การประเมินการใช้ใบอ้อยเป็นแหล่งพลังงานทดแทน

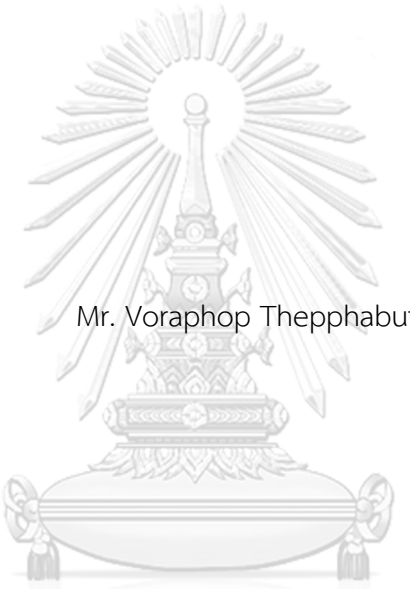
นายวรภพ เทพบุตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Assessment of sugarcane leaves for alternative sources of energy

Mr. Voraphop Thepphabutra



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Energy Technology and Management
Inter-Department of Energy Technology and Management
GRADUATE SCHOOL
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อสารนิพนธ์	การประเมินการใช้ใบอ้อยเป็นแหล่งพลังงานทดแทน
โดย	นายวรภพ เทพบุตร
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

---------- กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ คูชลธารา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วรภพ เทพบุตร : การประเมินการใช้ใบอ้อยเป็นแหล่งพลังงานทดแทน. (Assessment of sugarcane leaves for alternative sources of energy) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการนำใบอ้อยสดไปใช้ประโยชน์ โดยนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือจะแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด วิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการลงทุนในเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากใบอ้อย ของโรงไฟฟ้าชีวมวล ระหว่างเทคโนโลยีเผาไหม้ใบอ้อยโดยตรงและแปรรูปใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดเปรียบเทียบกับการใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง จากการศึกษาพบว่าทั้ง 2 ระบบมีการใช้ต้นทุนเชื้อเพลิงและการขนส่งที่แตกต่างกัน โดยเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนและผลวิเคราะห์จากการลงทุนทั้ง 2 ระบบ พบว่าการลงทุนเทคโนโลยีผลิตพลังงานไฟฟ้ารูปแบบการนำใบอ้อยไปเผาไหม้โดยตรงร่วมกับชานอ้อยที่อัตราส่วน 1:1 จะได้รับผลตอบแทนสูงกว่าและคืนทุนได้เร็วกว่ารูปแบบการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดร่วมกับชานอ้อยที่อัตราส่วน 1:1 โดยระบบการเผาไหม้ใบอ้อยโดยตรงมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 184.01 ล้านบาท ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) 6.07 ปี ซึ่งใกล้เคียงดับการใช้ชานอ้อยอย่างเดียวที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 126.28 ล้านบาท และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) 6.3 ปี ส่วนระบบแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดพบว่าไม่คุ้มค่าการลงทุน แต่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าแบบเผาไหม้โดยตรง ทั้งปริมาณฝุ่นและขี้เถ้าที่ลดลง อีกทั้งความหนาแน่นที่สูงขึ้นทำให้ง่ายต่อการขนส่งและเก็บรักษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2563	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6280059320 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORD: Sugarcane leaves Direct combustion Biomass pellet Discount cash flow model

Voraphop Thepphabutra : Assessment of sugarcane leaves for alternative sources of energy. Advisor: Prof. ORATHAI CHAVALPARIT, Ph.D.

The objectives of this study are to analyze technologies for electricity generation from sugarcane leaves via direct combustion process and biomass pellets process, and to compare the investment worthiness and environmental impact between the two processes. The finding demonstrates that there are differences either in term of fuel substances or transportation mode between the two productions process, The result shows that a net present value (NPV) of a production through the sugar cane leaf direct combustion process is 184.16 million baht with a payback period of 6.07 years. This NPV value is closed to the NPV of bagasse direct combustion process at 126.44 million baht with a payback period of 6.3 years. While the payback period of a production via the biomass pellets process is over 20 years which is considered not worth in investment terms but less environmental impact than the direct combustion. The amount of dust and ashes generated from sugar cane leaf direct combustion process are lower than those generated from bagasse direct combustion.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature .....
Academic Year:	2020	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์ ที่ได้ให้องค์ความรู้ ทฤษฎี แนวคิด ประสบการณ์จริงในการทำงานและคำปรึกษาแนะนำตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำหลักสูตร เจ้าหน้าที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เกี่ยวข้องและเพื่อนนิสิต ที่ให้การสนับสนุนและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ขอขอบคุณความอนุเคราะห์จากบุคคลหรือผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการสัมภาษณ์ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่ง ให้ข้อมูลต่างๆที่จำเป็นต่อการวิจัย จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และบุคคลท่านอื่นๆ ที่มิได้กล่าวถึงในที่นี้ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ สนับสนุน และความช่วยเหลือจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า สารนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว หากมีข้อบกพร่องประการใด ทางผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

วรภพ เทพบุตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 อ้อยและโรงงานน้ำตาล 3

2.2 นโยบายลดการเผาอ้อย 13

2.3 โรงงานน้ำตาล 15

2.4 พลังงานชีวมวล 17

บทที่ 3 แผนการดำเนินงานวิจัย 30

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 30

บทที่ 4 การรวบรวมข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล 34

4.1 การเผาไหม้โดยตรง (Direct combustion) 34

4.2 การนำใบอ้อยมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด (Pellet) 36

4.3 โรงไฟฟ้าชีวมวล 39

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4 นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff.....42
4.5 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล (Heating Value).....48
4.6 ต้นทุนโครงการ.....49
4.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์.....51
4.8 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงใบอ้อยแบบต่างๆ.....55
4.9 การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม.....56
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....58
5.1 สรุปผลการวิจัย.....58
5.2 ข้อเสนอแนะ.....59
บรรณานุกรม.....60
ภาคผนวก.....62
ประวัติผู้เขียน.....74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลการผลิตอ้อยของประเทศไทยปีการผลิต 2551/52 – 2560/61 1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณกากเหลือใช้ที่เกิดขึ้นและตกค้างทางเกษตรกรรม 19

ตารางที่ 2.2 ผลคุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่สัดส่วนวัตถุดิบเศษไม้ไผ่กับใบอ้อยที่ต่างกัน 24

ตารางที่ 2.3 ผลการวิเคราะห์เม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลใบและยอดอ้อย 25

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดสำหรับหม้อไอน้ำโรงงานอุตสาหกรรม 25

ตารางที่ 4.1 ค่าความร้อนชีวมวลแต่ละชนิด 35

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากยอดและใบอ้อย 38

ตารางที่ 4.3 อัตราเงินเฟ้อ 5 ปีย้อนหลัง 44

ตารางที่ 4.4 อัตรา FiT และ FiT Premium 44

ตารางที่ 4.5 อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษจากขยะอุตสาหกรรมในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) ตลอด 20 ปี 46

ตารางที่ 4.6 รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ 47

ตารางที่ 4.7 ค่าความร้อน ความชื้นและราคาของเชื้อเพลิงที่ใช้ประเมินศักยภาพแต่ละชนิด 48

ตารางที่ 4.8 ต้นทุนเริ่มต้นของโครงการ 50

ตารางที่ 4.9 ราคาต้นทุนเชื้อเพลิงแต่ละประเภทที่ต้องใช้ต่อปี 50

ตารางที่ 4.10 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ 51

ตารางที่ 4.11 การคำนวณ DCF Model แบบใช้ชานอ้อย 52

ตารางที่ 4.12 การคำนวณ DCF Model แบบใช้ใบอ้อยอัดก้อนร่วมกับชานอ้อย 53

ตารางที่ 4.13 การคำนวณ DCF Model แบบใช้ใบอ้อยอัดเม็ดร่วมกับชานอ้อย 54

ตารางที่ 4.14 ผลการคำนวณ DCF Model ที่ราคาต้นทุนใบอ้อยอัดเม็ดราคาต่างกัน 55

ตารางที่ 4.15 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด 56

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.16 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และ PM 2.5 จากการเผาใบและยอดอ้อย.....56
ตารางที่ 4.17 ปริมาณฝุ่น ขี้เถ้าจากการเผาไหม้ใบอ้อยอัดก้อนและใบอ้อยอัดเม็ด.....57
ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์.....58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 ปริมาณอ้อยไฟไหม้เปรียบเทียบกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในภาคอีสาน 1
ภาพที่ 2.1 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกอ้อยในประเทศไทย 4
ภาพที่ 2.2 ส่วนแบ่งในตลาดโลกจากการส่งออกน้ำตาลของไทย 5
ภาพที่ 2.3 แผนที่แสดงพื้นที่ปลูกอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาลประเทศไทยปีการผลิต 2561/62 7
ภาพที่ 2.4 สถิติและแนวโน้มสัดส่วนอ้อยไฟไหม้รายภาค ปีการผลิต 2551/52 – 2560/61 10
ภาพที่ 2.5 ประมาณการต้นทุนการปลูกอ้อยของเกษตรกร 13
ภาพที่ 2.6 กระบวนการผลิตน้ำตาล 15
ภาพที่ 2.7 กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล 18
ภาพที่ 2.8 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น 22
ภาพที่ 2.9 เครื่องอัดเม็ดแบบมือ 23
ภาพที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

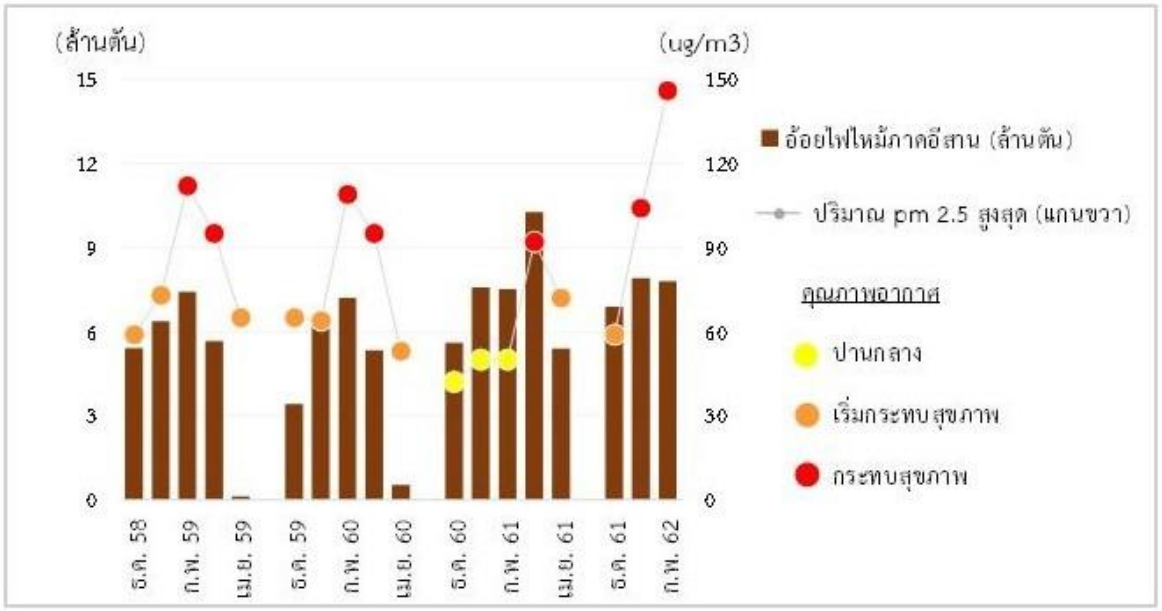
ปัจจุบันประเทศไทยมีการปลูกอ้อยในหลายพื้นที่ของประเทศเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ดังตารางที่ 1.1 อ้อยเป็นพืชที่ปลูกง่ายและสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้งต่อการปลูกเพียง 1 ครั้ง นอกจากนี้อ้อยยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญโดยใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการ ผลิตน้ำตาล ซึ่งประเทศไทยมีการส่งออกน้ำตาลเป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากบราซิล และเป็นอันดับ 1 ในอาเซียน (สมาคมโรงงานน้ำตาลทราย, 2559)

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลการผลิตอ้อยของประเทศไทยปีการผลิต 2551/52 – 2560/61

ปีการผลิต	พื้นที่ปลูกอ้อย (ไร่)	ผลผลิตอ้อย (ตัน/ไร่)	ปริมาณอ้อยเข้าหีบ (ตัน)	สัดส่วนอ้อยไฟไหม้ (ร้อยละ)
2551/52	6,837,025	10.34	66,463,253	63.57
2552/53	7,134,846	10.16	68,485,300	63.91
2553/54	8,461,252	11.74	95,358,928	66.77
2554/55	8,998,286	11.79	97,979,690	65.53
2555/56	9,487,320	11.31	100,002,515	65.78
2556/57	10,078,025	11.23	103,665,750	63.42
2557/58	10,530,927	11.05	105,959,079	65.17
2558/59	11,012,839	9.15	94,047,042	64.79
2559/60	10,988,489	9.42	92,950,815	64.17
2560/61	11,542,550	12.06	134,929,298	66.28

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม ธันวาคม 2561

จากข้อมูลการผลิตอ้อยพบว่าปริมาณการเผาอ้อยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ตามปริมาณการปลูกอ้อยที่เพิ่มขึ้นและส่งผลกระทบต่อปัญหาการเกิดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน(PM 2.5) ที่มีสาเหตุมาจากควันที่เกิดจากการเผาอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคอีสาน ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ปริมาณอ้อยไฟไหม้เปรียบเทียบกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในภาคอีสาน

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายและกรมควบคุมมลพิษ, 2562

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แม้ว่าทางภาครัฐจะพยายามรณรงค์อย่างเต็มที่เพื่อให้ชาวไร่จัดเก็บอ้อยสดเข้าหีบ โดยออกมาตรการให้โรงงานน้ำตาลรับซื้อผลผลิตอ้อยไฟไหม้ได้ไม่เกินร้อยละ 50 ของปริมาณอ้อยเข้าหีบทั้งหมด แต่จากข้อมูลปีล่าสุดประจำฤดูการผลิตปี 2562/63 พบว่ายังมีปริมาณอ้อยไฟไหม้เข้าหีบสูงถึง 7.43 ล้านตันอ้อย หรือคิดเป็นร้อยละ 45.25 ของปริมาณอ้อยเข้าหีบในช่วงแรก (คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2562) สาเหตุเนื่องจากปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยวอ้อยสดและความสะดวกรวดเร็วในการตัดอ้อย เพราะการตัดอ้อยสดนั้นมีความยากลำบากมากกว่าการตัดอ้อยเผา ทั้งใบอ้อยที่มีความคมบาดมือและผิวหนัง อ้อยบางพันธุ์ก็มีหนามทำให้เกิดความล่าช้าในการตัด ทำให้แรงงานหลายรายปฏิเสธที่จะรับจ้างตัดอ้อยสด แต่หากเป็นการเผาจะเหลือแต่ส่วนลำต้น จึงทำให้ตัดง่ายและรวดเร็วขึ้น แต่การเผาอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวนอกจากจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

แล้ว ยังมีผลให้อ้อยเกิดการสูญเสียน้ำหนัก คุณภาพความหวานลดลง การทำลายระบบนิเวศในแปลงอ้อย การทำลายสารอาหารและโครงสร้างของดิน ต้นอ้อยสกปรกเกิดยางเหนียวรอบๆเปลือกอ้อยทั่วลำต้นทำให้เครื่องจักรของโรงงานน้ำตาลชำรุดเสียหายได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา รวบรวมและวิเคราะห์แนวทางการนำใบอ้อยสดไปใช้ประโยชน์ โดยนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือจะแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด เพื่อเพิ่มมูลค่าและง่ายต่อการขนส่ง ซึ่งนอกจากจะช่วยลดการเผาอ้อยก่อนหีบซึ่งช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพของคนในชุมชน แล้วยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับอ้อย ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องเผาอ้อยอีกต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการนำใบอ้อยไปใช้ประโยชน์โดยนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลหรือแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด

1.2.2 เพื่อศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมของการนำใบอ้อยไปใช้ประโยชน์เชิงพลังงาน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปใบอ้อยไปเป็นพลังงานโดยศึกษาการนำไปเผาไหม้โดยตรงเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเปรียบเทียบกับการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด

1.3.2 เปรียบเทียบความเหมาะสมของเทคโนโลยีที่เลือกโดยวิธีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์กระแสเงินสด (Cash Flow Analysis) เพื่อประเมินคุณภาพและความคุ้มค่าหลังการแปรรูปใบอ้อย

1.3.3 ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ลดลงจากการนำใบอ้อยไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน ได้แก่ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และปริมาณขี้เถ้าหลังการเผาไหม้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 มีแนวทางการนำใบอ้อยไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงานที่มีความเหมาะสมทางเทคโนโลยีและคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์

1.4.2 ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการเผาอ้อยและเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรจากการแปรรูปวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลที่ควรทราบก่อนทำการวิจัยในประเด็นดังต่อไปนี้ การปลูกอ้อย การเก็บเกี่ยวและผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเก็บเกี่ยวอ้อย แนวทางการนำใบอ้อยไปใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตพลังงานทดแทน ได้แก่ การเผาไหม้โดยตรง การผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ด การทำถ่านอัดแท่ง การผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) การแปรรูปให้ได้ไบโอออยล์และถ่านชาร์ รวมทั้งการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

2.1 อ้อยและโรงงานน้ำตาล

2.1.1 ความสำคัญทางเศรษฐศาสตร์ (ศูนย์วิจัยธนาคารกรุงศรีอยุธยา, 2564)

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลและพลังงานทดแทน ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ 9 ล้านไร่ ให้ผลผลิตอ้อยรวมกว่า 100 ล้านตัน ค่าเฉลี่ยของผลผลิตอ้อยประมาณ 11 ตันต่อไร่ แต่ละปีให้มูลค่าทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมทั้งระบบ ไม่น้อยกว่า 7 หมื่นล้านบาท น้ำตาลเป็นสารให้ความหวานจากพืชที่มีความต้องการสูงในการบริโภคทั่วโลก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลแบ่งออกเป็น 4 ชนิดหลัก ได้แก่

น้ำตาลทรายดิบ (Raw sugar) มีสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม มีความชื้นปานกลาง มีกากน้ำตาลมาก เกล็ดน้ำตาลจับตัวกันแน่น มีสิ่งสกปรกเจือปน และมีความบริสุทธิ์ต่ำ ใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตน้ำตาลทรายขาว น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ และผลิตภัณฑ์อื่นๆ อาทิ เอทานอล แอลกอฮอล์ และพลาสติก น้ำตาลทรายดิบต้องนำเข้ากระบวนการทำให้บริสุทธิ์จึงสามารถบริโภคได้

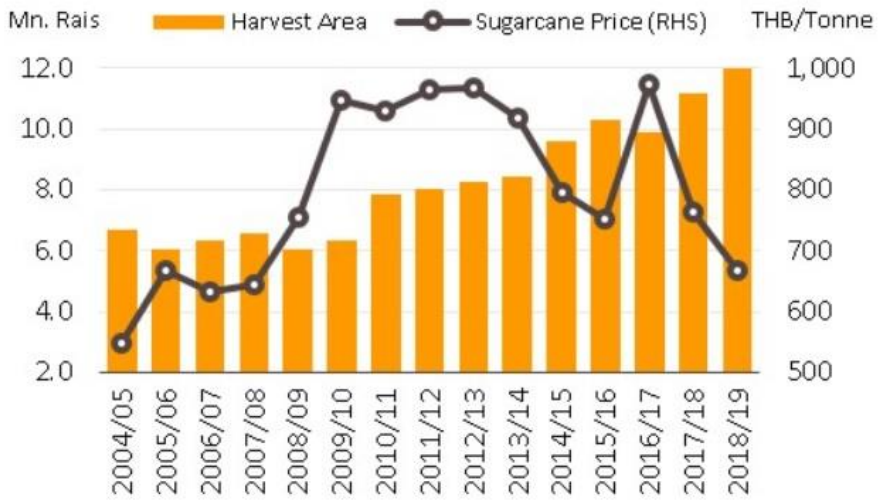
น้ำตาลทรายขาว (White sugar) ได้จากการสกัดเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำตาลทรายดิบ อยู่ในรูปผลึก มีสีขาวถึงเหลืองอ่อน มีกากน้ำตาลและความชื้นน้อย เกล็ดน้ำตาลจับตัวไม่แน่น มีความร่วนกว่าน้ำตาลทรายดิบ นิยมใช้บริโภคในครัวเรือน และเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม

น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (Refined sugar) ผ่านกระบวนการผลิตคล้ายน้ำตาลทรายขาว แต่มีความบริสุทธิ์มากกว่า มีลักษณะเป็นเม็ดหรือเกล็ดสีขาวใส มีความสะอาดมาก ไม่มีกากน้ำตาล มีความชื้นน้อยมากหรือไม่มีเลย นิยมใช้ในครัวเรือนและอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำตาลที่มีความบริสุทธิ์มาก เช่น น้ำอัดลม เครื่องดื่มบำรุงกำลังและยา เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ (By product) นำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นหรือสร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อจำหน่ายต่อไป เช่น กากน้ำตาล (Molasses) กากอ้อย (Bagasses) ชานอ้อยและไอน้ำ

ประเทศไทยมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกอ้อยอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มจาก 6.3 ล้านไร่ในปี 2553 เป็น 12 ล้านไร่ในปี 2562 แสดงดังภาพที่ 2.1 อันเป็นผลมาจากราคาอ้อยที่เพิ่มขึ้นทำให้จูงใจเกษตรกรและความต้องการบริโภคน้ำตาลที่เติบโตต่อเนื่องจากอุปสงค์ทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งมีทั้งผู้บริโภคโดยตรง (End-consumer) และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง (End-user industries) อาทิ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น



ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกอ้อยในประเทศไทย

ภาพที่ 2.1 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกอ้อยในประเทศไทย

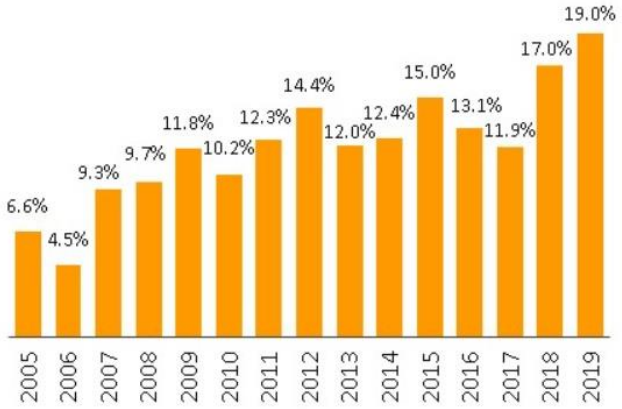
ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563

การส่งออกน้ำตาลของไทย มีสัดส่วนคิดเป็น 81% ของปริมาณจำหน่ายน้ำตาลทั้งหมดของไทย โดยไทยมีส่วนแบ่งในตลาดโลกประมาณ 19.0% แสดงดังภาพที่ 2.2 แบ่งเป็น

น้ำตาลทรายดิบ ปริมาณส่งออก 5.9 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วน 56.0% ของปริมาณส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลทั้งหมด โดยตลาดส่งออกหลัก คือ อินโดนีเซีย (สัดส่วน 56.8% ของปริมาณส่งออกน้ำตาลทรายดิบทั้งหมด) เกาหลีใต้ (11.0%) มาเลเซีย (10.6%) และจีน (8.2%)

น้ำตาลทรายขาว ปริมาณส่งออก 4.0 ล้านตัน (สัดส่วน 38.0%) ตลาดหลัก ได้แก่ กัมพูชา (17.6% ของปริมาณส่งออกน้ำตาลทรายขาวทั้งหมด) ไต้หวัน (8.6%) และซูดาน (8.6%)

กากน้ำตาล ปริมาณส่งออก 0.6 ล้านตัน (สัดส่วน 6.0%) ตลาดส่งออกหลัก ได้แก่ ฟิลิปปินส์ (41.8% ของปริมาณส่งออกโมลาสทั้งหมด) เกาหลีใต้ (30.5%) และญี่ปุ่น (13.5%)



ภาพที่ 2.2 ส่วนแบ่งในตลาดโลกจากการส่งออกน้ำตลาดของไทย
ที่มา : ฝ่ายวิจัยธนาคารกรุงศรีอยุธยา, 2563

พบว่าแนวโน้มการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลของไทยและส่วนแบ่งทางการตลาดโลกได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในส่วนของความต้องการบริโภคน้ำตาลในประเทศอยู่ที่ 2.5 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วน 19% ของปริมาณจำหน่ายน้ำตาลไทย แบ่งเป็นความต้องการของผู้บริโภคโดยตรง 56.9% ที่เหลืออีก 43.1% เป็นความต้องการใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง(ทางอ้อม) ได้แก่ อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม (สัดส่วน 48.1% ของปริมาณการใช้น้ำตาลทรายทางอ้อมทั้งหมด) รองลงมาเป็นอุตสาหกรรมอาหาร (22.4%) และผลิตภัณฑ์นม (19.4%) นอกจากรายได้หลักจะมาจากการจำหน่ายน้ำตาล ผู้ประกอบการยังมีรายได้เสริมจากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล เช่น กากน้ำตาลสำหรับใช้ผลิตเอทานอล ซึ่งอยู่ในทิศทางเติบโตต่อเนื่องตามนโยบายส่งเสริมการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์จากภาครัฐ อีกทั้งผู้ประกอบการบางรายยังลงทุนในอุตสาหกรรมต่อเนื่องโดยใช้ผลพลอยได้มาเป็นวัตถุดิบ เช่น พลังงานไฟฟ้าชีวมวล เยื่อกระดาษ ปาร์ติเคิลบอร์ด และปุ๋ยชีวภาพ เป็นต้น

2.1.2 การปลูกอ้อย พื้นที่เพาะปลูกอ้อย ปริมาณผลผลิตอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาลในประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากรายงานผลการสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อยในประเทศไทยประจำปีการผลิต 2561/62 โดยสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย พบว่าพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั่วประเทศในเขตพื้นที่สำรวจรวม 47 จังหวัด จำนวน 12,236,074 ไร่ ซึ่งมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากปีการผลิต 2560/61 จำนวน 693,524 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 6.01โดยแบ่งเป็น

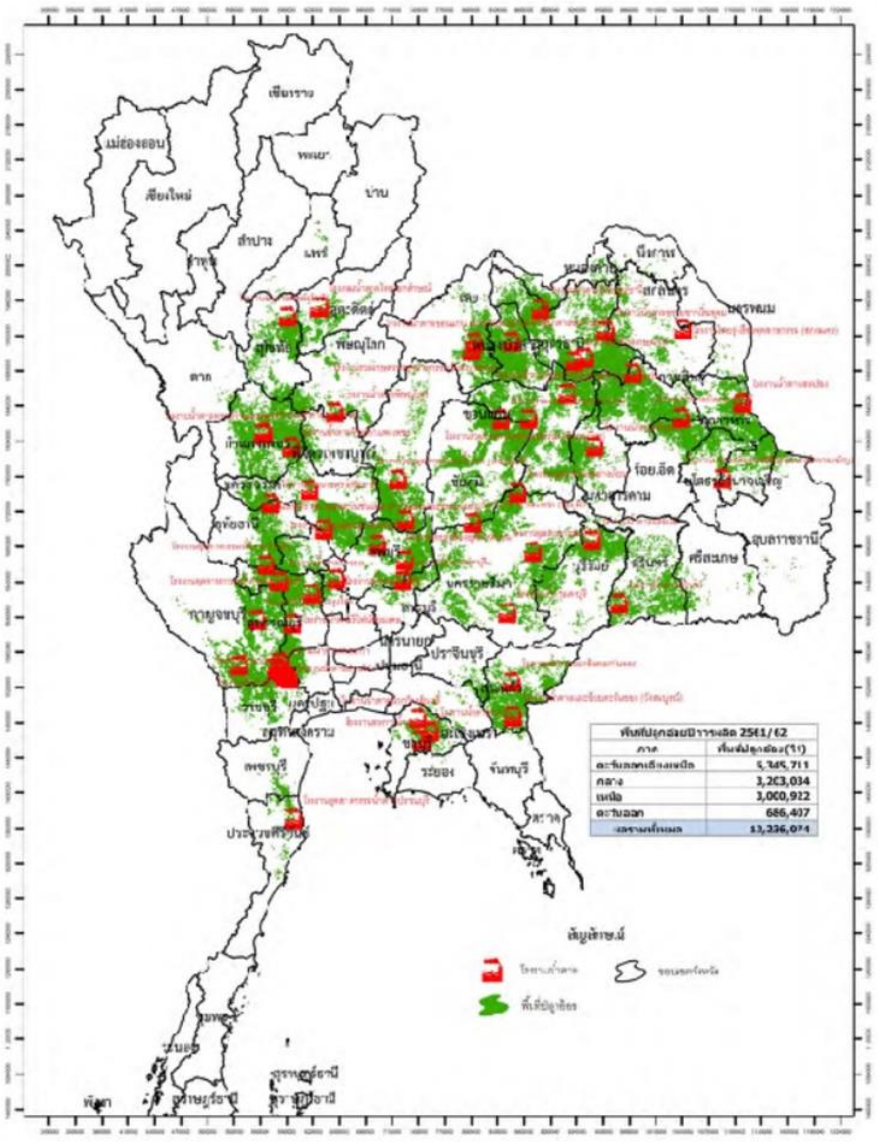
ภาคกลางมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวน 12 จังหวัด ได้แก่จังหวัดอุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี สระบุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี กาญจนบุรี นครปฐม ราชบุรี เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 3,203,034 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี การผลิต 2560/61 จำนวน 84,109 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 2.70 โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด 3 จังหวัดแรกได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี ลพบุรี และสุพรรณบุรี ตามลำดับ

ภาคเหนือมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวน 9 จังหวัด ได้แก่จังหวัดแพร่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร นครสวรรค์ และเพชรบูรณ์ มีพื้นที่ปลูกอ้อย 3,000,922 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปีการผลิต 2560/61 จำนวน 281,498 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 10.35 โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด 3 จังหวัดแรกได้แก่ จังหวัด นครสวรรค์ กำแพงเพชร และเพชรบูรณ์ ตามลำดับ

ภาคตะวันออกมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวน 6 จังหวัด ได้แก่จังหวัดปราจีนบุรี สระแก้ว ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง และจันทบุรี มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 686,407 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปีการผลิต 2560/61 จำนวน 27,158 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 4.12 โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด 3 จังหวัดแรกได้แก่ จังหวัดสระแก้ว ชลบุรี และปราจีนบุรี ตามลำดับ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวน 20 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเลย หนองบัวลำภู อุดรธานี หนองคาย บึงกาฬ สกลนคร นครพนม ชัยภูมิ ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ มุกดาหาร อำนาจเจริญ ยโสธร นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 5,345,711 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปีการผลิต 2560/61 จำนวน 300,759 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 5.96 โดยจังหวัด ที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด 3 จังหวัดแรกได้แก่ จังหวัดอุดรธานี นครราชสีมา และขอนแก่น ตามลำดับ ทั้งหมดจะแสดงดังภาพที่ 2.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2.3 แผนที่แสดงพื้นที่ปลูกอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาลประเทศไทยปีการผลิต 2561/62
ที่มา : รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2561/62 สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2562

การทำให้ประสิทธิภาพของผลผลิตอ้อยได้อย่างเต็มศักยภาพนั้น ปัจจัยที่สำคัญที่สุด คือ การเลือกใช้พันธุ์อ้อยให้เหมาะสมกับพื้นที่ การคัดเลือกพันธุ์อ้อยที่เกษตรกรชาวไร่สามารถเลือกใช้แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ตามคำแนะนำของ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2562) ดังนี้

1) อ้อยพันธุ์เบา คืออ้อยที่มีการสะสมน้ำตาลเร็วและมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 8-10 เดือน อาจเก็บเกี่ยวช่วงต้นฤดูหีบ (พฤศจิกายน – ธันวาคม) เช่น K84-69, K90-77, LK95-118, LK95-124, อีเหี่ยว, อู่ทอง 2, อาทอง 5, อู่ทอง 6, KU50, KU60-2 และ KU60-3 เป็นต้น

