นของเชื้อเพลิงแข็งโดยใช้แสงอาทิตย์หรือความร้อนทิ้ง เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนากระบวนการให้ดียิ่งขึ้น

2) ศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์สับย่อยและการแยกขนาดสำหรับเชื้อเพลิงแข็งขนาดทดลอง

**เป้าหมาย** ได้แนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์สับย่อยและการแยกขนาดสำหรับเชื้อเพลิงแข็งที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับเชื้อเพลิงแข็งแต่ละชนิดและการใช้งาน

3) ศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งขนาดทดลอง

**เป้าหมาย** ได้แนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับอัดเชื้อเพลิงแข็งที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับเชื้อเพลิงแข็งแต่ละชนิดและการใช้งาน

4) ศึกษา วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ในกระบวนการทอร์รีแฟคชั่นขนาดทดลอง

**เป้าหมาย** ได้แนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับกระบวนการทอร์รีแฟคชั่นที่มีประสิทธิภาพ

**แผนระยะกลาง (5 ปี)**

1) ขยายขนาดของอุปกรณ์สำหรับลดความชื้นของเชื้อเพลิงแข็งโดยใช้แสงอาทิตย์ หรือความร้อนทิ้ง (Waste Heat) ที่ได้จากการวิจัยและพัฒนา และจัดการสาธิตเผยแพร่สู่การใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม

**เป้าหมาย** ได้ต้นแบบกระบวนการ/อุปกรณ์ลดความชื้นของเชื้อเพลิงแข็งโดยใช้แสงอาทิตย์หรือความร้อนทิ้งที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับเชื้อเพลิงแข็งแต่ละชนิด

2) ขยายขนาดของอุปกรณ์สับย่อยและการแยกขนาดสำหรับเชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากการวิจัยและพัฒนา และจัดการสาธิตเผยแพร่สู่การใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม

**เป้าหมาย** ได้ต้นแบบอุปกรณ์สับย่อยและการแยกขนาดสำหรับเชื้อเพลิงแข็งที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับเชื้อเพลิงแข็งแต่ละชนิดและเหมาะสมกับการใช้งาน

3) ขยายขนาดของเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากการวิจัยและพัฒนา และจัดการสาธิตเผยแพร่สู่การใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม

**เป้าหมาย** ได้ต้นแบบเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับเชื้อเพลิงแข็งแต่ละชนิดและเหมาะสมกับการใช้งาน

4) ขยายขนาดของอุปกรณ์อุปกรณ์สำหรับกระบวนการทอร์รีแฟคชั่นที่ได้จากการวิจัยและพัฒนา และจัดการสาธิตเผยแพร่สู่การใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม

**เป้าหมาย** ได้ต้นแบบอุปกรณ์สำหรับกระบวนการทอร์รีแฟคชั่นที่มีประสิทธิภาพและสามารถเผยแพร่สู่ระดับอุตสาหกรรมได้

### 4.6.2 ด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้ (Combustion Technologies)

**แผนระยะสั้น (3 ปี)**

1) สนับสนุนให้มีการวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพเตาเผาสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง เช่น เตาเผาอิฐ เตาเผาโอ่ง เตาเผาปูนขาว เตาเผาเซรามิก เตาหลอมโลหะและอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการสูญเสียเชื้อเพลิง ตลอดจนลดและป้องกันการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

**เป้าหมาย** ได้แนวทางการพัฒนาประสิทธิภาพเตาเผาสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง อย่างเป็นรูปธรรมและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2) สร้างความร่วมมือระหว่างผู้เชี่ยวชาญ องค์กรภาครัฐและภาคเอกชนเพื่อสาธิต เผยแพร่ความรู้ในการเพิ่มประสิทธิภาพเตาเผาแก่ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องตลอดจนระดมเงินลงทุนในการปรับปรุง/ปรับเปลี่ยน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเตาเผา

**เป้าหมาย** เกิดความร่วมมือและความเข้าใจร่วมกันระหว่างหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนในการเพิ่มประสิทธิภาพเตาเผา

3) วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ โดยเฉพาะหม้อไอน้ำความดันต่ำขนาดเล็กและขนาดกลางที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง

**เป้าหมาย** ได้แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ โดยเฉพาะหม้อไอน้ำความดันต่ำขนาดเล็กและขนาดกลางที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง

4) วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมการผลิตหม้อไอน้ำความดันปานกลางถึงความดันสูงที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากอุตสาหกรรมในประเทศมีความสามารถในการผลิตตามแบบภายใต้ชื่อ (Brand) และการออกแบบจากต่างประเทศเป็นหลัก

**เป้าหมาย** ได้แนวทางการเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมการผลิตหม้อไอน้ำความดันปานกลางถึงความดันสูง

5) วิจัยและพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพหัวเผา ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆที่เกิดจากการใช้หัวเผากับเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

**เป้าหมาย** ได้แนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพหัวเผาและปัญหาต่าง ๆที่เกิดขึ้นจากการใช้งานหัวเผา เพื่อกำหนดแนวทางในการดูแลรักษาหัวเผาต่อไป

6) วิจัยและพัฒนา เครื่องมือตรวจวัด และโปรแกรมวิเคราะห์ เงื่อนไขการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (Monitoring and Optimization Condition) แบบ Real Time สำหรับการควบคุมหม้อไอน้ำอย่างเหมาะสม ตลอดจนเผยแพร่องค์ความรู้แก่เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

**เป้าหมาย** มีเครื่องมือตรวจวัด และโปรแกรมวิเคราะห์ เงื่อนไขการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดแบบ Real Time สำหรับการควบคุมหม้อไอน้ำอย่างเหมาะสม

7) วิจัยและพัฒนาการใช้เตาตัม โดยใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้ในวัสดุพรุนซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเตา LPG ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

**เป้าหมาย** มีต้นแบบเตาตัมในอุตสาหกรรมที่ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูง

8) วิจัยและพัฒนาปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาตลอดจนแนวทางแก้ไข เพื่อแก้ปัญหาการเกิด Fouling และ Slagging จากการใช้เชื้อเพลิงแข็ง ทั้งถ่านหินและชีวมวลบางประเภทหรือเชื้อเพลิงผสม เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ และเผยแพร่สู่ภาคอุตสาหกรรม