2) อ้อยพันธุ์กลาง คืออ้อยที่มีการสะสมน้ำตาลเร็วปานกลาง อายุการเก็บ เกี่ยวระหว่าง 10-12 เดือน เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวช่วงกลางหีบ (มกราคม– กุมภาพันธ์) เช่น K88-65, K88-87, K92-80, K97-27, K9972, อู่ทอง 3, อู่ทอง 8, กพส. 94-13 และขอนแก่น 3 เป็นต้น

3) อ้อยพันธุ์หนัก คืออ้อยที่มีการสะสมน้ำตาลช้าอายุการเก็บเกี่ยวมากกว่า 12 เดือน เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวปลายฤดู เช่น K84-200, K88-92, K92-213, K90-54, อู่ทอง 1 และอู่ทอง 7 เป็นต้น

โดยพันธุ์อ้อยที่มีคำแนะนำและส่งเสริมให้ปลูกในแต่ละเขตพื้นที่ดังนี้

- พื้นที่ปลูกอ้อยในเขตภาคเหนือ ได้แก่ LK92-11, ขอนแก่น 3, K88-92, K99-72, K97-27, อู่ทอง 3 และ อู่ทอง 7 เป็นต้น
- พื้นที่ปลูกอ้อยในเขตภาคกลาง ได้แก่ LK92-22, ขอนแก่น 3, K88-92, K99-72, อู่ทอง 7 เป็นต้น
- พื้นที่ปลูกอ้อยภาคตะวันออก ได้แก่ LK92-11, ขอนแก่น 3, K88-92, K95-84, อู่ทอง 1, อู่ทอง 2, อู่ทอง 3 และอู่ทอง 7 เป็นต้น
- พื้นที่ปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ K88-92,K95-84,K97-27, LK92-11 และขอนแก่น 3 เป็นต้น

การเลือกพันธุ์อ้อยต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับสภาพดินในพื้นที่ปลูกอ้อยของแต่ละท้องถิ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามสภาพดิน วิธีการให้น้ำ เป็นต้น เพื่อให้อ้อยสามารถแสดงศักยภาพ ของพันธุ์อ้อยในการให้ผลผลิตและคุณภาพอ้อยได้อย่างเต็มที่ ซึ่งมีฤดูกาลปลูกอ้อย แบ่งออกเป็น 2 ฤดู ตามสภาพพื้นที่ดังนี้

- ช่วงต้นฤดูฝน จะอยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - เมษายนในพื้นที่เขตชลประทาน และในช่วงเดือนมีนาคม - เมษายน ในพื้นที่เขตน้ำฝน
- ช่วงปลายฤดูฝน จะอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม - พฤศจิกายน ซึ่งเป็นการปลูกอ้อยข้ามแล้งในพื้นที่เขตดินร่วนปนทราย ที่ไม่มีชั้นดินเหนียวหรือดินลูกรัง

2.1.3 การเก็บเกี่ยวอ้อย

ช่วงเวลาเก็บเกี่ยวอ้อยขึ้นอยู่กับเวลาเปิดหีบของโรงงาน ตามที่รัฐบาลประกาศเป็นรายปีที่ผ่านมากำหนดให้เปิดหีบได้ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน เป็นต้นไป แต่โรงงานส่วนมากจะเปิดหีบในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน ถึงกลางเดือนธันวาคม ดังนั้นช่วงเวลาเก็บเกี่ยวอ้อยจึงผันแปรไปตามเวลาเปิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หีบของแต่ละโรงงาน วิธีการเก็บเกี่ยวอ้อยมีทั้งหมด 3 วิธี ตามคำแนะนำของ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2561) ได้แก่

1) คนตัดมัด ควรเป็นพันธุ์ที่มีขนาดลำปานกลาง-ใหญ่ น้ำหนักต่อลำสูง ลอกกาบง่าย ไม่มีขนหลังกาบใบ การหักล้มน้อย ไม่ออกดอก (กรณีใช้ยอดมัด)

2) คนตัดไม่มัด (ใช้รถคีบ) ควรเป็นพันธุ์ที่มีขนาดลำปานกลาง - ใหญ่ น้ำหนักต่อลำสูง ลอกกาบง่าย ไม่มีขนหลังกาบใบการหักล้มน้อย

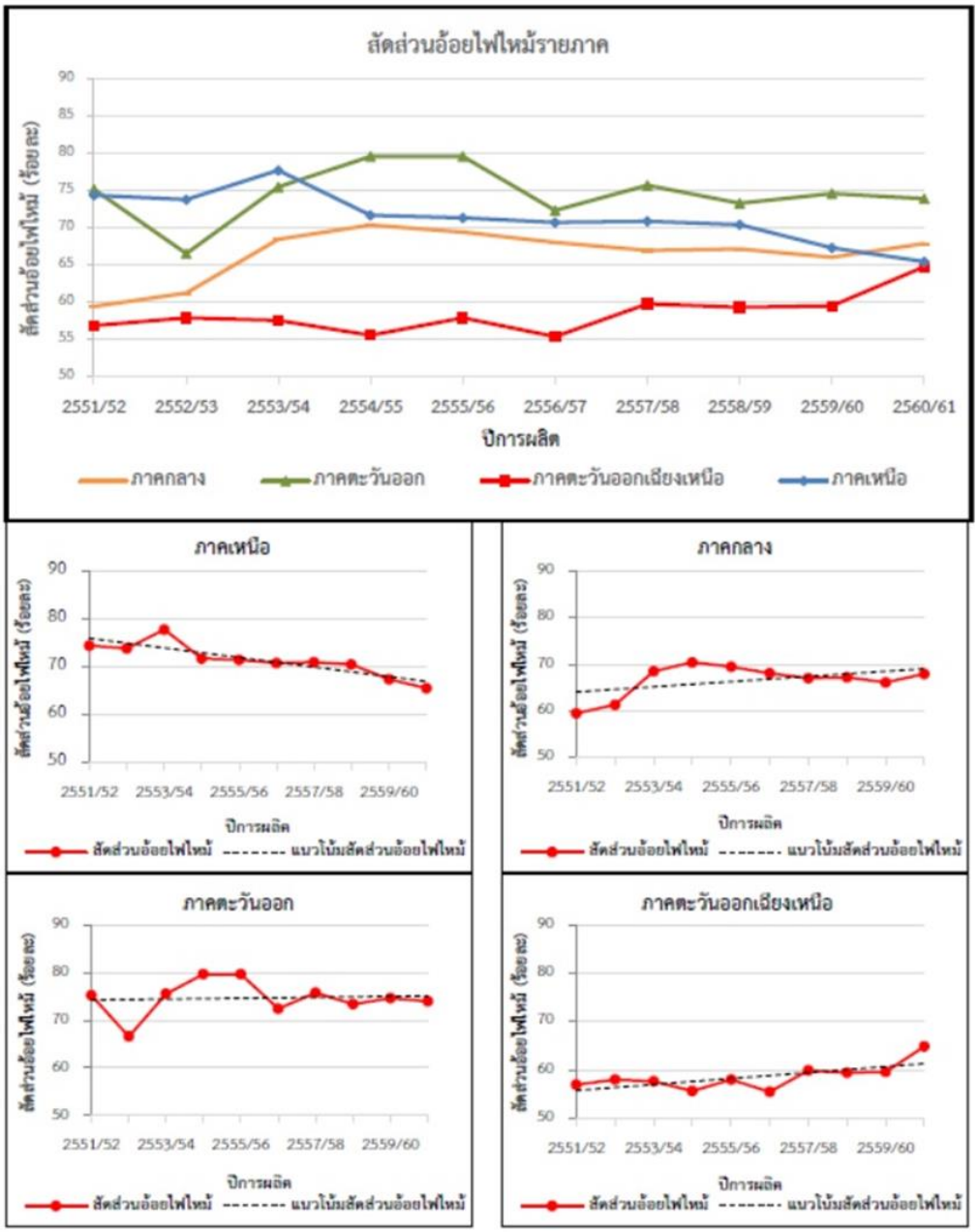
3) รถตัด ควรเป็นพันธุ์ที่มีขนาดลำปานกลาง จำนวนลำต่อกอสูง น้ำหนักต่อลำสูง ลอกกาบง่าย

การเก็บเกี่ยวอ้อยควนตัดอ้อยชิดดิน ไม่ต้องเผาใบหรือเศษเหลือในไร่ อายุเก็บเกี่ยว 10-12 เดือน ขึ้นอยู่กับพันธุ์อ้อยและสภาพแวดล้อม หลังจากตัดอ้อยแล้วต้องรีบส่งเข้าโรงงานภายใน48 ชั่วโมง

2.1.4 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการเก็บเกี่ยวอ้อย (ละอองดาว แสงหล้า, 2548)

ประเทศไทยประสบปัญหามลพิษทางอากาศอย่างรุนแรงในบางเวลา เนื่องจากปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate matter; PM) ได้แก่ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 (PM10) และ 2.5 ไมครอน (PM2.5) เพิ่มสูงขึ้น และหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กคือการเผาอ้อย ซึ่งเป็นการเผาไหม้ชีวมวลในที่โล่งแจ้ง การเผาอ้อยนั้นพบว่าทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กมีซิลิเกตเป็นองค์ประกอบหลัก ผลึกของซิลิเกตที่มีขนาดเล็กกว่า 4 ไมครอนถูกระบุว่าคือสาเหตุของมะเร็งปอด (วรรณวิภา แก้วประดิษฐ์, 2564) ซึ่งปัญหาที่พบส่วนใหญ่มาจากการใช้แรงงานคนตัด เนื่องจากเกษตรกรนิยมเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว จากการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณอ้อยไฟไหม้เป็นรายภาคในแต่ละปีของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย ประจำปี 2561 พบว่าภาคภาคตะวันออกมีสัดส่วนอ้อยไฟไหม้เฉลี่ยสูงที่สุด ประมาณร้อยละ 74.66 ของปริมาณอ้อยเข้าหีบทั้งหมดในภาค รองลงมาคือภาคเหนือ ร้อยละ 71.41 ภาคกลาง ร้อยละ 66.54 และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 58.50 แต่เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง (Trend Analysis) พบว่าภาคที่มีแนวโน้มสัดส่วนของอ้อยไฟไหม้เพิ่มขึ้น เป็นภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีก่อนใกล้เคียงกัน คือเฉลี่ยร้อยละ 1.57 และ 1.55 ตามลำดับ ส่วนภาคตะวันออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีก่อนเล็กน้อย เฉลี่ยร้อยละ 0.07 แสดงดังภาพที่ 2.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2.4 สถิติและแนวโน้มสัดส่วนอ้อยไฟไหม้รายภาค ปีการผลิต 2551/52 – 2560/61

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย , 2561

การเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวและการขนอ้อยด้วยรถบรรทุกในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดปัญหาเรื่องฝุ่นละลองขนาดเล็ก(PM 2.5)ตามมา ซึ่งจะส่งผลทางด้านสุขภาพกับคนในชุมชนบริเวณนั้น นอกจากนี้แปลงอ้อยที่มีการเผาใบจะมีวัชพืชขึ้นมากกว่าแปลงที่ตัดอ้อยสด ทำให้เกิดผลกระทบ คือ ต้องมีการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชมากขึ้นและเกิดการตกค้างของสารพิษในดินสูงขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และกลุ่มหมอกควัน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิด

ปรากฏการณ์เรือนกระจกทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ก่อให้เกิดอากาศเป็นพิษ ทำให้เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของคนและสัตว์ อีกทั้งยังทำให้บ้านเรือนสกปรกจากฝุ่นละอองเถ้าที่ปลิวมาตกตามอาคารบ้านเรือน ดังตัวอย่างในประเทศออสเตรเลีย ที่ในอดีตมีการเผาใบอ้อยก่อนตัดมาเป็นระยะเวลาประมาณ 80 ปี ทำให้ประชาชนในประเทศเกิดเป็นมะเร็งโรคผิวหนังมากกว่าชนชาติอื่นๆ ซึ่งภายหลังมีการตรวจสอบแล้ว พบว่าชั้นบรรยากาศใกล้กับประเทศเกิดเป็นช่องขนาดใหญ่ ส่งผลให้แสงคอสมิคสามารถส่องผ่านลอดลงมาได้ ด้วยเหตุนี้ออสเตรเลียจึงเลิกการเผาอ้อยก่อนตัดและหันมาพัฒนาเครื่องตัดอ้อยชนิดไม่ต้องเผาใบก่อนตัดแทน ตามการศึกษาของ (ละอองดาว แสงหล้า,2548)

จากการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากกระบวนการผลิตอ้อยของกลุ่มชาวไร่ในจังหวัดบุรีรัมย์ โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตอ้อยใน 4 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมดิน การปลูก การดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยวและขนส่ง ซึ่งวิธีผลิตอ้อยมี 2 แบบ ได้แก่ การปลูกอ้อยใหม่และการปลูกอ้อยตอ ส่วนการเก็บเกี่ยวมี 3 รูปแบบ ได้แก่ การตัดอ้อยไฟไหม้ การตัดอ้อยตัดสดแบบเผาใบอ้อยหลังตัด และการตัดอ้อยตัดสดแบบไม่เผาใบอ้อยหลังตัด จากผลการวิจัยพบว่าอ้อยตอ (อ้อยตัดสดแบบเผาใบอ้อยหลังตัด) มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าสูงสุดเท่ากับ 532.19 $kgCO_2eq/ton$ รองลงมาได้แก่ อ้อยตอ (อ้อยไฟไหม้), อ้อยปลูกใหม่ (อ้อยตัดสดแบบเผาใบอ้อยหลังตัด),อ้อยปลูกใหม่ (อ้อยไฟไหม้) และอ้อยปลูกใหม่(อ้อยตัดสดแบบไม่เผาใบอ้อยหลังตัด) มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเท่ากับ 524.91, 436.58, 429.29 และ 60.82 $kgCO_2eq/ton$ ตามลำดับ ส่วนอ้อยตอ (อ้อยตัดสดแบบไม่เผาใบอ้อยหลังตัด) มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าน้อยที่สุดเท่ากับ 14.90 $kgCO_2eq/ton$ เมื่อพิจารณาขั้นตอนการเตรียมดินรวมกับขั้นตอนการปลูกพบว่า การปลูกอ้อยใหม่มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าอ้อยตอถึง 43.22 $kgCO_2eq/ton$ และเมื่อพิจารณาวิธีการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวแบบอ้อยไฟไหม้และอ้อยตัดสดแบบเผาใบอ้อยหลังตัด จะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามากกว่าการเก็บเกี่ยวแบบอ้อยตัดสดแบบไม่เผาใบอ้อยหลังตัดประมาณ 38 เท่าสำหรับอ้อยปลูกใหม่และ 52 เท่าสำหรับอ้อยตอ ดังนั้นการผลิตอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ชาวไร่อ้อยควรเลือกปลูกอ้อยแบบอ้อยตอและมีการเก็บเกี่ยวแบบอ้อยตัดสดและไม่เผาใบหลังตัดอ้อยจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (ธีรารัตน์ จีระมะกร, 2563)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.5 ต้นทุนการปลูกอ้อยของเกษตรกร

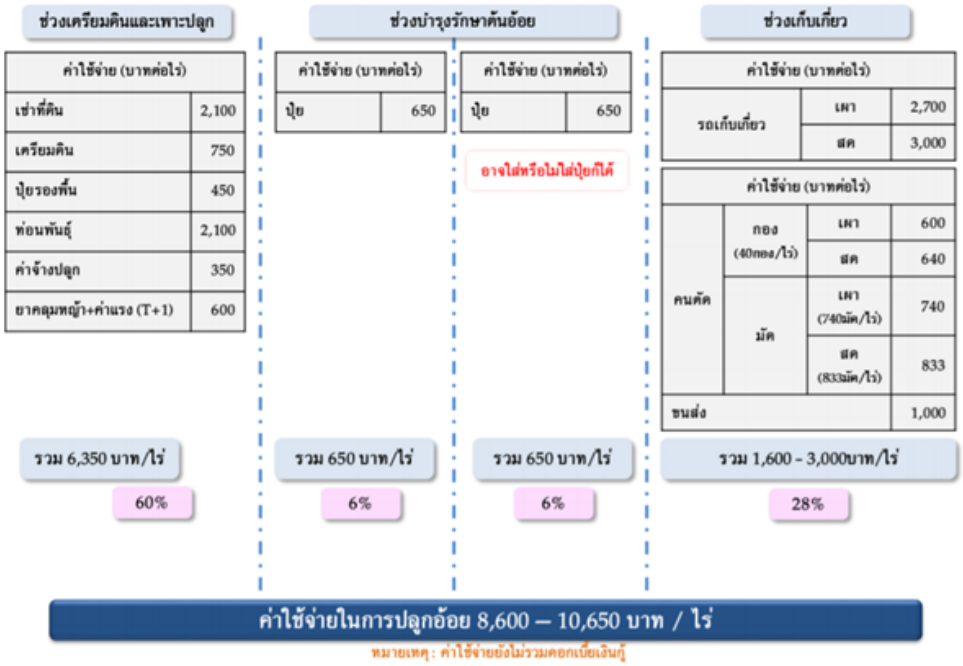
ฤดูกาลปลูกอ้อยของเกษตรกรปกติจะเริ่มในเดือนเมษายนและจะใช้ระยะเวลาประมาณ 10 เดือน จึงสามารถ เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ โดยต้นทุนการเพาะปลูกตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นไปจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตสามารถจำแนกได้เป็น 3 ช่วงเวลา ดังนี้