**เป้าหมาย** ได้คู่มือในการแก้ปัญหาการเกิด Fouling และ Slagging จากการใช้เชื้อเพลิงแข็งทั้งถ่านหินและชีวมวลบางประเภทหรือเชื้อเพลิงผสม เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้และเผยแพร่คู่มือการแก้ปัญหาสู่ภาคอุตสาหกรรม

9) วิจัยและพัฒนาหัวเผาที่สามารถใช้กับก๊าซชีวภาพ (Biogas) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการออกแบบหัวเผาในปัจจุบันเน้นการใช้งานกับเชื้อเพลิง LPG/NG เมื่อนำหัวเผานั้นมาใช้กับก๊าซชีวภาพ จะทำให้มีประสิทธิภาพต่ำ

**เป้าหมาย** ได้ต้นแบบหัวเผาที่สามารถใช้กับก๊าซชีวภาพ (Biogas) ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถเผยแพร่ต้นแบบสู่ภาคอุตสาหกรรม

10) การวิจัยและพัฒนาหัวเผาแบบ Multi Fuel ที่ใช้ในโรงไฟฟ้า เนื่องจากหัวเผาแบบ Multi Fuel ที่ใช้ในโรงไฟฟ้า มักเกิดปัญหาการเผาไหม้ที่ไม่เสถียร เมื่อเปลี่ยนจากการใช้เชื้อเพลิงหนึ่งไปเป็นเชื้อเพลิงอื่นเช่นการเปลี่ยนจากก๊าซธรรมชาติเป็นน้ำมันดีเซล เป็นต้น

**เป้าหมาย** ได้ต้นแบบหัวเผาแบบ Multi Fuel ที่ใช้ในโรงไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถเผยแพร่ต้นแบบสู่ภาคอุตสาหกรรม

11) วิจัยและพัฒนาเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่สะอาดและลดปริมาณการเกิดน้ำมันดิน (TAR) ในการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasifier) ตลอดจนการพัฒนาระบบดักจับและการกำจัดน้ำมันดินในก๊าซผลิตภัณฑ์

**เป้าหมาย** ได้ต้นแบบเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่สะอาดและลดปริมาณการเกิดน้ำมันดินและได้ต้นแบบระบบดักจับและการกำจัดน้ำมันดินในก๊าซผลิตภัณฑ์อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถเผยแพร่ต้นแบบสู่ภาคอุตสาหกรรม

12) ดำเนินโครงการตรวจวินิจฉัยประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรมทั่วประเทศ และให้คำแนะนำการปรับปรุงประสิทธิภาพ รวมทั้งฝึกอบรมบุคลากรและสนับสนุนการ เปลี่ยนอุปกรณ์

**เป้าหมาย** ได้ข้อมูลประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรมทั่วประเทศ

13) พัฒนาชุดตรวจวินิจฉัยประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรมแบบเคลื่อนที่ (Mobile) โดยการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer) จากต่างประเทศ

**เป้าหมาย** ได้ชุดตรวจวินิจฉัยประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรมแบบเคลื่อนที่

**แผนระยะกลาง (5 ปี)**

1) ขยายขนาดของต้นแบบเตาเผาสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง เช่น เตาเผาอิฐ เตาเผาโอ่ง เตาเผาปูนขาว เตาเผาเซรามิก เตาหลอมโลหะ และอื่น ๆ ที่ได้จากการวิจัยและพัฒนา ที่มีประสิทธิภาพและลดการสูญเสีย เชื้อเพลิง ตลอดจนลดและป้องกันการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

**เป้าหมาย** มีต้นแบบเตาเผาประสิทธิภาพสูงประเภทต่าง ๆ สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางที่สามารถเผยแพร่และใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม

2) พัฒนากลไก การสนับสนุนทางเทคนิคและพัฒนาองค์ความรู้ด้านการออกแบบแก่อุตสาหกรรมการผลิตหม้อไอน้ำความดันปานกลางถึงความดันสูงที่มีประสิทธิภาพ

**เป้าหมาย** ได้เทคนิคและองค์ความรู้ด้านการออกแบบและการผลิตหม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูงในประเทศไทย

3) จัดการฝึกอบรมการใช้งานหัวเผา ตลอดจนการดูแลและบำรุงรักษาหัวเผาและหม้อไอน้ำ

**เป้าหมาย** ได้องค์ความรู้ในการดูแลและบำรุงรักษาหัวเผาและหม้อไอน้ำอย่างเหมาะสม

4) เผยแพร่ให้มีการใช้เตาต้ม โดยใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้ในวัสดุพรุนซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเตา LPG ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

**เป้าหมาย** มีการใช้งานต้นแบบเตาต้มในอุตสาหกรรมที่ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูงอย่างแพร่หลาย

**แผนระยะยาว (10 ปี)**

1) จัดการสาธิตต้นแบบเตาเผาสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง เช่น เตาเผาอิฐ เตาเผาโอ่ง เตาเผาปูนขาว เตาเผาเซอรามิก เตาหลอมโลหะ และอื่นๆ ที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาที่มีประสิทธิภาพสูงและลดการสูญเสียเชื้อเพลิง ตลอดจนลดและป้องกันการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

**เป้าหมาย** มีการเผยแพร่และใช้เตาเผาประสิทธิภาพสูงประเภทต่างๆ สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางในระดับอุตสาหกรรม

2) นำเสนอต้นแบบหม้อไอน้ำที่ออกแบบและผลิตในประเทศไทย และเผยแพร่องค์ความรู้ด้านการออกแบบหม้อไอน้ำแก่อุตสาหกรรมการผลิตหม้อไอน้ำความดันปานกลางถึงความดันสูงที่มีประสิทธิภาพ

**เป้าหมาย** ได้องค์ความรู้ในการออกแบบหม้อไอน้ำ ที่สามารถถ่ายทอดสู่อุตสาหกรรมการผลิตหม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูง

3) เผยแพร่การใช้งานหัวเผา ตลอดจนการดูแลและบำรุงรักษาหัวเผาและหม้อไอน้ำอย่างเหมาะสมเกิดประสิทธิภาพสูงสุดสู่ระดับอุตสาหกรรม

**เป้าหมาย** ได้หลักการดูแลและบำรุงรักษาหัวเผาและหม้อไอน้ำอย่างเหมาะสม เป็นที่ยอมรับและใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม



### 4.6.3 ด้านการพัฒนาหม้อไอน้ำและเตาเผาในการผลิตกระแสไฟฟ้า (Boiler and Furnace Technology Upgrading in Power Generation)

**แผนระยะสั้น (3 ปี)**

1) การวิจัยเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงขึ้นในการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล โดยเฉพาะ ชานอ้อย ยอดและใบอ้อย

**เป้าหมาย** มีการใช้เทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงในการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล

2) การวิจัยเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงขึ้นในการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน โดยเฉพาะลิกไนต์ เพื่อทดแทนโรงไฟฟ้าเก่า

**เป้าหมาย** โรงไฟฟ้าเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจาก Subcritical Boiler (34% efficiency) เป็น Supercritical (>40%) โดยการลงทุนของ กฟผ. และ Climate Finance

**แผนระยะกลาง (5 ปี)**

1) สนับสนุนการเปลี่ยนหม้อไอน้ำ Burner และเตาเผา (อิฐ ปูนขาว เซรามิก เตาหลอมโลหะฯลฯ) ประสิทธิภาพสูงขึ้นในอุตสาหกรรม โดยมาตรการ Standard Offer Program (SOP) ตามแผนอนุรักษ์พลังงาน และ/หรือ Climate Finance

**เป้าหมาย** มีการใช้หม้อไอน้ำและเตาเผาประสิทธิภาพสูงขึ้นในอุตสาหกรรม

2) สนับสนุนการใช้เทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงขึ้นในการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน โดยเฉพาะลิกไนต์ เพื่อทดแทนโรงไฟฟ้าเก่า

**เป้าหมาย** โรงไฟฟ้าเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจาก Subcritical Boiler (34% efficiency) เป็น Ultra-supercritical (45%) โดยการลงทุนของ กฟผ. และ Climate Finance

### 4.6.4 ด้านการจัดตั้งศูนย์วิจัยและทดสอบ

**แผนระยะสั้น (2 ปี)**

1) จัดตั้งศูนย์วิจัยและทดสอบด้านการเผาไหม้ (Industrial Combustion Research and Testing Center) เพื่อเป็นศูนย์กลางทางวิชาการ การวิจัยและพัฒนา การทดสอบการเผาไหม้เชื้อเพลิง ตรวจวิเคราะห์และการฝึกอบรม

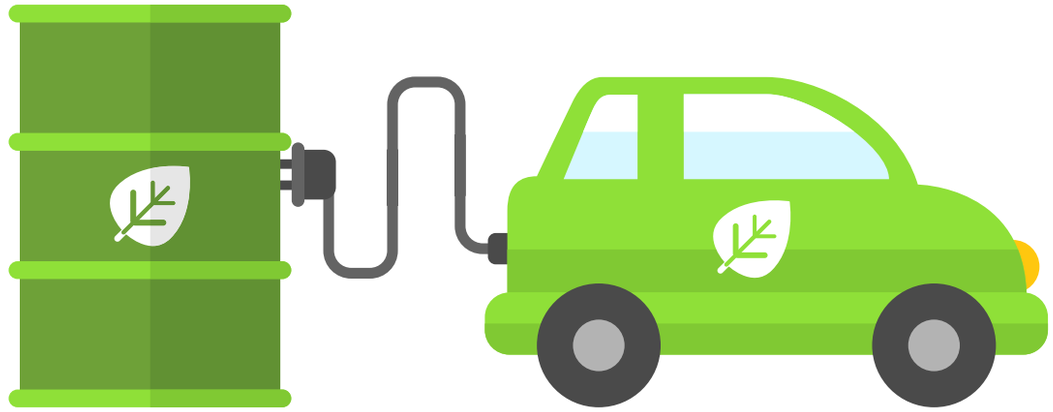
**เป้าหมาย** มีศูนย์วิจัยและทดสอบด้านการเผาไหม้ (Industrial Combustion Research and Testing Center) เพื่อเป็นศูนย์กลางทางวิชาการ การวิจัยและพัฒนา การทดสอบการเผาไหม้เชื้อเพลิง ตรวจวิเคราะห์และการฝึกอบรม

### 4.6.5 ด้านระเบียบและมาตรฐาน (Regulation and Standard)

**แผนระยะสั้น (2 ปี)**

1) การศึกษาเพื่อการจัดทำ Benchmarking และการกำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ (Minimum Energy Performance) ของหม้อไอน้ำ เพื่อบังคับใช้มาตรฐานกับภาคอุตสาหกรรม

**เป้าหมาย** ได้มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำที่มีความเหมาะสม เป็นที่ยอมรับ สามารถบังคับใช้กับอุตสาหกรรมหม้อไอน้ำ



ตารางที่ 4.4 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม
(Fuel Combustion in Industry) – Fuel Upgrading Technologies