1) ช่วงเตรียมดินและเพาะปลูก จะเริ่มตั้งแต่การเตรียมดิน เริ่มปลูกไปจนถึงอ้อยมีอายุ 1 เดือน หรือเดือนเศษ ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ ได้แก่ ค่าเช่าที่ดิน ค่าเตรียมดิน ปุ๋ยรองพื้น ค่าท่อนพันธุ์ และค่าจ้างแรงงานในการปลูก เป็นต้น ซึ่ง ต้นทุนโดยรวมจะอยู่ที่ประมาณ 6,350 บาทต่อไร่ โดยมากกว่าครึ่งจะเป็นต้นทุนเกี่ยวกับค่าเช่าที่ดินและท่อนพันธุ์ ทั้งนี้ ต้นทุนในช่วงเตรียมดินและเพาะปลูก มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 60 ของต้นทุนการเพาะปลูกทั้งหมด

2) ช่วงบำรุงรักษาต้นอ้อย ช่วงนี้ จะมี 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงที่ต้นอ้อยมีอายุได้ 3 เดือน และช่วงที่ต้นอ้อยมีอายุได้ 6 เดือน โดยช่วงที่ต้นอ้อยมีอายุได้ 3 เดือน เกษตรกรจะให้ปุ๋ย 1 ครั้ง มีค่าใช้จ่าย 650 บาทต่อไร่ และเมื่อต้นอ้อยมีอายุได้ 6 เดือน เกษตรกรบางรายอาจให้ปุ๋ยเพิ่มอีก 1 ครั้ง

3) ช่วงเก็บเกี่ยว เมื่ออ้อยมีอายุ10 เดือนเป็นต้นไปก็จะสามารถเก็บเกี่ยวได้โดยต้นทุนการเก็บเกี่ยวจะมากหรือน้อย ขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น สภาพพื้นที่ปลูก (ความสะดวกในการใช้รถเก็บเกี่ยว) สภาพถนนเข้าสู่ไร่อ้อย (ความสะดวก ในการขนส่ง) พฤติกรรมการเก็บเกี่ยวของเกษตรกร (การเผาอ้อยเพื่อความสะดวกในการเก็บเกี่ยวผลผลิต) เป็นต้น กรณีที่ใช้รถเก็บเกี่ยวอ้อยสดจะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 3,000 บาทต่อไร่ ส่วนอ้อยเผาหากใช้รถเก็บเกี่ยวจะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 2,700 บาทต่อไร่ หากใช้แรงงานเก็บเกี่ยวค่าใช้จ่ายจะขึ้นกับการตกลงระหว่างเกษตรกรและแรงงานตัดอ้อย เช่น หากตัดเป็นกองประมาณ 40 กองต่อไร่ ถ้าเป็นอ้อยเผาจะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 600 บาทต่อไร่ หากเป็นอ้อยสดค่าใช้จ่ายจะอยู่ที่ประมาณ 640 บาทต่อไร่ กรณีที่ตัดเป็นมัดจะมีค่าใช้จ่ายประมาณมัดละ 1 บาท ถ้าเป็นอ้อยเผาจะได้ประมาณ 740 มัดต่อไร่ คิดเป็นค่าใช้จ่าย 740 บาทต่อไร่ และสำหรับอ้อยสดจะได้ประมาณ 833 มัดต่อไร่ คิดเป็นค่าใช้จ่าย 833 บาทต่อไร่ ดังนั้น ต้นทุนทั้งหมดของการปลูกอ้อยจะอยู่ที่ประมาณ 8,600 – 10,650 บาทต่อไร่ ทั้งนี้ยังไม่รวมต้นทุนทางการเงินอื่นๆ เช่น ดอกเบี้ยเงินกู้ เป็นต้น ประมาณการต้นทุนการปลูกอ้อยของเกษตรกร ดังภาพที่ 2.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2.5 ประมาณการต้นทุนการปลูกอ้อยของเกษตรกร

ที่มา : ประมาณการโดย ธปท. สภอ.

ต้นทุนการปลูกอ้อยข้างต้นเป็นการประมาณการที่ค่อนข้างอนุรักษ์นิยม (Conservative) โดยการพยายามตีค่าของกิจกรรมต่างๆให้อยู่ในรูปของตัวเงิน แต่ในความเป็นจริงต้นทุนที่เกิดขึ้นอาจต่ำกว่านี้ได้ เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้มีค่าใช้จ่ายในการเช่าที่ดินและท่อนพันธุ์ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นการใช้ท่อนพันธุ์เดิมของตัวเอง ไม่ได้ต้องซื้อท่อนพันธุ์ใหม่ อย่างไรก็ตามหากใช้ประมาณการราคาข้างต้นเป็นเกณฑ์ ราคาอ้อยที่ทำให้เกษตรกรคุ้มทุนจะอยู่ที่ประมาณ 960 บาทต่อตัน โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยต้นทุนระหว่าง 8,600 – 10,650 บาทต่อไร่ และพื้นที่เพาะปลูก 1 ไร่ ให้ผลผลิตอ้อยประมาณ 10 ตัน (โรจน์ลักษณ์ปรีชา, 2560)

2.2 นโยบายลดการเผาอ้อย

2.2.1 นโยบายจากภาครัฐ

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย(สอน.) ออก 4 มาตรการ เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาอ้อยไฟไหม้ในฤดูการผลิตปี 2563/2564 ตอบสนองนโยบายของรัฐบาลในการแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละออง โดยมีเป้าหมายลดปริมาณอ้อยไฟไหม้ เข้าโรงงานเหลือร้อยละ 20 ของปริมาณอ้อยเข้าหีบทั้งหมด เพื่อลดปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 ดังนี้

1) กำหนดนโยบายลดปริมาณอ้อยไฟไหม้ ในฤดูการผลิตปี 2563/2564 ให้ลดปริมาณอ้อยไฟไหม้เหลือร้อยละ 20 ปริมาณอ้อยสดร้อยละ 80 ของปริมาณอ้อยเข้าหีบทั้งหมด โดยมีมาตรการกำหนดราคาส่วนต่างให้อ้อยสดมากกว่าอ้อยไฟไหม้ตันละประมาณ 200 บาท ให้มีความคุ้มค่ามากพอและเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรชาวไร่อ้อยตัดอ้อยสดมากขึ้น

2) จัดหาเครื่องมือเพื่ออำนวยความสะดวกให้เกษตรกรชาวไร่อ้อยตัดอ้อยสดมากขึ้น โดยใช้งบประมาณกองทุนอ้อยและน้ำตาลทราย เช่น การจัดหาเครื่องสางใบอ้อยให้สมาชิกกลุ่มการเรียนรู้เพื่อพัฒนาด้านอ้อย ที่ปัจจุบันมีอยู่ 280 กลุ่ม เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรชาวไร่อ้อยมีการรวมกลุ่มและพัฒนาประสิทธิภาพการจัดการอ้อยสด

3) ในกรณีที่มีนโยบายให้การช่วยเหลือหรือสนับสนุนจากภาครัฐจะให้สิทธิเฉพาะเกษตรกรชาวไร่อ้อยที่ตัดอ้อยสดเท่านั้น

4) ออกมาตรการทางกฎหมายเพื่อให้โรงงานมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาไม่ให้ปริมาณอ้อยไฟไหม้เกินกว่าร้อยละ 20 ของปริมาณอ้อยเข้าหีบทั้งหมด

2.2.2 นโยบายจากภาคเอกชน

1) โรงงานน้ำตาลกลุ่มมิตรผล ช่วยแก้ปัญหาการเผาอ้อยที่ก่อให้เกิดฝุ่น PM 2.5 ตามแผนโรดแมปของรัฐบาลคือจะไม่มีอ้อยไฟไหม้เข้าโรงงานน้ำตาลภายในปี 2565 โดยออกมาตรการจูงใจให้ผลตอบแทนที่มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการรับซื้ออ้อยที่ตัดสดไปจนกระทั่งถึงการประกาศรับซื้อใบอ้อยตัดสด ในราคาตันละ 1,000 บาท ซึ่งในส่วนของโรงไฟฟ้าชีวมวลได้เริ่มมาตรการเพิ่มมูลค่าเศษวัสดุที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ใบอ้อยและซังข้าวโพด ด้วยการรับซื้อมาอัดเป็นก้อนเพื่อป้อนให้โรงไฟฟ้าชีวมวลแล้ว ซึ่งในแต่ละปีใช้วัตถุดิบใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงประมาณ 400,000-500,000 ตัน (บริษัท ไทยชูการ์มิลเลอร์ จำกัด,2563)

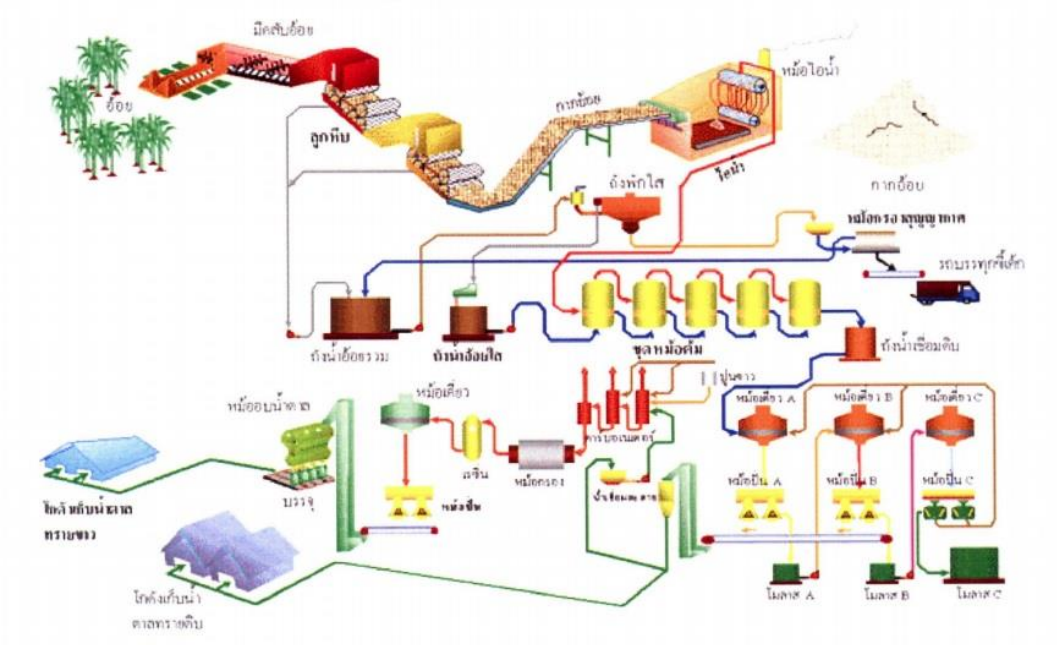
2) บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด (CPAC) ในธุรกิจซีเมนต์และผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง เอสซีจี (SCG) จะเข้ามารับซื้อเศษวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากการทำไร่อ้อย เช่น ยอดและใบอ้อย เพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงทดแทนในการผลิตปูนซีเมนต์และอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยจะดำเนินการรับซื้อใบอ้อยจากพื้นที่เป้าหมาย 3 จังหวัด ได้แก่ สระบุรี อยุธยาและกาญจนบุรี ในราคา 200 – 1,500 บาทต่อตันอ้อยตามปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสม ณ จุดรับซื้อที่กำหนด สร้างรายได้ในระบบอุตสาหกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายกว่า 150 ล้านบาท พร้อมทั้งตั้งโรงงานแปรรูปใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงทดแทนและดำเนินการขนส่งใบอ้อยที่แปรรูปเป็นเชื้อเพลิงทดแทนแล้วนำไปใช้งานต่อไป ซึ่งจะช่วยเชื่อมต่อระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) ในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด สร้างรายได้ให้เกษตรกรชาวไร่อ้อย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาฝุ่นละออง PM 2.5 และภาวะโลกร้อนจากการเผาอ้อยได้อีกทางหนึ่ง (ปัญญา โสภาศรีพันธ์, 2564)

2.3 โรงงานน้ำตาล

โรงงานผลิตน้ำตาลเป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำงานตามฤดูของการปลูกอ้อย โดยในปัจจุบันโรงงานผลิตน้ำตาลจะแบ่งช่วงการทำงานเป็น 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูเปิดหีบอ้อย มีระยะเวลายาวนานประมาณ 4-5 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนของทุกปี เป็นช่วงเวลาแปรสภาพอ้อยให้เป็นน้ำตาล ฤดูที่ 2 คือ ฤดูละลายมีระยะเวลายาวนานประมาณ 3-4 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคมของทุกปี เป็นช่วงที่มีกิจกรรมหลักคือ การผลิตน้ำตาลทรายจากน้ำตาลทรายดิบ ไม่มีการหีบอ้อยในฤดูนี้ และในช่วงเดือนที่เหลือก่อนการเปิดหีบครั้งต่อไปคือ ฤดูที่ 3 ฤดูซ่อมบำรุง โรงงานจะดำเนินการซ่อมแซมเครื่องจักรทั้งหมดเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการผลิต ตลอดทั้งปี โดยไม่มีการหีบอ้อยเช่นเดียวกันกับฤดูละลาย ปริมาณชานอ้อยที่โรงงานน้ำตาลใช้ตลอดทั้งปีนั้นจะเกิดขึ้นในระยะเวลาสั้นๆเพียง 4-5 เดือนเท่านั้น กระบวนการผลิตแสดงดังภาพที่ 2.6 กระบวนการผลิตแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่



ภาพที่ 2.6 กระบวนการผลิตน้ำตาล

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2561

1) กระบวนการสกัดน้ำอ้อย (Juice Extraction) ทำการสกัดน้ำอ้อยโดยผ่านอ้อยเข้าไปในชุดลูกหีบ 4-5 ชุด และกากอ้อยที่ผ่านการสกัดน้ำอ้อยจากลูกหีบชุดสุดท้ายจะถูกนำไปเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ภายในเตาหม้อไอน้ำ เพื่อผลิตไอน้ำและไฟฟ้ามาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย

2) การทำความสะอาดหรือทำน้ำอ้อยให้ใส (Juice Purification) น้ำอ้อยที่สกัดได้ทั้งหมดจะเข้าสู่กระบวนการทำให้ใส เนื่องจากน้ำอ้อยมีสิ่งสกปรกต่างๆเป็นจำนวนมาก จึงต้องแยกเอาส่วนเหล่านี้ออกโดยผ่านวิธีทางกล เช่น ผ่านเครื่องกรองและวิธีทางเคมี เช่น การให้ความร้อนและผสมปูนขาวเพื่อให้ตกตะกอนในถังพัก

3) การต้มให้ระเหย (Evaporation) น้ำอ้อยที่ผ่านการทำให้ใสแล้วจะถูกนำเข้าสู่ชุดหม้อต้ม (Multiple Evaporator) เพื่อระเหยเอาน้ำออกประมาณ 70% โดยน้ำอ้อยข้นที่ออกมาจากหม้อต้มลูกสุดท้าย เรียกว่า น้ำเชื่อม (Syrup) ที่มีความข้นประมาณ 60-65 บริกซ์