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ เชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงทำ ให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ต่ำ | ■ วิจัยและพัฒนาระบบ/อุปกรณ์ลดความชื้นที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับเชื้อเพลิงแข็งแต่ละชนิด | ■ ศึกษาและพัฒนากระบวนการ/อุปกรณ์ลดความชื้น (Lab, Bench Scale) เชื้อเพลิงแข็งโดยใช้ แสงอาทิตย์ / Waste Heat | ■ ขยายขนาดและสาธิตสู่การใช้ระดับอุตสาหกรรม | | ■ ได้ต้นแบบระบบ/อุปกรณ์ลดความชื้นที่มีประสิทธิภาพและ เหมาะสมกับเชื้อเพลิงแข็งแต่ละชนิด | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |
| ■อุปกรณ์จากต่างประเทศมีราคาแพง<br>■ อุปกรณ์ที่พัฒนาในประเทศขาดประสิทธิภาพ ความคงทน<br>■ ขาดเครื่องย่อยและแยกขนาดที่เหมาะสมกับเชื้อเพลิงและลักษณะ | ■ วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์สับย่อยและการแยกขนาดสำหรับเชื้อเพลิงแข็ง | ■ ศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์สับย่อยและการแยกขนาดสำหรับเชื้อเพลิงแข็งขนาดทดลอง | ■ ขยายขนาดและสาธิตสู่การใช้ระดับอุตสาหกรรม | | ■ ได้อุปกรณ์สับย่อยและการแยกขนาดสำหรับเชื้อเพลิงแข็งที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับเชื้อเพลิงแข็งแต่ละชนิดและการใช้งาน | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |
| ■ เชื้อเพลิงแข็งส่วนใหญ่มีความหนาแน่นน้อยทำให้การขนส่งในระยะทางไกลมีราคาสูง<br>■ เครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งจากต่างประเทศมีราคาสูง | ■ วิจัยและพัฒนาเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็ง | ■ ศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งขนาดทดลอง | ■ ขยายขนาดของเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาและจัดการสาธิตเผยแพร่สู่การใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม | | ■ ได้เครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับเชื้อเพลิงแข็งแต่ละชนิดและการใช้งาน | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |
| ■ เชื้อเพลิงชีวมวลมีความชื้นสูง ความหนาแน่นต่ำ ขนาดไม่เหมาะสมกับการใช้งาน | ■ วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์กระบวนการทอร์รีแฟคชั่น | ■ ศึกษา วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์กระบวนการทอร์รีแฟคชั่นขนาดทดลอง | ■ ขยายขนาดของอุปกรณ์สำหรับกระบวนการทอร์รีแฟคชั่นและจัดการสาธิตเผยแพร่สู่การใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม | | ■ ได้อุปกรณ์สำหรับกระบวนการทอร์รีแฟคชั่นที่มีประสิทธิภาพ สามารถเผยแพร่สู่ระดับอุตสาหกรรมได้ | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |

ตารางที่ 4.5 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม
(Fuel Combustion in Industry) – Combustion Technologies

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ เตาเผาสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง เช่น เตาเผาอิฐ เตาเผาโอ่ง เตาเผาปูนขาว เตาเผาเซรามิก เตาหลอมโลหะ และอื่นๆ ยังมีประสิทธิภาพต่ำทำให้สูญเสียเชื้อเพลิงสูง และยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย<br><br>■ ผู้ประกอบการขาดองค์ความรู้และเงินลงทุนในการปรับปรุง/ปรับเปลี่ยนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเตาเผา | ■ สนับสนุนให้มีการวิจัยในประเทศ<br><br>■ สาธิต ฝึกอบรมและเผยแพร่สู่กลุ่มผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง | ■ สนับสนุนให้มีการวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพเตาเผาสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการสูญเสียเชื้อเพลิงตลอดจนลดและป้องกันการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม<br><br>■ สร้างความร่วมมือระหว่างผู้เชี่ยวชาญองค์กรภาครัฐและภาคเอกชนเพื่อสาธิตเผยแพร่ความรู้ในการเพิ่มประสิทธิภาพเตาเผาและระดมทุน | ■ ขยายขนาดของต้นแบบเตาเผาสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง ที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาที่มีประสิทธิภาพและลดการสูญเสียเชื้อเพลิง ตลอดจนลดและป้องกันการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม | ■ การสาธิตต้นแบบเตาเผาสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง ที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาที่มีประสิทธิภาพสูงและลดการสูญเสียเชื้อเพลิง ตลอดจนลดและป้องกันการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม | ■ ได้ต้นแบบเตาเผาประสิทธิภาพสูงประเภทต่างๆ สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง | ■ สวทน.<br>■ สวทช .<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |
| ■ หม้อไอน้ำโดยเฉพาะหม้อไอน้ำความดันต่ำขนาดเล็กและขนาดกลางที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งจำนวนมากยังมีประสิทธิภาพต่ำทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง<br><br>■ หม้อไอน้ำความดันปานกลางถึงความดันสูง อุตสาหกรรมในประเทศมีความสามารถในการผลิตตามแบบภายใต้ชื่อ (Brand) และการออกแบบจากต่างประเทศ | ■ พัฒนาเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมการผลิตหม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูงภายในประเทศ<br><br>■ พัฒนากลไกสนับสนุนทางเทคนิคและการออกแบบแก่อุตสาหกรรมหม้อไอน้ำ<br><br>■ การพัฒนาองค์ความรู้ด้านการออกแบบ | ■ วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำโดยเฉพาะหม้อไอน้ำความดันต่ำขนาดเล็กและขนาดกลางที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง<br><br>■ วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมการผลิตหม้อไอน้ำความดันปานกลางถึงความดันสูงที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากอุตสาหกรรมในประเทศมีความสามารถในการผลิตตามแบบภายใต้ชื่อ (Brand) และการออกแบบจากต่างประเทศเป็นหลัก | ■ พัฒนากลไก การสนับสนุนทางเทคนิคและพัฒนาองค์ความรู้ด้านการออกแบบแก่อุตสาหกรรมการผลิตหม้อไอน้ำความดันปานกลางถึงความดันสูงที่มีประสิทธิภาพ | ■ นำเสนอต้นแบบหม้อไอน้ำที่ออกแบบและผลิตในประเทศไทย และเผยแพร่องค์ความรู้ด้านการออกแบบหม้อไอน้ำแก่อุตสาหกรรมการผลิตหม้อไอน้ำความดันปานกลางถึงความดันสูงที่มีประสิทธิภาพ | ■ ได้องค์ความรู้ในการออกแบบ หม้อไอน้ำ ที่สามารถถ่ายทอดสู่อุตสาหกรรมการผลิตหม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูง | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย<br>■ กรมโรงงานอุตสาหกรรม |

ตารางที่ 4.5 แผนปฏิบัติการเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม
(Fuel Combustion in Industry) – Combustion Technologies

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ หัวเผามีประสิทธิภาพต่ำ/ขาดการดูแล บำรุงรักษาอย่างเหมาะสม | ■ การวิจัยและพัฒนาหัวเผา/การฝึกอบรม | ■ วิจัยและพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพหัวเผา ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้หัวเผากับเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ | ■ การฝึกอบรมการใช้งานหัวเผา ตลอดจนการดูแลและบำรุงรักษาหัวเผาและหม้อไอน้ำ | ■ เผยแพร่การใช้งานหัวเผา ตลอดจนการดูแลและบำรุงรักษาหัวเผาและหม้อไอน้ำอย่างเหมาะสม เกิดประสิทธิภาพสูงสุดสู่ระดับอุตสาหกรรม | ■ ได้องค์ความรู้ในการดูแลและบำรุงรักษาหม้อไอน้ำอย่างเหมาะสม | ■ สวทน<br>■ สวทช<br>■ สกว<br>■ วช<br>■ วว<br>■ พพ<br>■ มหาวิยาลัย<br>■ กรมโรงงานอุตสาหกรรม |
| ■ การควบคุมหม้อไอน้ำไม่เหมาะสม เนื่องจาก Operator ขาดองค์ความรู้และขาดเครื่องมือวัดและวิเคราะห์เพื่อปรับการเผาไหม้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด | ■ ตรวจวินิจฉัยประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรมทั่วประเทศ<br>■ จัดทำชุดตรวจวินิจฉัยประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรมแบบเคลื่อนที่ โดยการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ<br>■ พัฒนา เครื่องมือตรวจวัด และวิเคราะห์ เงื่อนไขการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (Monitoring and Optimization condition) | ■ ดำเนินโครงการตรวจวินิจฉัยประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรมทั่วประเทศ และให้คำแนะนำการปรับปรุงประสิทธิภาพ รวมทั้งฝึกอบรมบุคลากร และสนับสนุนการเปลี่ยนอุปกรณ์<br>■ พัฒนาชุดตรวจวินิจฉัยประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรมแบบเคลื่อนที่ โดยการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ<br>■ วิจัยและพัฒนา เครื่องมือตรวจวัด และโปรแกรมวิเคราะห์ เงื่อนไขการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดแบบ Real Time | | | ■ ได้ข้อมูลประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรมทั่วประเทศ<br>■ ได้ชุดตรวจวินิจฉัยประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรมแบบเคลื่อนที่<br>■ ได้เครื่องมือตรวจวัด และโปรแกรมวิเคราะห์ เงื่อนไขการเผาไหม้ที่มีประสิหธิภาพสูงสุดแบบ Real Time | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |
| ■ เตาต้มในอุตสาหกรรมที่ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพต่ำ | ■ พัฒนาและเผยแพร่ให้มีการใช้เตาต้มโดยใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้ในวัสดุพรุนซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเตา LPG ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน | ■ วิจัยและพัฒนาการใช้เตาต้มโดยใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้ในวัสดุพรุนซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเตา LPG ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน | ■ เผยแพร่ให้มีการใช้เตาต้ม โดยใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้ในวัสดุพรุนซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเตา LPG ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน | | ■ มีต้นแบบเตาต้มในอุตสาหกรรมที่ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูง | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |

ตารางที่ 4.5 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม
(Fuel Combustion in Industry) – Combustion Technologies

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ ปัญหาการเกิด Fouling และ Slagging จากการใช้เชื้อเพลิงแข็งทั้งถ่านหินและชีวมวลบางประเภทหรือเชื้อเพลิงผสม เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ | ■ วิจัยและพัฒนาปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาตลอดจนแนวทางแก้ไข เพื่อเผยแพร่สู่ภาคอุตสาหกรรม | ■ การวิจัยและพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาการเกิด Fouling และ Slagging จากการใช้เชื้อเพลิงแข็งทั้งถ่านหินและชีวมวลบางประเภทหรือเชื้อเพลิงผสม เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ | | | ■ ได้คู่มือในการแก้ปัญหาการเกิด Fouling และ Slagging จากการใช้เชื้อเพลิงแข็งทั้งถ่านหินและชีวมวลบางประเภทหรือเชื้อเพลิงผสม เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้<br>■ เผยแพร่คู่มือการแก้ปัญหาสู่ภาคอุตสาหกรรม | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |
| ■ การออกแบบหัวเผาในปัจจุบันเน้นการใช้งานกับเชื้อเพลิง LPG/NG เมื่อนำหัวเผานั้นมาใช้กับ Biogas จะทำให้มีประสิทธิภาพต่ำ | ■ การวิจัยและพัฒนาหัวเผาที่สามารถใช้กับ Biogas ได้อย่างมีประสิทธิภาพ | ■ วิจัยและพัฒนาหัวเผาที่สามารถใช้กับ Biogas ได้อย่างมีประสิทธิภาพ | | | ■ ได้ต้นแบบหัวเผาที่สามารถใช้กับ Biogas ได้อย่างมีประสิทธิภาพ<br>■ เผยแพร่ต้นแบบสู่ภาคอุตสาหกรรม | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |
| ■ หัวเผาแบบ Multi Fuel ที่ใช้ในโรงไฟฟ้า มักเกิดปัญหาการเผาไหม้ที่ไม่เสถียร เมื่อเปลี่ยนจากการใช้เชื้อเพลิงหนึ่งไปเป็นเชื้อเพลิงอื่น เช่น การเปลี่ยนจากก๊าซธรรมชาติเป็นน้ำมันดีเซล เป็นต้น | ■ การวิจัยและพัฒนาหัวเผาแบบ Multi Fuel ที่ใช้ในโรงไฟฟ้า | ■ การวิจัยและพัฒนาหัวเผาแบบ Multi Fuel ที่ใช้ในโรงไฟฟ้า | | | ■ ได้ต้นแบบหัวเผาแบบ Multi Fuel ที่ใช้ในโรงไฟฟ้า<br>■ เผยแพร่ต้นแบบสู่ภาคอุตสาหกรรม | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |
| ■ การเกิดน้ำมันดิน (Tar) ในการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิง | ■ วิจัยและพัฒนาเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่สะอาดและลดปริมาณการเกิดน้ำมันดิน<br>2. พัฒนาระบบดักจับและการกำจัดน้ำมันดินในก๊าซเชื้อเพลิง | ■ วิจัยและพัฒนาเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่สะอาดและลดปริมาณการเกิดน้ำมันดิน<br>■ พัฒนาระบบดักจับและการกำจัดน้ำมันดินในก๊าซเชื้อเพลิง | | | ■ ได้ต้นแบบเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่สะอาดและลดปริมาณการเกิดน้ำมันดิน<br>■ ได้ต้นแบบระบบดักจับและการกำจัดน้ำมันดินในก๊าซเชื้อเพลิง<br>■ สามารถเผยแพร่ต้นแบบสู่ภาคอุตสาหกรรม | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |

ตารางที่ 4.6 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม
(Fuel Combustion in Industry) – ด้านการพัฒนาหม้อไอน้ำและเตาเผาในการผลิตกระแสไฟฟ้า
(Boiler and Furnace Technology Upgrading in Power Generation)

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ โรงงานน้ำตาลส่วนใหญ่ยังใช้หม้อไอน้ำความดันต่ำในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำ ถึงแม้ว่าจะมีโรงงานน้ำตาลบางโรงที่เปลี่ยนไปใช้หม้อไอน้ำความดันสูงบ้างแล้ว แต่ก็ยังมีจำนวนน้อย | ■ ใช้เทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงขึ้นในการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล โดยเฉพาะ ชานอ้อย เช่น High Pressure Boilers/Extraction, Condensing Turbines โดยปรับ Adder/Feed-in-Tariffs และ/หรือ Climate Finance | ■ วิจัยเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงขึ้นในการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล โดยเฉพาะ ชานอ้อย ยอดและใบอ้อย | ■ สนับสนุนการเปลี่ยนหม้อไอน้ำ หัวเผาและเตาเผา (อิฐ ปูนขาว เซรามิก เตาหลอมโลหะฯลฯ) ประสิทธิภาพสูงขึ้นในอุตสาหกรรม โดยมาตรการ Standard Offer Program (SOP) ตามแผน EEDP และ/หรือ Climate Finance | | ■ ภาคอุตสาหกรรมใช้หม้อไอน้ำ หัวเผาและเตาเผาที่มีประสิทธิภาพสูง | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |
| ■ การก่อตั้งโรงไฟฟ้าใหม่เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจากถ่านหิน โดยเฉพาะลิกไนต์ยังคงถูกต่อต้านจากสังคม เนื่องจากการขาดความเชื่อมั่นและการได้รับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมาในอดีต<br><br>■ โรงไฟฟ้าเก่า แม่เมาะ เครื่องที่ 4-7 ของ กฟผ. มีอายุการใช้งานครบตามกำหนดและจะต้องปลดออกจากระบบ ดังนั้น กฟผ. จึงมีแผนที่จะจัดตั้งโรงไฟฟ้าใหม่เพื่อทดแทนโรงเก่า โดยการใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น | ■ สนับสนุนการใช้เทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงขึ้นในการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน โดยเฉพาะลิกไนต์ เพื่อทดแทนโรงเก่า | ■ การวิจัยเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนให้โรงไฟฟ้าเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจาก Subcritical Boiler เป็น Supercritical โดยการลงทุนของ กฟผ. และ Climate Finance | ■ สนับสนุนให้โรงไฟฟ้าเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจาก Subcritical Boiler (34%efficiency) เป็น Ultra-supercritical (45%) โดยการลงทุนของ กฟผ. และ Climate Finance | | ■ โรงไฟฟ้าเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจาก Subcritical Boiler เป็น Supercritical (>40%) และ Ultra-supercritical (45%) โดยการลงทุนของ กฟผ. และ Climate Finance | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |

ตารางที่ 4.7 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม
(Fuel Combustion in Industry) – ด้านการจัดตั้งศูนย์วิจัยและทดสอบ

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ การเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมขาดองค์กรสนับสนุนทางวิชาการและการวิจัย พัฒนาและทดสอบทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมเป็นไปโดยไม่มีประสิทธิภาพและมักเกิดปัญหาการเผาไหม้เมื่อใช้เชื้อเพลิงบางชนิดทั้งเชื้อเพลิงแข็ง เช่น ทะลายปาล์มเปล่า ถ่านหินบางชนิด เชื้อเพลิงเหลว เช่น Black Liquor และเชื้อเพลิงก๊าซ เช่น Biogas ความพยายามในการแก้ปัญหาเป็นแบบทดลองผิดลองถูก (Trial and Error) ของภาคอุตสาหกรรม หรือ มีการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัย/สถาบันวิจัย เป็นแบบกระจัดกระจาย ไม่สามารถสะสมองค์ความรู้และพัฒนาองค์ความรู้ได้อย่างต่อเนื่องและยังมีขีดจำกัดด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิจัยพัฒนา | ■ การจัดตั้งศูนย์วิจัยและทดสอบด้านการเผาไหม้ (Industrial Combustion Research and Testing Center) | ■ ศึกษาแนวทางการจัดตั้ง รูปแบบ อำนาจหน้าที่ บุคลากร ตลอดจนเครื่องมือที่จำเป็น<br>■ การเตรียมการอื่นๆที่เกี่ยวข้อง<br>■ ดำเนินการจัดตั้งศูนย์วิจัยและทดสอบด้านการเผาไหม้ (Combustion Research and Testing Center) | | | ■ มีศูนย์วิจัยและทดสอบด้านการเผาไหม้ (Combustion Research and Testing Center) | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |

ตารางที่ 4.8 แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม
(Fuel Combustion in Industry) – Regulation and Standard

| ปัญหา/อุปสรรค | วิธีแก้ปัญหา | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยี | | ผลที่คาดว่าจะได้รับ | หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ระยะสั้น (3 ปี) | ระยะกลาง (5 ปี) | ระยะยาว (10ปี) | | |
| ■ ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังค่อนข้างต่ำมาก | ■ กำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ (Minimum Energy Performance) ของหม้อไอน้ำและบังคับใช้มาตรฐานกับภาคอุตสาหกรรม<br>■ พัฒนาและสร้างความร่วมมือระหว่างภาคอุตสาหกรรมและภาคการศึกษาวิจัย เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีภาคอุตสาหกรรมที่ยั่งยืน | ■ การศึกษาเพื่อการจัดทำ Benchmarking และการกำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำของหม้อไอน้ำ | | | ■ ได้มาตรฐานขั้นต่ำเพื่อบังคับใช้กับอุตสาหกรรมหม้อไอน้ำ<br>■ ได้ระบบควบคุมหม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพและเผยแพร่สู่ระดับอุตสาหกรรม | ■ สวทน.<br>■ สวทช.<br>■ สกว.<br>■ วช.<br>■ วว.<br>■ พพ.<br>■ มหาวิทยาลัย |

ตารางที่ 4.9 กิจกรรมการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเทคโนโลยีการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิง
(Fuel Upgrading Technologies)

| เทคโนโลยี | พัฒนาเองในประเทศ | นำเข้าจากต่างประเทศ | ระดับการพัฒนา | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | การวิจัยระดับพื้นฐาน (Research) | การทดสอบในระดับนำร่อง (Pilot Scale) | การสาธิตเพื่อเผยแพร่ความรู้ (Demonstration) | Demonstrative Research | ระดมทุนสร้างโรงงานนำร่อง |
| 1. การลดความชื้นหรืออบแห้งสำหรับเชื้อเพลิงแข็ง | ✓ | * | ระยะสั้น | ระยะกลาง | | | |
| 2. การสับย่อยและการแยกขนาดสำหรับเชื้อเพลิงแข็ง | ✓ | ** | ระยะสั้น | ระยะกลาง | | | |
| 3. การอัดแน่น (Densification) สำหรับเชื้อเพลิงแข็ง | ✓ | ** | ระยะสั้น | ระยะกลาง | | | |
| 4. กระบวนการทอร์รีแฟคชั่น (Torrefaction) | | ✓ | ระยะสั้น | ระยะกลาง | | | |

* ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการ Scaling-up กระบวนการไปสู่การผลิตแบบสาธิตและการผลิตในโรงงานนำร่อง

** ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในเรื่องของการพัฒนาเทคโนโลยี รวมถึงการพัฒนาทักษะให้กับผู้ปฏิบัติงาน

ตารางที่ 4.10 กิจกรรมการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเทคโนโลยีการเผาไหม้ (Fuel Combustion Technologies)

| เทคโนโลยี/การวิจัย | พัฒนาเองในประเทศ | นำเข้าจากต่างประเทศ | ระดับการพัฒนา | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | การวิจัยระดับพื้นฐาน (Research) | การทดสอบในระดับนำร่อง (Pilot Scale) | การสาธิตเพื่อเผยแพร่ความรู้ (Demonstration) | Demonstrative Research | ระดมทุนสร้างโรงงานนำร่อง |
| 1. โรงไฟฟ้าเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจาก Subcritical Boiler (34%efficiency) เป็น Ultra-supercritical (45%) | ✓ | ## | ระยะสั้น | ระยะกลาง | | | |
| 2. การใช้เทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงเพื่อผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล | ✓ | * | ระยะสั้น | ระยะกลาง | | | |
| 3. เตาเผาสำหรับอุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็กและขนาดกลาง | ✓ | * | ระยะสั้น | ระยะกลาง | | ระยะยาว | |
| 4. หม้อไอน้ำความดันต่ำขนาดเล็กและขนาดกลางที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง | ✓ | ** | ระยะสั้น | ระยะกลาง | | ระยะยาว | |
| 5. เตาต้มในอุตสาหกรรมที่ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง | ✓ | *** | ระยะสั้น | ระยะกลาง | | | |
| 6. การเผาไหม้เมื่อใช้เชื้อเพลิงแข็งบางประเภทหรือเชื้อเพลิงผสม | ✓ | **** | ระยะสั้น | | | | |
| 7. หัวเผาสำหรับเชื้อเพลิง Biogas | ✓ | ***** | ระยะสั้น | | | | |
| 8. หัวเผาแบบ Multi Fuel | ✓ | ****** | ระยะสั้น | | | | |
| 9. ระบบกำจัดน้ำมันดิน (TAR) | ✓ | ******* | ระยะสั้น | | | | |

## ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้ การร่วมทุนระหว่างองค์กรหรือหน่วยงานต่างประเทศ และความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญในต่างประเทศร่วมเป็นที่ปรึกษา เช่น ประเทศออสเตรเลีย

* ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้ การร่วมทุนระหว่างองค์กรหรือหน่วยงานต่างประเทศและการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการพัฒนากระบวนการไปสู่การผลิตในโรงงานนำร่อง และทักษะผู้ปฏิบัติงาน

** ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในเรื่องของการออกแบบหม้อไอน้ำและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตหม้อไอน้ำ รวมถึงการพัฒนาทักษะให้กับผู้ปฏิบัติงาน ตลอดจนความร่วมมือในการพัฒนาเครื่องมือตรวจวัดและวิเคราะห์เงื่อนไขการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพ

*** ต้องการสร้างกลไกความร่วมมือหรือการร่วมทุนระหว่างองค์กรหรือหน่วยงานต่างประเทศ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการเผาไหม้ในวัสดุพรุน และนำไปสู่การระดมทุนสร้างในระดับโรงงานนำร่อง

**** ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการแก้ปัญหาการเกิด Fouling และ Slagging รวมถึงการพัฒนาทักษะให้กับผู้ปฏิบัติงาน

***** ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้ การร่วมทุนระหว่างองค์กรหรือหน่วยงานต่างประเทศ ในการออกแบบและผลิตหัวเผาสำหรับเชื้อเพลิง Biogas