4) การเคี่ยวให้ตกผลึก (Crystallization) น้ำเชื่อมที่ได้จากการต้มจะถูกนำเข้าหม้อเคี่ยวระบบสุญญากาศ (Vacuum Pan) เพื่อระเหยน้ำออกจนน้ำออกจนน้ำเชื่อมถึงจุดอิ่มตัว ที่จุดนี้ผลึกน้ำตาลจะเกิดขึ้นมาโดยที่ผลึกน้ำตาลที่ได้จากการเคี่ยวนี้เรียกว่า แมสิควิท (Messecuite)

5) การปั่นแยกผลึกน้ำตาล (Centrifugaling) แมสิควิทที่ได้จากการเคี่ยวจะถูกนำไปปั่นแยกผลึกน้ำตาลออกจากกากน้ำตาล โดยใช้เครื่องปั่น (Centrifugals) ผลึกน้ำตาลที่ได้นี้จะเป็นน้ำตาลทรายดิบ ส่วนน้ำเลี้ยงผลึกที่ถูกแยกออก เรียกว่า กากน้ำตาล (Molasses) น้ำตาลทรายดิบที่ได้จะถูกเก็บไว้ในไซโลเพื่อรอการจำหน่ายหรือใช้เป็นวัตถุดิบใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายขาวต่อไป

เมื่อกระบวนการหีบอ้อยหยุดลง ทั้งฤดูละลายและฤดูซ่อมบำรุง ก็ยังคงต้องใช้พลังงานทั้งจากไอน้ำและไฟฟ้าหากมีการบริหารจัดการการใช้ชานอ้อยได้อย่างเหมาะสม โรงงานน้ำตาลก็ไม่จำเป็นต้องซื้อกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ในโรงงานและหากมีการพัฒนาเทคโนโลยีประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ (Turbine) ให้มีประสิทธิภาพสูงมากยิ่งขึ้น ชานอ้อยที่มีเหลือในโรงงานน้ำตาลก็จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าขายกลับไปให้กับการไฟฟ้าได้ พลังงานที่ใช้ในโรงงานน้ำตาลมี 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 ไอน้ำ ได้แก่ พลังงานความร้อนซึ่งอยู่ในรูปไอน้ำและน้ำร้อน ผลิตจากหม้อน้ำ (Boiler) โดยพลังงานที่อยู่ในรูปไอน้ำจะถูกใช้ไปในกระบวนการผลิตตั้งแต่การหีบอ้อยโดยใช้ในช่วงการเตรียมอ้อยก่อนเข้าหีบขับชุดหีบ การทำใสน้ำอ้อยโดยจะใช้พลังงานจากไอน้ำด้วยการผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและการต้มเคี่ยวน้ำเชื่อม สำหรับพลังงานในรูปแบบที่ 2 คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตโดยใช้ไอน้ำในการขับกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ไอน้ำในโรงงานน้ำตาล การผลิตน้ำตาลนั้นต้องการไอน้ำดี (Live Steam) ความดันระหว่าง 20 -30 bar อุณหภูมิประมาณ 350-370 องศาเซลเซียส สำหรับจ่ายให้อุปกรณ์ต้นกำลัง ได้แก่ กังหันไอน้ำเพื่อผลิตกำลังกลขับชุดใบมีดตัดอ้อยและลูกหีบ ไอดีหลังจากถูกใช้งานที่อุปกรณ์ต้นกำลังแล้ว จะลดคุณภาพเป็นไอน้ำเสีย (Exhaust Steam) ซึ่งเป็นไอน้ำอิ่มตัว มีความดันประมาณ 1.5 bar จะถูกนำไปใช้ที่หม้อต้มและหม้อเคี่ยว ไอน้ำสำหรับหม้อเคี่ยวแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกได้จากไอน้ำเสีย อีกส่วนหนึ่งได้จากหัวหม้อต้ม(น้ำเชื่อมเดือดจนเกิดไอน้ำ) โดยไอน้ำจากหัวหม้อต้มจะถูกใช้ในการอุ่นน้ำอ้อยเพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำอ้อยให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อนำไปผสมกับน้ำด่างในกระบวนการทำใส หลังจากใช้งานแล้วไอน้ำเสียจะผ่านเครื่องควบแน่นกลั่นตัวเป็นน้ำและนำกลับไปใช้ที่หม้อน้ำ (Boiler)ต่อไป

การผลิตไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาล เนื่องจากหม้อน้ำ(Boiler) ในโรงงานไฟฟ้าซึ่งก่อตั้งโดยโรงงานน้ำตาลในปัจจุบันผลิตความดันไอน้ำอยู่ระหว่าง 20-110 bar ซึ่งขนาดความดันไอน้ำที่สูงกว่า 30 bar นั้นมีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า ดังนั้นเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันจึงถูกนำมาพัฒนาใช้ในโรงงานน้ำตาล ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงที่จัดอยู่ในกลุ่มเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดหนึ่ง เมื่อถูกนำมาใช้ในการผลิตพลังงาน จะถูกนำมาใช้เผาไหม้โดยตรง (Direct Fired) ที่หม้อน้ำ (Boiler) เพื่อให้ได้ไอน้ำความดันตามที่กำหนด จากนั้นจะถูกส่งไปยังกังหัน (Turbine) เพื่อปั่นกังหันซึ่งต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ได้กระแสไฟฟ้าออกมา โรงไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาลจึงสามารถใช้ประโยชน์จากไอน้ำไปในขั้นตอนการผลิตน้ำตาลควบคู่กับการผลิตไฟฟ้าร่วมกันหรือเรียกว่า“ระบบผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration)” ซึ่งเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพภาพในการใช้เชื้อเพลิงสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 พลังงานชีวมวล

2.4.1 ชีวมวล (Biomass)

ชีวมวล (Biomass) คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืชและสัตว์ต่างๆ เช่น เศษไม้ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยนำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าทดแทนพลังงานจากฟอสซิล ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป

โรงไฟฟ้าชีวมวล คือ โรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุต่างๆที่เป็นชีวมวล เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าหรือผลิตไอน้ำ ซึ่งอาจเป็นวัสดุชนิดเดียวกันหรือหลายชนิดรวมกัน เช่น โรงน้ำตาลใช้กากอ้อยที่ได้จาก

การหีบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า โรงสีข้าวขนาดใหญ่ที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีกระบวนการผลิตดังนี้

1) เชื้อเพลิงชีวมวลจะถูกลำเลียงจากลานกองด้วยสายพานต่อเนื่องหรือรถตัก รถแทรกเตอร์ เพื่อใช้ในการดันกองเชื้อเพลิงป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เพื่อให้ความร้อนกับหม้อไอน้ำ (Boiler) เพื่อผลิตเป็นไอน้ำ

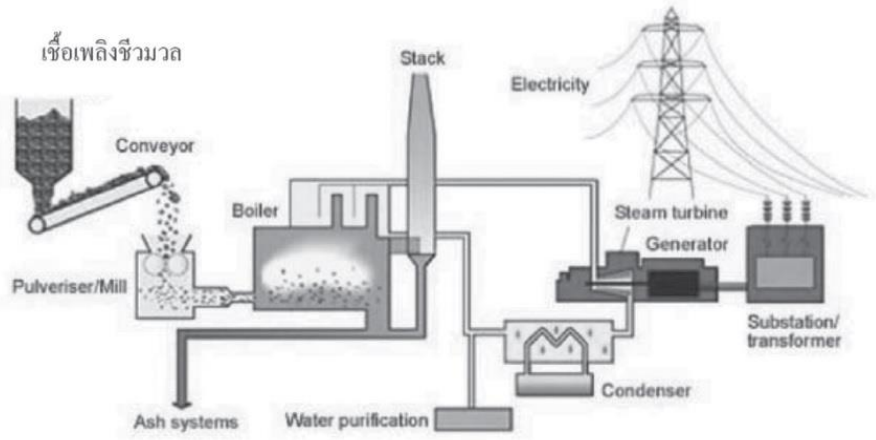
2) ไอน้ำแรงดันสูงที่ได้จะส่งต่อไปหมุนกังหันไอน้ำ (Turbines) ซึ่งต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

3) ไอน้ำที่ผ่านเครื่องกังหันไอน้ำแล้วยังคงมีความร้อนเหลืออยู่จะถูกนำไปผ่านเครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำแล้วนำกลับเติมหม้อไอน้ำ (Boiler) เพื่อผลิตไอน้ำไปใช้ในระบบอีกครั้ง ส่วนน้ำหล่อเย็นที่รับความร้อนมาจากเครื่องควบแน่น (Condenser) จะถูกส่งไปยังหอหล่อเย็น (Cooling Tower) เพื่อระบายความร้อนและนำกลับมาหมุนเวียนเพื่อเป็นน้ำหล่อเย็นในระบบอีกครั้ง ทำให้ระบบหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าเป็นระบบปิด (Close System) ทั้งหมด

4) ไอร้อนและขี้เถ้าลอย (Fly Ash) จะถูกนำไปผ่าน เครื่องดักจับฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตแรงสูง (ESP) เพื่อดักจับฝุ่นก่อนปล่อยออกสู่ภายนอก

5) ขี้เถ้าที่ถูกเก็บกักไว้ในเครื่องดักจะถูกลำเลียงบรรจุลงรถขนส่งขี้เถ้าหรือบรรจุถุงที่คุณภาพแข็งแรงและปิดมิดชิดเพื่อนำส่งลูกค้า เช่น อุตสาหกรรมเกษตรใช้เป็นวัสดุปรับคุณภาพดิน อุตสาหกรรมซีเมนต์หรืออุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นต้น กระบวนการผลิตทั้งหมดจะแสดงดังภาพที่ 2.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.7 กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล

ที่มา : กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย, 2558

2.4.2 การแปรรูปชีวมวล

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการทำเกษตรกรรมสูง ในแต่ละปีจะมีผลพลอยได้จากผลผลิตทางการเกษตรหรือวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรกรรมในปริมาณมาก เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย ใย ทะลาย ปาล์มเป็นต้น ใบและยอดอ้อยเป็นของเสียจากการเก็บเกี่ยวอ้อย เพื่อลดปัญหาการเผาอ้อยจึงควรมีแนวทางการนำใบและยอดอ้อยไปใช้ประโยชน์ให้สูงที่สุดและช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่เกษตรกร เนื่องจากเกิดปริมาณกากจากยอดและใบอ้อยเหลือใช้ที่ตกค้างและไม่ได้ถูกนำไปใช้งานเป็นจำนวนมากแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณกากเหลือใช้ที่เกิดขึ้นและตกค้างทางเกษตรกรรม

ชนิดชีวมวล	**กาก**	**ปริมาณกากที่เกิดขึ้น (ตัน)**	**ปริมาณกากที่ถูกใช้งาน (ตัน)**	**ปริมาณกากเหลือใช้ที่ตกค้าง (ตัน)**
ข้าว	แกลบ	5,250,000	5,000,000	250,000
	ฟางข้าว	12,250,000	0	12,250,000
อ้อย	ชานอ้อย	14,000,000	14,000,000	0
	ใบและยอดอ้อย	8,500,000	0	8,500,000
ปาล์มน้ำมัน	ทะลาย	1,080,000	600,000	400,000
	ใย	650,000	600,000	50,000
ข้าวโพด	ซัง	1,200,000	200,000	1,000,000
มันสำปะหลัง	เหง้ามัน	3,400,000	50,000	3,350,000
ไม้ยูคาลิปตัส	เปลือกไม้	1,800,000	500,000	1,300,000

ที่มา : ศูนย์นวัตกรรมอาหาร ผลิตภัณฑ์สุขภาพ และเกษตรครบวงจร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2561

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พบว่าปริมาณใบและยอดอ้อยเหลือใช้ที่ตกค้างมีจำนวน 8,500,00 ตันในปี 2561 และไม่ได้ถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ในขณะที่กากชานอ้อยถูกนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ทั้งหมด จากการทบทวน

เอกสารพบว่าในปัจจุบันการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆมีมากมายหลายวิธี (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน), 2554) ดังต่อไปนี้

2.4.2.1 การนำใบอ้อยมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ (Biogas)

เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งหรือชีวมวลให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง เรียกว่า แก๊สชีวภาพ (biogas) สามารถนำไปใช้กับกังหันแก๊ส (gas turbine) ได้ โดยการนำชีวมวลมาหมักด้วยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศ ชีวมวลจะถูกย่อยสลายและเกิดก๊าซชีวภาพ (Biogas) ที่มีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน (CH_4) ร้อยละ 50-70 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 30-50 และก๊าซอื่น เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไอน้ำ โดยก๊าซมีเทนใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สำหรับผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนและช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่องปัญหาน้ำเน่าเสียและปัญหาภาวะโลกร้อนที่มาจากก๊าซเรือนกระจก รวมถึงผลพลอยได้จากตะกอนนำไปทำเป็นปุ๋ยหลังจากการผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากนี้สามารถใช้ขยะอินทรีย์ชุมชน มูลสัตว์ น้ำเสียจากชุมชนหรืออุตสาหกรรมเกษตร เป็นแหล่งวัตถุดิบชีวมวลได้ ชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรสามารถนำมาหมักเพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพ เพื่อนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไปได้ ซึ่งพบว่ายอดและใบอ้อยมีศักยภาพสูงเมื่อเทียบกับชีวมวลประเภทอื่นและใช้ถังปฏิกรณ์แบบ UASFF ในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยเลือกจากปริมาณที่เหลือจากการใช้ประโยชน์และปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส แต่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่ใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพยังคงมีต้นทุนต่ำกว่าการใช้ยอดและใบอ้อย เนื่องจากกระบวนการปรับสภาพมีต้นทุนค่อนข้างสูงจึงส่งผลต่อการคำนวณต้นทุนไฟฟ้าสูงกว่าอัตราราคารับซื้อไฟฟ้า หากมีการจัดการที่ดีด้านวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง รวมทั้งสนับสนุนการใช้ประโยชน์ด้านพลังงานทดแทน อาจส่งผลให้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีมูลค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่ได้มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้ามากนัก เพราะอยู่ในสัดส่วนที่ต่ำหากเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงราคาระบบผลิตก๊าซชีวภาพ (กุลธิดา สว่างพล, 2556)

2.4.2.2 การแปรรูปเป็นไบโอออยล์และถ่านชาร์

เป็นกระบวนการใช้ความร้อนสูง เช่น กระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็วด้วยเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดโดยมีหลักการทำงานคือ ก่อนการทดลองบรรจุชีวมวลที่ผ่านการคัดขนาดลงในถังป้อนชีวมวล (Hopper) จากนั้นต่อเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด(Reactor) ชุดกรองไอร้อน (Hot filter) ชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นและชุดตกตะกอนไฟฟ้าสถิต (Water-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

cooled condenser and ESP) ชุดควบแน่นด้วยน้ำแข็งแห้ง (Dry-ice/Acetone condenser) และชุดกรองแก๊ส(Gas filter) ตามลำดับ ที่อุณหภูมิไพโรไลซีส 550 องศาเซลเซียส เมื่อวัสดุทางการเกษตรที่ใช้ นั่นคือใบอ้อยขนาดอนุภาค 250-425 ไมโครเมตร ได้รับความร้อนสูงในสภาพไร้ออกซิเจน จะเกิดการสลายตัวเกิดเป็นเชื้อเพลิงในรูปของเหลวหรือไบโอออยล์ ที่มีค่าความร้อน 15.77 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมและถ่านชาร์ที่มีค่าความร้อน 14.23 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งพบว่าสมบัติไบโอออยล์ ปริมาณของแข็งที่ได้สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานสัมพันธ์กับค่าความหนืดที่สูงถึง 42.99±0.43 เซนติสโตรก แต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความหนาแน่น และปริมาณเถ้าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสมบัติของถ่านชาร์ ปริมาณคาร์บอนในชีวมวลส่งผลโดยตรงต่อค่าความร้อนสูงของถ่านชาร์ (เกยูร ดวงอุปมา, 2555) ในปัจจุบันกระบวนการนี้อยู่ในขั้นตอนของการทดลองเท่านั้น ยังไม่มีการนำมาใช้จริง เนื่องจากมีราคาต้นทุนที่สูงและการดูแลที่ยากซับซ้อนต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญจึงไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน