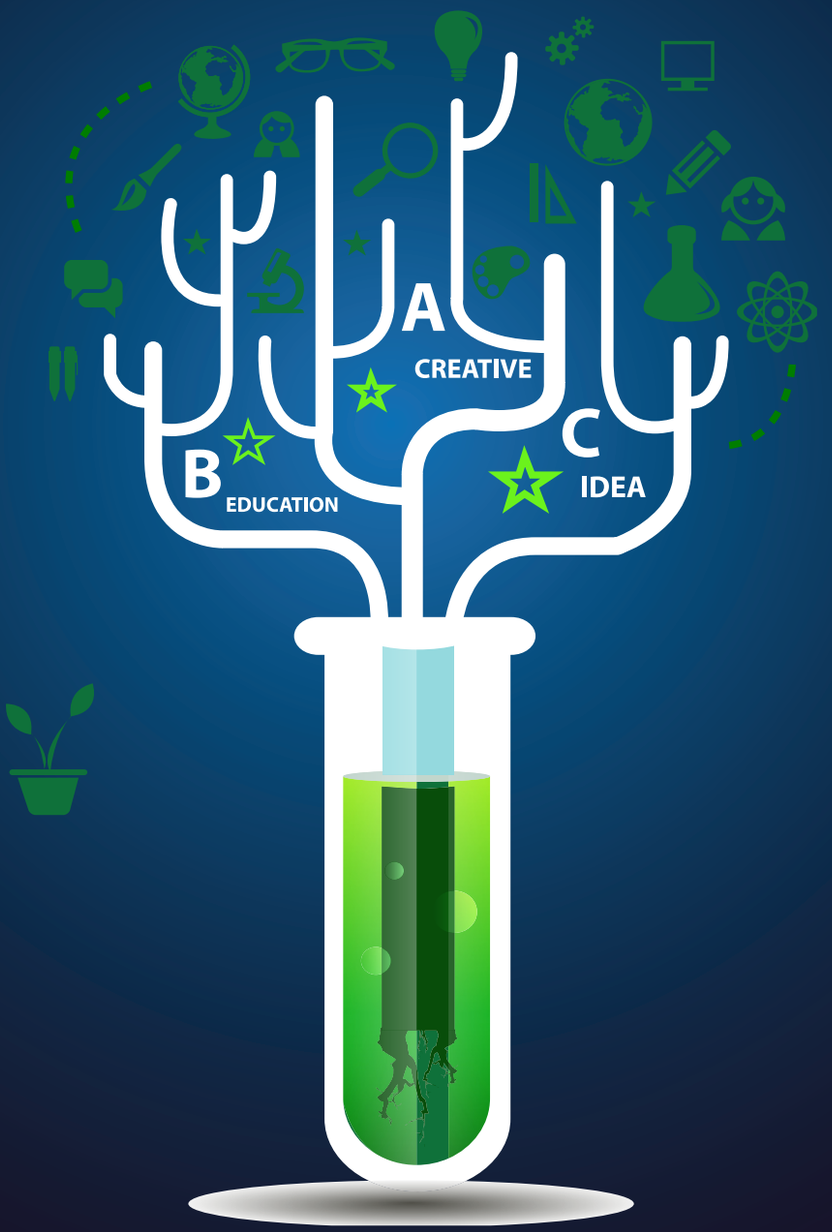
****** ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้ การร่วมทุนระหว่างองค์กรหรือหน่วยงานต่างประเทศ รวมถึงพัฒนาทักษะให้ผู้ปฏิบัติงาน ในการควบคุมหัวเผาที่ใช้เชื้อเพลิงร่วม

******* ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในเรื่องการลดปริมาณการเกิดน้ำมันดิน (TAR minimization) ตลอดจนระบบดักจับ/แยก น้ำมันดินจากผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.11 กิจกรรมการพัฒนาด้านการจัดตั้งศูนย์วิจัยและทดสอบด้านการเผาไหม้
กฎ ระเบียบและมาตรฐานสำหรับเทคโนโลยีการเผาไหม้

| เทคโนโลยี/การวิจัย | พัฒนาเองในประเทศ | นำเข้าจากต่างประเทศ | ระดับการพัฒนา | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | การวิจัยระดับพื้นฐาน (Research) | การทดสอบในระดับนำร่อง (Pilot Scale) | การสาธิตเพื่อเผยแพร่ความรู้ (Demonstration) | Demonstrative Research | ระดมทุนสร้างโรงงานนำร่อง |
| 1. ศึกษาการจัดตั้งศูนย์วิจัยและทดสอบด้านการเผาไหม้ (Combustion Research and Testing Center) | ✓ | * | ระยะสั้น 2 ปี | | | | |
| 2. การกำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ (Minimum Energy Performance) ของเทคโนโลยีการเผาไหม้ | ✓ | * | ระยะสั้น ** 2 ปี | | | | |

* ต้องการการแลกเปลี่ยนความรู้และความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญในต่างประเทศร่วมเป็นที่ปรึกษา
** ได้มาตรฐานขั้นต่ำเพื่อบังคับใช้กับอุตสาหกรรมหม้อไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ


A
CREATIVE
B
EDUCATION
C
IDEA

รายนามคณะทำงาน จัดทำหนังสือ
**แผนปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย : การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน**


คณะที่ปรึกษา

| | |
|---|---|
| **ดร. พิเชฐ ดุรงคเวโรจน์** | รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| **ศ.ดร. นักสิทธ์ คูวัฒนาชัย** | ที่ปรึกษาเลขาธิการ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ |
| **ดร. ญาดา มุกดาพิทักษ์** | รองเลขาธิการ รักษาการแทนเลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ |
| **รศ.ดร. สมชาย ฉัตรรัตนา** | รองเลขาธิการ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ |

คณะผู้จัดทำ

| | |
|---|---|
| **รศ.ดร. บัณฑิต ฟุ้งธรรมสาร** | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| **รศ.ดร. สิรินทรเทพ เต้าประยูร** | บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม |
| **รศ.ดร. นวดล เหล่าศิริพจน์** | บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม |
| **ดร. บุญรอด สัจจกุลนุกิจ** | บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม |
| **นางสาวอรทัย ชัยศิลบุญ** | บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม |
| **ดร. สุรชัย สถิตคุณารัตน์** | สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ |
| **ดร. ชาญวิทย์ อุดมศักดิกุล** | สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ |
| **นางสาวสุภัค วิรุฬหการุญ** | สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ |
| **ดร. จักรพงศ์ พงศ์ธไนศวรรย์** | สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ |


สวทน