2.4.2.3 การทำถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง

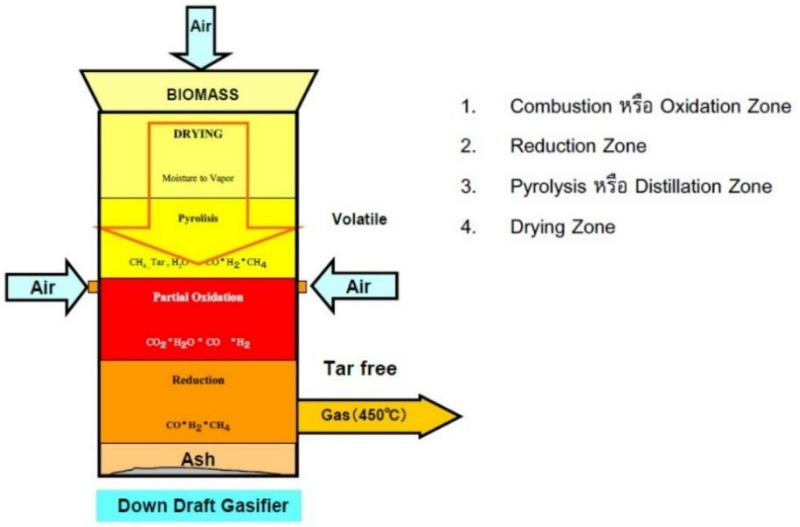
เมื่อสิ้นสุดฤดูกาลเก็บเกี่ยวแล้วทำให้มีวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรเป็นจำนวนมาก จากปกติที่ต้องเผาทิ้งกลางแจ้ง เปลี่ยนมาเป็นเผาในเตาไร้ควัน แล้วนำมาขึ้นรูปอัดเป็นแท่งก็จะได้เป็นถ่าน (Charcoal) ช่วยเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบทางการเกษตรนำไปขายต่อได้ เป็นทางเลือกที่ดีของพลังงานทดแทนอีกทางหนึ่ง ขั้นตอนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงในแต่ละพื้นที่จะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและความชื้นของการจับตัวกันของเนื้อวัสดุเหลือใช้ ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้วัตถุดิบต่างๆ เช่น เศษไม้ไผ่ ,เปลือกทุเรียน (นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกูล, 2557) แต่ยังไม่พบการนำใบอ้อยมาทำเป็นถ่านอัดแท่ง เป็นที่นิยมใช้ในครัวเรือนและมีราคาสูง (Jittabut, 2015)

2.4.2.4 การแปรสภาพเป็นแก๊ส (Gasification)

เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งหรือชีวมวลให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง การนำไปเผาในอุปกรณ์พิเศษเรียกว่าแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier) และใส่อากาศเพียง 20-30 % เพื่อให้เป็นสภาวะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ โดยจำกัดปริมาณอากาศหรือแก๊สออกซิเจน เพราะหากมีแก๊สออกซิเจนเพียงพอหรือมากเกินจะกลายเป็นกระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Combustion) ซึ่งจะมีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำออกมาซึ่งไม่ติดไฟ กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น สามารถแบ่งโซนการเกิดปฏิกิริยาออกเป็น 4 โซน แสดงดังภาพที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.8 โดยก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่เรียกว่าก๊าซสังเคราะห์ (Synthesis Gas) สามารถนำไปใช้สำหรับกังหันก๊าซ (Gas turbine) หรือเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ส่วนมากใช้กับเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร อาทิ เศษไม้ ทะลายปาล์ม และแกลบ(ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2550) แต่ยังไม่พบข้อมูลการนำใบอ้อยมาใช้ประโยชน์



ภาพที่ 2.8 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น

ที่มา : ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2550

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- Combustion หรือ Oxidation Zone เป็นบริเวณที่ป้อนอากาศเข้า เมื่อเชื้อเพลิงถูกกระตุ้นด้วยความร้อน เชื้อเพลิงชีวมวลจะลุกไหม้ เกิดปฏิกิริยาระหว่างแก๊สออกซิเจนในอากาศกับคาร์บอนและไฮโดรเจน ซึ่งเกิดอยู่ภายในเชื้อเพลิงชีวมวล
- Reduction Zone แก๊สร้อนที่ผ่านมาจาก Combustion Zone จะทำให้เกิดปฏิกิริยา Reduction ในส่วนนี้จะมีอุณหภูมิระหว่าง 500 – 900 องศาเซลเซียส ทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำจะไหลผ่านคาร์บอนที่กำลังลุกไหม้อยู่ ก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนมอนออกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนออกไซด์ในแก๊สชีวมวลนี้จะขึ้นอยู่กับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ว่าจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนที่ร้อนได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะดีหรือไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ ความเร็วของแก๊สที่สัมผัสกับเชื้อเพลิงชีวมวล

และพื้นที่ผิวสัมผัสของเชื้อเพลิงชีวมวล ดังนั้นขนาดและปริมาณของเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ จะมีผลต่อการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งเชื้อเพลิงชีวมวลขนาดใหญ่จะมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำ ทำให้ยากต่อการจุดเผาภายในเตาและจะทำให้เกิดปริมาณของช่องว่างระหว่างเชื้อเพลิงด้วยกันมาก เป็นผลทำให้มีออกซิเจนไหลผ่านเข้าไปในระบบมาก ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นก็จะน้อยตามไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สชีวมวลมีค่าต่ำ

- Pyrolysis หรือ Distillation Zone รับความร้อนจากโซน Reduction ทำให้ Volatile Matter ที่อยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวลเกิดการสลายตัว เกิดเป็นเมทานอล กรดน้ำส้ม และทาร์ อุณหภูมิในโซนนี้จะมีค่าประมาณ 200-500 องศาเซลเซียส ของแข็งที่เหลืออยู่ภายหลังจากการผ่านกระบวนการนี้ก็คือ คาร์บอนในรูปถ่าน

- Drying Zone ในโซนนี้ความร้อนจะลดลงมากทำให้อุณหภูมิไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของ Volatile Matter แต่ความชื้นในเชื้อเพลิงจะระเหยออกมาได้ โซนนี้จะมีอุณหภูมิประมาณ 100-200 องศาเซลเซียส (ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล, 2550)

2.4.2.5 เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด (Wood Pellets)

จากการศึกษาเรื่องการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดจากเศษไม้ไผ่ร่วมกับใบอ้อย (ธีรารัตน์ จีระมะกร, 2561) ได้ทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงจากเศษไม้ไผ่และใบอ้อยด้วยวิธีอัดเย็นด้วยเครื่องอัดเม็ดแบบมือแสดงดังภาพที่ 2.9 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร โดยไม่ใช้ความร้อนและใช้ชันยางไม้เป็นตัวประสานที่มีคุณสมบัติสามารถยึดเกาะวัสดุให้เป็นเนื้อเดียวและเพิ่มสมบัติทางกายภาพได้ดี แล้วนำเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 2.9 เครื่องอัดเม็ดแบบมือ

ที่มา : ธีรารัตน์ จีระมะกร, 2561

ผลการทดลองพบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดสามารถคงรูปเป็นเม็ดได้ไม่แตกหักหลังจากที่ตากแห้งแล้ว ซึ่งคุณสมบัติของวัตถุดิบมีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด เนื่องจากวัตถุดิบมีลักษณะเป็นผงสามารถจับตัวกันกับตัวประสานได้และอัดขึ้นรูปเป็นเม็ดได้ โดยใช้วัตถุดิบ 100 กรัม ผสมกับตัวประสานที่ใช้ คือ ชันยางไม้ 80 มิลลิลิตร ทำการทดสอบโดยนำมาผสมกับวัตถุดิบแล้วทำการอัดเม็ดได้ผลดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลคุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่สัดส่วนวัตถุดิบเศษไม้ไผ่กับใบอ้อยที่ต่างกัน

	อัตราส่วนวัตถุดิบ (เศษไม้ไผ่ : ใบอ้อย)		
	100 : 0	50 : 50	0 : 100
การขึ้นรูปและการคงรูป	ขึ้นรูปและคงรูปได้	ขึ้นรูปและคงรูปได้	ขึ้นรูปและคงรูปได้
ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	1.3468	1.2314	1.0774
ดัชนีการแตกร่วน	0.98	0.95	0.94
ปริมาณฝุ่นผง (ร้อยละ)	0.0942	0.1415	0.1878
ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)	0.5784	0.5478	0.4390
ค่าความร้อน(แคลอรีต่อกรัม)	6,959	6,980	7,190
ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	0.92	0.80	0.40

ที่มา : ธีรารัตน์ จีระมะกร, 2561

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พบว่าผลการวิจัยทั้งหมดของเชื้อเพลิงอัดเม็ดผ่านเกณฑ์มาตรฐานเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของสหรัฐอเมริกา ASTM พบว่าเม็ดเชื้อเพลิงที่ขึ้นรูปจากใบอ้อยเพียงอย่างเดียวมีปริมาณความชื้น 0.4390 % ถ้ามีปริมาณความชื้นน้อยจะมีประสิทธิภาพในการจุดติดไฟง่ายและมีค่าความร้อนเท่ากับ 7,190 แคลอรี่ต่อกรัม สูงที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่อัตราส่วนอื่น ๆ ปริมาณเถ้าเท่ากับ 0.40 % ซึ่งมาตรฐานเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดกำหนดไว้ว่าปริมาณเถ้าต้องไม่เกินร้อยละ 20 ของน้ำหนัก ดังนั้นถือว่ามีประสิทธิภาพของการเผาไหม้และเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นเม็ดเชื้อเพลิงได้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาจาก (สำนักพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออุตสาหกรรม, 2559) ทำการศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์จากการผลิตเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลใบและ

ยอดอ้อยผลิตเป็นพลังงานทดแทน เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ในภาพรวมที่สอดคล้องกับปริมาณชีวมวลคงเหลือที่มีจำนวนมาก คณะผู้วิจัยได้ทดสอบการผลิตโดยใช้เครื่องจักรขนาดเล็กสามารถผลิตเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ยาว 20-40 มิลลิเมตร ได้ตามมาตรฐานสากล ดำเนินการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลใบและยอดอ้อย โดยส่งตัวอย่างเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลใบและยอดอ้อย ไปทำการทดสอบที่ SGS (Thailand) co.,ltd. และ วว-TISTR (Energy Technology Department) แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ผลการวิเคราะห์เม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลใบและยอดอ้อย

คุณสมบัติเม็ดชีวมวล	ยอดและใบอ้อย
Moisture %	5.73
Volatile Matter %	67.87
Fix Carbon %	14.44
Ash %	11.96
Sulfur %	0.17
LHV (MJ/kg)	16.04

Remark: Pellet diameter 8.0 mm. Bulk density > 600 kg/m^3

ทำการคำนวณค่าความร้อนและราคาเชื้อเพลิงจากปี 2558 เพื่อวิเคราะห์หาความคุ้มค่าในการนำเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลใบและยอดอ้อยไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเตาเผาหม้อไอน้ำของโรงไฟฟ้าชีวมวลหรือโรงงานอุตสาหกรรมกรรมที่มีการผลิตไอน้ำเปรียบเทียบกับน้ำมันเตา แสดงผลดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดสำหรับหม้อไอน้ำโรงงานอุตสาหกรรม

รายการเปรียบเทียบค่าเชื้อเพลิง สำหรับการผลิต ไอน้ำ 2000 กก./ชม.		ชนิดเชื้อเพลิงเปรียบเทียบ	
		น้ำมันเตา (Heavy Oil)	ยอด/ใบอ้อย (Pellet)
ราคาเชื้อเพลิง	(บาท/กก.)	23	3.5
ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	(kcal/kg.), (NG.kcal/Nm^3)	9,900	3,831
คาร์บอน	(%wt.)	86-90	11.44

ค่าความชื้น (ที่ผู้ขายแจ้ง)	(%wt.)	9-12	< 10%
ซัลเฟอร์	(%wt.)	1.5-2	0.17%
ขี้เถ้า	(%wt.)	0.01-0.50	11.96%
ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง	(kg/m^3)	980	711
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสูงสุด	(kg./h.), (NG. $Nm^3/hr.$)	128.12	331.08
ประสิทธิภาพ (Boiler efficiency)		85%	85%
ค่าเชื้อเพลิงใน 1 ปี	(บาท/ปี)	8,840,199.64	3,476,364.64

ที่มา: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2557

พบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากยอดและใบอ้อยมาใช้เป็นพลังงานทดแทน เนื่องจากช่วยลดต้นทุนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมได้ มีความคุ้มค่ามากกว่าการใช้น้ำมันเตาแบบเดิม ซึ่งควรสนับสนุนให้กลุ่มชุมชนทำการผลิตเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากยอดและใบอ้อย เพื่อสร้างรายได้เพิ่มให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกอ้อย ช่วยลดการเผาอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวแก้ปัญหามลพิษทางอากาศและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

2.5 ผลกระทบจากการเผาใบอ้อย

2.5.1 ฝุ่นละออง (Particulate)

การเผาชีวมวลจะทำให้เกิดฝุ่นละอองซึ่งถ้าหากไม่มีการควบคุมที่ดีอาจสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนโดยรอบได้ โดยพบว่าควันจากการเผาไม้ประกอบด้วยฝุ่นซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 (PM 2.5) และเล็กกว่าขนาด 10 ไมครอน (PM 10) โดยเฉพาะในเรื่องของระบบทางเดินหายใจ ส่งผลกระทบต่อการระคายเคืองของผิวหนัง การอักเสบของปอด หายใจหอบหืด หายใจไม่ออก หายใจไม่สะดวก แสบหูแสบตาแสบผิวหนัง ก่อให้เกิดโรคไตเรื้อรังโรคภูมิแพ้ ซึ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กสามารถเข้าไปถึงปอดและถุงลมปอดได้ ลดประสิทธิภาพการทำงานของปอด การศึกษาในเมืองใหญ่ทั่วโลก พบว่านอกจากฝุ่นจะรบกวนการมองเห็นและทำให้เกิดความสกปรกและการชำรุดเสียหาย แก่อาคารบ้านเรือนและสิ่งของเครื่องใช้แล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.2 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

เกิดจากการเผาไหม้ของสารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ เชื้อเพลิงจากฟอสซิล เมื่อมีการเผาไหม้จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามมา เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ เมื่อเข้าสู่ร่างกายทางลมหายใจจากการสูดดม จะเกิดอาการพิษเฉียบพลันได้ ในกรณีที่ก๊าซแทนที่ออกซิเจนในบริเวณที่จำกัด ทำให้ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจ หากสูดดมเข้าสู่ร่างกายในปริมาณสูงมากร่างกายจะตอบสนองโดยเริ่มจากการหายใจลึกมากกว่าเดิม หายใจติดขัด หายใจลำบาก จนถึงอาการขาดออกซิเจน คือปวดศีรษะ วิงเวียน ความดันสูง อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น ถ้าหากความเข้มข้นสูงถึงร้อยละ 12 หรือมากกว่าจะหมดสติภายใน 1-2 นาที จนอาจเสียชีวิตได้

2.5.3 ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde)

ฟอร์มัลดีไฮด์มีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติ มีกลิ่นฉุนแสบจมูก ไม่มีสีและติดไฟง่ายที่อุณหภูมิห้อง รู้จักกันดีในอีกชื่อหนึ่งว่า ฟอร์มาลีน (Formalin) ซึ่งในทางเคมีก็คือสารตัวเดียวกัน เพียงแต่ว่าอยู่ในรูปของสารละลายที่ประกอบไปด้วยก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์ ส่วนมากการสัมผัสกับฟอร์มัลดีไฮด์ จะพบในรูปแบบของการสูดดมเอาไอของฟอร์มัลดีไฮด์เข้าไปหรือสัมผัสทางผิวหนังและดวงตา ซึ่งสามารถถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้อย่างรวดเร็ว โดยจะแสดงอาการต่างๆ เช่น แสบตา แสบคอ แสบจมูก ระคายเคืองในปอด แน่นหน้าอก หอบคล้ายเป็นหืด ไอ ปวดศีรษะ ปวดกล้ามเนื้อ อาเจียน ชัก หายใจขัด อาจถึงขั้นเป็นปอดอักเสบหรือปอดบวมน้ำเฉียบพลัน และอาจเสียชีวิตได้หากสูดดมเข้าไปปริมาณมากๆ อาการเหล่านี้อาจเกิดขึ้นหลายชั่วโมงหลังจากได้รับสารโดยไม่มีอาการเจ็บปวดเลยก็ได้ หากได้รับปริมาณน้อยเป็นเวลานานจะมีอาการไอและหายใจติดขัดเพราะหลอดลมอักเสบ โดยปกติแล้วเราสามารถได้กลิ่นฟอร์มัลดีไฮด์ที่กระจายอยู่ในอากาศแม้ในระดับความเข้มข้นเพียงแค่ 1 ppm เท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5.4 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

ปริมาณมลพิษที่ปล่อยจะขึ้นอยู่กับชีวมวล แต่โดยทั่วไปพืชชีวมวลจะทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในปริมาณที่น้อยมากเนื่องจากพืชมีส่วนประกอบของธาตุกำมะถันในสัดส่วนที่น้อยมาก ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นฉุนแสบจมูก ผลกระทบต่อสุขภาพเกิดจากการจะรวมตัวของก๊าซนี้กับน้ำกลายเป็นกรดกำมะถันซึ่งเป็นกรดที่มีฤทธิ์ทำลายสูง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จึง

สามารถทำอันตรายต่ออวัยวะทุกระบบที่ก๊าซนี้แทรกซึมผ่าน ในกรณีที่มีความเข้มข้นของก๊าซสูงจะทำให้เส้นขนในระบบทางเดินหายใจ (Cilia) เคลื่อนไหวช้าลง เป็นเหตุให้ประสิทธิภาพของการขจัดฝุ่นละอองของท่อทางเดินหายใจลดลง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีผลกระทบต่อร่างกายอย่างเฉียบพลันและเรื้อรัง (วิทยาลัยการสาธารณสุข, 2544)

ผลกระทบต่อร่างกายอย่างเฉียบพลัน (Acute effect) ได้แก่

- เกิดการระคายเคืองจมูก หลอดลม ตา ผิวหนัง ทำให้หายใจไม่สะดวก ไอและมีเสมหะเพิ่มขึ้น
- ทำให้เกิดการระคายเคือง เป็นผื่นคันหรือลมพิษ

ผลกระทบต่อร่างกายแบบเรื้อรัง (Chronic effect) ได้แก่

- ทำให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจส่วนบน สูญเสียการได้กลิ่นและรส
- ปอดบวมน้ำ (Pulmonary Edema) ผู้ป่วยอาจติดเชื้อปอดบวมตามมาในระยะหลัง
- ทำให้เกิดภาวะหลอดลมอักเสบเรื้อรัง และเกิดพังผืดข้างในปอด
- เมื่อสัมผัสกับอนุภาคมลสาร (Particular Matter) พบมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความดันโลหิตตัวบน

2.5.5 ก๊าซโอโซน (O_3)

ก๊าซโอโซนเกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนโดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยทั่วไปจะพบโอโซนมากในบริเวณที่ห่างออกไปจากแหล่งกำเนิด เช่น จะพบโอโซนสูงบริเวณชานเมือง หรือพบมากในพื้นที่ห่างไกลออกไปจากแหล่งกำเนิด และระดับโอโซนจะแปรเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาระหว่างวัน และฤดูกาลได้มาก โดยปกติจะพบระดับโอโซนสูงในช่วงบ่ายของฤดูร้อน ในปัจจุบันองค์การอนามัยโลกกำหนดมาตรฐานโอโซนในอากาศทั่วไปให้ไม่เกิน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรหรือ 60 ส่วนในพันล้านส่วน (WHO, 2549)

โอโซนจะมีผลกระทบต่อสุขภาพทั้งในแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง ผลกระทบแบบเฉียบพลันที่สำคัญ คือ เพิ่มโอกาสเสียชีวิตในทุกกลุ่มอายุ โดยพบว่าระดับโอโซนที่เพิ่มขึ้น 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ 5 ส่วนในพันล้านส่วนจะเพิ่มความเสี่ยงในการเสียชีวิตระหว่างร้อยละ 0.2-0.6 เพิ่มอัตราป่วยด้วยโรคในระบบหายใจ โดยพบว่าระดับโอโซนที่เพิ่มขึ้น 5 ส่วนในล้านส่วนจะทำให้มีผู้เข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลด้วยอาการของโรคระบบทางระบบหายใจเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.5-0.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

และพบว่าในช่วงวันที่ระดับโอโซนสูงจะมีอัตราการใช้ยาในเด็กที่เป็นโรคหอบหืดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าโอโซนมีผลกระทบทางลบต่อการทำงานของปอด โอโซนสร้างผลกระทบในระยะยาวต่อร่างกายได้หลายอย่าง ได้แก่ การลดประสิทธิภาพการทำงานของปอด ระคายเคืองและทำลายระบบทางเดินหายใจ และปอด ลดการทำงานของปอดในเด็ก นอกจากนี้ยังสงสัยว่าโอโซนจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเป็นโรคหอบหืดในเด็กและผู้ใหญ่ การเกิดโรคมะเร็งปอด และการเสียชีวิต แต่ในปัจจุบันหลักฐานยังไม่ชัดเจน

2.5.6 อุบัติเหตุและการจราจร

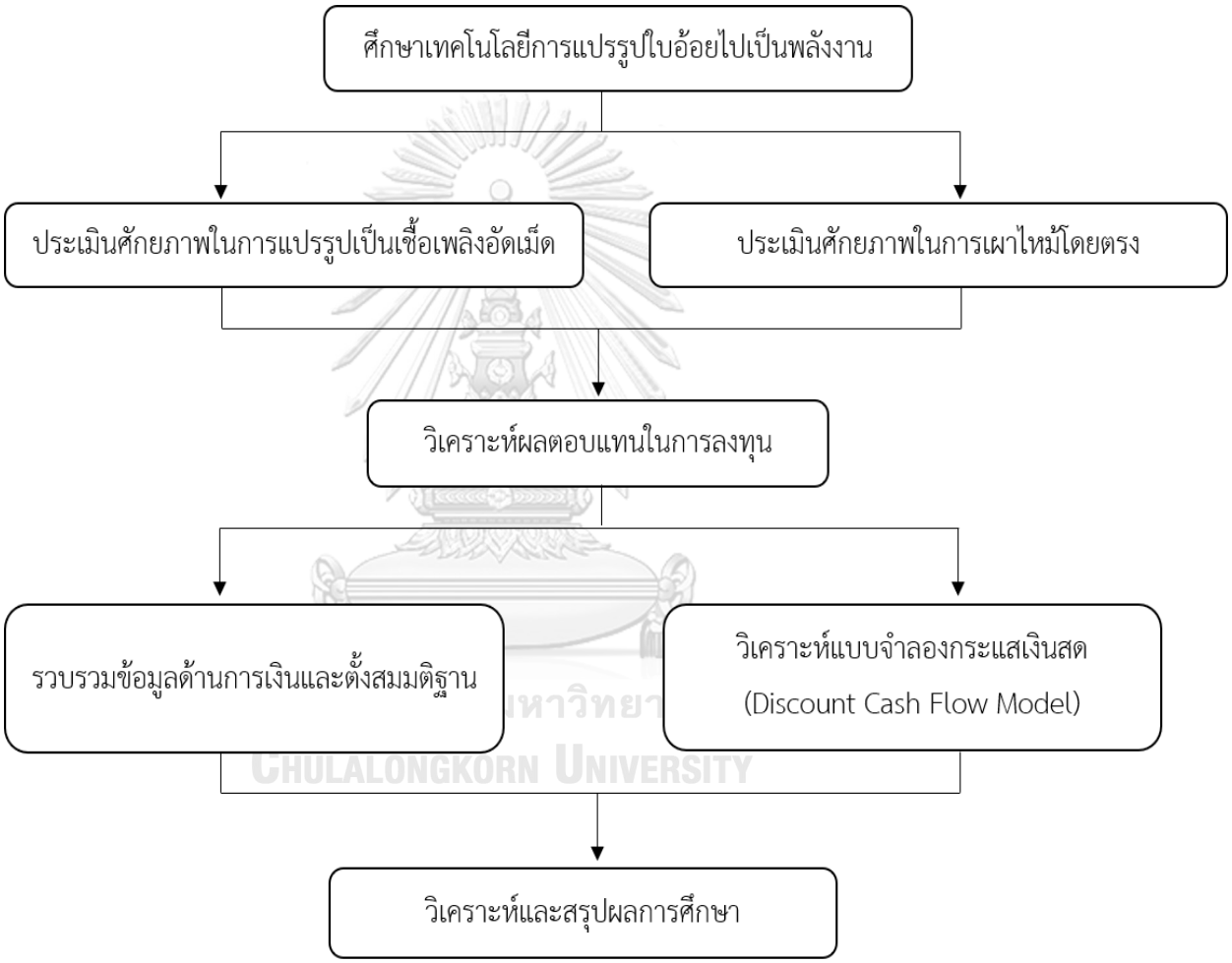
การเผาไหม้ใบอ้อยในที่โล่งกลางแจ้งจะทำให้เกิดกลุ่มควันดำจำนวนมาก ซึ่งจะส่งผลในแง่ลบต่อทัศนวิศัยในการมองเห็นและการขับขี่ยานยนตร์ อาจเกิดอุบัติเหตุทางท้องถนนได้ นอกจากนี้ผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้เคียงบริเวณนั้นเกิดความรำคาญได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3
แผนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้มีการดำเนินงานทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2 การดำเนินการศึกษา

การดำเนินงานส่วนที่ 1 : การศึกษาทฤษฎีและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ศึกษาพื้นที่เพาะปลูกอ้อย ปริมาณผลผลิตอ้อยและที่ตั้งโรงไฟฟ้าในประเทศไทย
- ศึกษาเทคโนโลยีการแปรรูปใบอ้อยไปเป็นพลังงาน ได้แก่ การเผาไหม้โดยตรงและการนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด

การดำเนินงานส่วนที่ 2 : ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงจากใบอ้อยและการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด

- ประเมินต้นทุนและค่าดำเนินการที่ต้องใช้ ทั้งในด้านค่าเครื่องจักรอุปกรณ์ ค่าขนส่ง การแปรรูปและรวมทั้งค่าพลังงานความร้อนที่ได้ เพื่อคัดเลือกเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมทางด้านเทคนิคเพื่อนำมาประเมินความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ต่อไป
- ประเมินศักยภาพด้านพลังงานในการเผาไหม้ทั้ง 2 แบบ
- วิเคราะห์ผลพลอยได้จากการเผาไหม้ คือ ขี้เถ้าและแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

การดำเนินงานส่วนที่ 3 : วิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

- วิเคราะห์ผลตอบแทนในการลงทุนโดยใช้แบบจำลองกระแสเงินสด (Discount Cash Flow Model) ของการลงทุน โดยประเมินจากรายรับ(Revenue) และค่าใช้จ่าย(Cost) ทั้งหมด
- ประเมินผลตอบแทนของโครงการ โดยใช้พารามิเตอร์หลักที่จำเป็นต่อการตัดสินใจในการลงทุนดังนี้ (กษิเดช สาลีพัฒนา, 2560)

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)

เป็นผลต่างของมูลค่าปัจจุบันของผลรวมกระแสเงินสดรับสุทธิและผลรวมกระแสเงินสดจ่ายสุทธิ แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

โดย n คือ อายุของโครงการ (ปี)

t คือ ดัชนีชี้เลขปีในช่วงเวลาของโครงการ (ปี)

CF_t คือ กระแสเงินสดในปีที่ t (กระแสเงินสดรับในปีที่ t – กระแสเงินสดจ่ายในปีที่ t) (บาท)

i คือ อัตราคิดลดหรือต้นทุนทางการเงิน (%)

เกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ เมื่อ NPV มีค่าเป็นบวก (+) ควรลงทุน

เมื่อ NPV มีค่าเป็นลบ (-) ไม่ควรลงทุน

2) อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return, IRR)

เป็นอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนของโครงการหรืออัตราดอกเบี้ยที่ใช้เป็นอัตราคิดลด ซึ่งมีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ 0 แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+IRR)^t}$$

โดย n คือ อายุของโครงการ (ปี)

t คือ ดัชนีชี้เลขปีในช่วงเวลาของโครงการ (ปี)

CF_t คือ กระแสเงินสดในปีที่ t (กระแสเงินสดรับในปีที่ t – กระแสเงินสดจ่ายในปีที่ t) (บาท)

i คือ อัตราคิดลดหรือต้นทุนทางการเงิน (%)

เกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ IRR > ต้นทุนเงินทุน (WACC) มีความคุ้มค่าในการลงทุน

IRR = ต้นทุนเงินทุน (WACC) การลงทุนยังมีความเป็นไปได้

IRR < ต้นทุนเงินทุน (WACC) ไม่คุ้มค่าในการลงทุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period, PB)

ระยะเวลาที่ผลกำไรสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกของโครงการ โดยกำไรเป็นกำไรสุทธิหลังหักภาษี ดอกเบี้ยและค่าเสื่อมราคาของทรัพย์สิน ดังสมการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน } (\text{PB}) = \frac{\text{มูลค่าการลงทุนรวม}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิสะสมรายปี}}$$

ต้นทุนทางการเงินเฉลี่ยของเงินทุน (Weighted Average Cost of Capital : WACC) คือ อัตราคิดลด (Discount Rate) ที่ใช้คำนวณมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดในอนาคต บางกรณีสามารถใช้ความคาดหวังในการลงทุนมาคิดได้ ยิ่งคาดหวังผลตอบแทนที่สูงค่าของอัตราคิดลดก็จะสูงตามไปด้วย ในการคำนวณต้นทุนทางการเงินเฉลี่ยของเงินทุนจะพิจารณาจากสัดส่วนต้นทุนของหนี้สินและต้นทุนของเจ้าของทุน มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$WACC = W_d K_d + W_e K_e$$
$$= K_d * (1 - t) * D/(D + E) + K_e * E/(D + E)$$

โดย W_d คือ สัดส่วนของหนี้สิน

K_d คือ ต้นทุนของเงินกู้ยืม

W_e คือ สัดส่วนของทุน

K_e คือ ต้นทุนในส่วนของผู้ถือหุ้น

t คือ อัตราภาษีรายได้นิติบุคคล

D คือ หนี้สิน

E คือ เงินลงทุน

การดำเนินงานส่วนที่ 4: การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ลดลงจากการนำใบอ้อยไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน

เปรียบเทียบปริมาณฝุ่นและขี้เถ้าที่เกิดขึ้นจากใบอ้อยอัดก้อนเทียบกับการแปรรูปใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดภายหลังการเผาไหม้ เพื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

การดำเนินงานส่วนที่ 5: วิเคราะห์ความเป็นไปได้และสรุปผลการศึกษา

วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้ใบอ้อยโดยตรงเทียบกับการแปรรูปใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด เพื่อหาความคุ้มค่าทางการเงินว่าโครงการนี้จะยังคุ้มค่าที่จะลงทุนอยู่หรือไม่ แล้วทำการสรุปผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
การรวบรวมข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเลือกใช้ใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงทั้งที่ผ่านการแปรรูปและไม่ผ่านการแปรรูป เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพและอัตราผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น เพื่อเป็นแนวทางตัดสินใจลงทุนสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลต่อไป จากการรวบรวมงานวิจัยการแปรรูปใบอ้อยเป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆพบว่าวิธีที่เหมาะสมและสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้แก่โรงไฟฟ้าชีวมวลได้จริงมีเพียง 2 รูปแบบ ได้แก่ การเผาไหม้โดยตรงโดยใช้ใบอ้อยอัดก้อนกับการขึ้นรูปใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดก่อนนำไปเผาไหม้ในหม้อไอน้ำของโรงไฟฟ้าชีวมวล

4.1 การเผาไหม้โดยตรง (Direct combustion)

เมื่อนำชีวมวลมาเผา จะได้ค่าพลังงานความร้อนออกมาตามชนิดของชีวมวล ความร้อนที่ได้จากการเผาสามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ไอน้ำนี้จะถูกนำไปขับกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป ตัวอย่างชีวมวลประเภทนี้ คือ เศษวัสดุทางการเกษตร และเศษไม้ เนื่องจากในปัจจุบันโรงงานน้ำตาลรับซื้อใบอ้อยเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ เพื่อลดปัญหาการเผาอ้อยและจะสามารถช่วยให้ชาวไร่อ้อยมีรายได้เพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง และไม่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการเผา ลักษณะใบอ้อยอัดก้อนจะมีรูปร่างเป็นก้อนสี่เหลี่ยม มีเชือกมัดจำนวน 6 เส้น ขนาด กว้าง 120 เซนติเมตร สูง 70 เซนติเมตร สามารถปรับความยาวได้ตั้งแต่ 50-300 เซนติเมตร น้ำหนัก 100 – 500 กิโลกรัม/ก้อน โดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะใช้เครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิงชีวมวล หรือ Square Balers ติดตั้งกับรถแทรคเตอร์ ขนาดไม่ต่ำกว่า 155 แรงม้า แสดงดังภาพที่ 4.1 วิ่งเก็บและอัดก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลตามหลังรถแทรคเตอร์ ภายหลังจากการตัดและทำการกวาดรวมกองใบอ้อยกับยอดอ้อยไปตามแนวร่องของไร่อ้อยเรียบร้อยแล้ว

ภาพที่ 4.1 เครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิงชีวมวล

ที่มา : ว่าที่ ร.ต. จุลพงศ์ พฤกษะศรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี , 2563

การนำใบอ้อยมาเป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าชีวมวลมีจุดประสงค์หลักคือ ต้องการสร้างแรงจูงใจให้เกษตรลดการเผาใบอ้อยและช่วยสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรอีกทางหนึ่ง เป็นการนำวัสดูเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ นอกจากนี้ยังมีค่าความชื้นที่ต่ำและค่าความร้อนของใบและยอดอ้อยยังสูงกว่าเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทอื่น แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความร้อนชีวมวลแต่ละชนิด

ชนิดชีวมวล	ค่าความชื้น (%)	ค่าความร้อน(MJ/kg)
ฟางข้าว	10	12.33
แกลบ	12	13.52
ใบและยอดอ้อย	9.2	15.48
ชานอ้อย	50.73	7.37
ซังข้าวโพด	40	9.62
เหง้ามันสำปะหลัง	40	5.49
ทะลายปาล์ม	58.60	7.24
ขี้เลื่อยและเศษไม้ยางพารา	55	6.57

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556

ตามนโยบายลดการเผาใบอ้อยก่อนตัดของภาครัฐ ที่รณรงค์ให้ชาวไร่อ้อยไม่เผาอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว เพื่อแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศจากฝุ่นควันของเถ้าใบอ้อย ที่สร้างความเดือดร้อนแก่ประชาชนที่อยู่ใกล้เคียง รวมถึงโรงงานน้ำตาลที่ได้รับผลกระทบจากการหีบอ้อยไฟไหม้เข้าโรงงาน ทำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ให้คุณภาพของอ้อยผลิตน้ำตาลมีคุณภาพลดลง โรงงานน้ำตาลจึงมีนโยบายรับซื้อใบอ้อยสดเพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งรายได้จากการขายใบอ้อยสดเพื่อเป็นเชื้อเพลิง ราคาอยู่ที่ตันละ 1,000 บาท ซึ่งดีกว่าการเผาใบอ้อยในที่โล่งไปโดยเปล่าประโยชน์

4.2 การนำใบอ้อยมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด (Pellet)

ใบอ้อยที่เหลือทิ้งจากการเกษตรจะมีความหนาแน่นน้อย ทำให้ยากต่อการขนส่ง ซึ่งสามารถนำมาอัดเม็ดเพื่อให้มีความหนาแน่นสูงขึ้น ปริมาตรต่ำลงง่ายต่อการจัดเก็บและขนส่ง ช่วยเพิ่มค่าความร้อนทำให้พลังงานสูงขึ้นเผาไหม้ได้ดีขึ้น ซึ่งสามารถนำไปแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ เป็นการเพิ่มมูลค่าอีกทางหนึ่ง โดยกระบวนการอัดร้อนเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันทั่วไปเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงใช้ได้กับชีวมวลหลายชนิด กระบวนการอัดเม็ดชีวมวลโดยใช้ความร้อน มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557) ตัวอย่างขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 4.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 4.2 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด
ที่มา : สถาบันพลาสติก , 2559

4.2.1 กระบวนการย่อย (Crushing process)

เป็นกระบวนการบดย่อยวัตถุดิบที่ยังมีขนาดไม่เหมาะสมสำหรับการผลิต ต้องนำมาลดขนาดก่อน โดยการสับหยาบให้ชีวมวลมีขนาดอยู่ในช่วง 1 – 5 เซนติเมตร เช่น เศษไม้ ปีกไม้ เปลือกไม้ ฟางข้าว ใบอ้อย หญ้า เป็นต้น โดยเครื่องจักรที่ใช้ สำหรับการย่อยมีหลายประเภท เช่น shredder, crusher, hammer mill เป็นต้น

4.2.2 กระบวนการลดความชื้น (Drying process)

เป็นกระบวนการในการลดความชื้นเพื่อให้วัตถุดิบมีความชื้นที่เหมาะสมกับกระบวนการอัด โดยควบคุมความชื้นให้มีค่าประมาณ 10-15% เครื่องจักรที่ใช้ ได้แก่ rotary drum dryer เป็นต้น

4.2.3 กระบวนการผสม (Mixing process)

เป็นกระบวนการในการผสมวัตถุดิบที่ต้องการใช้มีตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเพื่อให้เข้ากัน

4.2.4 กระบวนการอัด (Pelleting process)

เป็นกระบวนการขึ้นรูปวัตถุดิบให้เป็นเม็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-10 mm. ความยาว 3-6 cm. หรือตามความต้องการ โดยเครื่องจักรที่ใช้แบ่งออกเป็น 3 ชนิด เครื่องขึ้นรูปชนิดแม่พิมพ์หมุน (Rotary die) เครื่องขึ้นรูปชนิดลูกกลิ้งหมุน (Rotary dum) และเครื่องขึ้นรูปชนิดแม่พิมพ์วงแหวน (Ring die) โดย Rotary die และ Rotary dum เหมาะสำหรับผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดในระดับชุมชน ใช้วัตถุดิบเป็นชีวมวลทางการเกษตร ไม่เหมาะที่จะใช้กับไม้เนื้อแข็งหรือขี้เลื่อย เนื่องจากมีกำลังอัดน้อยกว่าแบบที่ใช้ในอุตสาหกรรม ส่วน Rotary die เหมาะสำหรับผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดในระดับอุตสาหกรรม

4.2.5 กระบวนการระบายความร้อน (Cooling process)

เป็นกระบวนการระบายความร้อนให้กับเชื้อเพลิงชีวมวลที่ขึ้นรูปเป็นเม็ดแล้วให้ เย็นตัวลง และคงรูปของเชื้อเพลิง

4.2.6 กระบวนการบรรจุ (Packing process)

เป็นกระบวนการบรรจุชีวมวลอัดเม็ดลงในถุงตามขนาดและตามความต้องการของลูกค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อดีของการนำใบอ้อยมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด ได้แก่

- สะดวกและประหยัดค่าขนส่ง เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดอื่น เนื่องจากมีความหนาแน่นสูง
- สามารถควบคุมปริมาณการใช้ได้ง่ายเพราะมีขนาดคงที่เท่ากัน มีน้ำหนักค่อนข้างแน่นอน ประสิทธิภาพของอัตราการเผาไหม้มากกว่าร้อยละ 80 ของเตาเผา ทำให้มีอัตราการเผาไหม้ที่สม่ำเสมอ สามารถนำระบบการป้อนเชื้อเพลิงอัตโนมัติมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

- The U.S. Environmental Protection Agency (EPA) ยอมรับว่าเชื้อ เพลิงอัดเม็ด (wood pellet) เป็นพลังงานการเผาไหม้ที่สะอาด และเป็นพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้
- สามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดขี้เถ้าส่วนเกิน เนื่องจากมีปริมาณขี้เถ้าน้อยกว่าเชื้อเพลิง ชีวมวลประเภทอื่น คือ ไม่เกินร้อยละ 3
- สามารถนำนวัตกรรมใหม่ เช่น การเติมเชื้อเพลิงโดยอัตโนมัติมาใช้ในการเติมชีวมวลอัดเม็ดลงในเตาได้ โดยอาจมีการตั้งเวลาไว้ล่วงหน้า ทำให้สะดวก ไม่ต้องเติมเชื้อเพลิงบ่อย

ปัจจุบันมีการนำชีวมวลจากยอดและใบอ้อยไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโรงไฟฟ้าชีวมวล แต่สามารถรับได้ในปริมาณที่จำกัดเฉพาะช่วงการตัดอ้อยเท่านั้น ไม่สามารถเก็บรักษาในระยะยาวได้และได้เฉพาะการขนส่งระยะใกล้เพราะต้นทุนค่าขนส่งสูงมาก เนื่องจากยอดและใบอ้อยมีปริมาตรสูงแต่น้ำหนักเบา (วิรัช อยู่ชา, 2560) ทำการศึกษาเรื่อง การผลิตเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษยอดและใบอ้อยโดยมีส่วนร่วมของชุมชน มุ่งเน้นการเสริมสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนด้วยการผลิตเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากยอดและใบอ้อย โดยใช้เครื่องอัดเม็ดชีวมวลแบบเคลื่อนที่ได้เข้าไปในไร่อ้อย ซึ่งจะแก้ปัญหาการเผาไร่อ้อย ลดต้นทุนการขนส่งชีวมวลด้วยการอัดเม็ด และรวบรวมเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อป้อนโรงงานอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องระยะยาว ไม่มีปัญหาด้านการจัดเก็บเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวล ได้ผลจากงานวิจัยแสดงดังตารางที่ 4.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากยอดและใบอ้อย

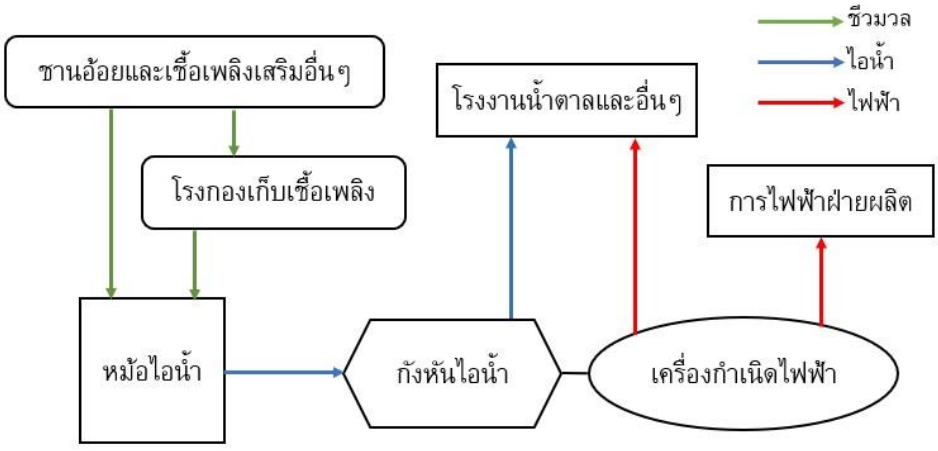
ความหนาแน่น	> 1.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ความชื้น	< 10 %
ค่าความร้อน	16.80 MJ/Kg
ขี้เถ้า	6 %

ที่มา : วิรัช อยู่ชา, 2560

ค่าทั้งหมดเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ผลการดำเนินโครงการสามารถสร้างแหล่งพลังงานทางเลือกให้แก่อุตสาหกรรม แล้วยังสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่เศษเหลือทิ้งจากการเกษตรได้ เมื่อผลิตเป็นเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวล จะมีราคา 3,000-3,500 บาท/ตัน ซึ่งสามารถสร้างรายได้ให้เกษตรกรและลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

4.3 โรงไฟฟ้าชีวมวล

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกตัวอย่างเป็นโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง ซึ่งใช้เชื้อเพลิงชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไอน้ำและไฟฟ้า ครอบคลุมตั้งแต่การขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวลเข้าสู่โรงไฟฟ้าตลอดจนการจัดเก็บและการลำเลียงเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้สำหรับผลิตพลังงานความร้อน (ไอน้ำ) โดยหม้อไอน้ำมีกำลังการผลิต 4,172,738,400 เมกะจูลล์ต่อปี เพื่อผ่านกระบวรการผลิตพลังงานไฟฟ้าก่อนที่จะส่งต่อไอน้ำไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลและกระบวนการผลิตอื่นๆ ซึ่งโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งนี้ไม่ได้นำไอน้ำที่ผลิตได้ทั้งหมดไปผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว โดยไอน้ำส่วนหนึ่งหลังผ่านกังหันไอน้ำแล้วจะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตอื่นๆ จึงเรียกว่าโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Cogeneration Power Plant) ไฟฟ้าที่ผลิตได้ถูกนำไปใช้ในโรงงานน้ำตาลและไฟฟ้าบางส่วนที่เกินความต้องการจะถูกขายให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ผังกระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวล (Flow Diagram)

โดยมีรายละเอียดทางเทคนิคของโครงการประกอบด้วยอุปกรณ์และเครื่องจักรหลายชนิดเข้าด้วยกัน เช่น ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศประเภท Wet scrubber, ระบบสายพานลำเลียงชีวมวลจากพื้นที่เก็บไปยังเตาเผา ฯลฯ แต่อุปกรณ์หลักที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินโครงการโดยตรง ได้แก่ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน), 2558)

<u>เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)</u>

ขนาด 32 เมกะวัตต์ จำนวน 1 ชุด

<u>หม้อไอน้ำ (Boiler)</u>

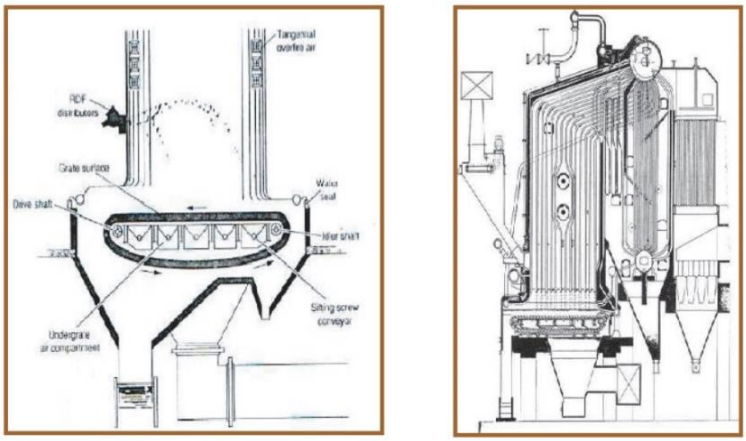
ชนิด	Traveling Grate Stoker
Normal Flow	170 ตัน/ชั่วโมง
Normal Pressure	105 บาร์
Normal Temperature	520±5 องศาเซลเซียส
Model	T.G. Boiler
Manufacturer	Thermax Babcock & Wilcox, India

<u>กำลังการผลิต</u>

อายุโครงการ	20 ปี
จำนวนชั่วโมงดำเนินการ	24 ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันดำเนินการ	300 วัน/ปี
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง	1,400 ตัน/วัน

เทคโนโลยีระบบหม้อไอน้ำ (Boiler) เพื่อผลิตไอน้ำเป็นสิ่งที่โรงไฟฟ้าทุกประเภทต้องมี ซึ่งแบบที่นิยมที่สุดในกลุ่มโรงไฟฟ้าชีวมวล คือ ระบบสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน (Traveling Grate Stoker) จะประกอบด้วยตะกรับเป็นแผ่นโลหะต่อกันเป็นรูปสายพานซึ่งจะเคลื่อนที่ตลอดเวลาเพื่อทำหน้าที่ลำเลียงเชื้อเพลิงที่กำลังเผาไหม้ โดยการลุกไหม้จะลุกคืบจากด้านบนของชั้นเชื้อเพลิงลงสู่ด้านล่างเชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้จนหมดและกลายเป็นเถ้า ซึ่งจะตกลงบริเวณปลายสุดของตะกรับ ดังภาพที่ 4.4 ระบบนี้มีประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงและมีค่าใช้จ่ายปานกลาง โรงไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาลหรือโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงโดยส่วนใหญ่ของประเทศไทยจะใช้ระบบนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.4 การทำงานของเตาเผาระบบสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559

ทำการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าและปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ต่อปี

จะได้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี = 32 MW × 1000 × 300 วัน × 24 ชั่วโมง

= 230,400,000 kWh/ปี

คำนวณหาปริมาณพลังงานที่ใช้ (Energy Consumption) โดยหาจากสูตร

$$\text{พลังงานไฟฟ้า } (\text{MJ}) = \frac{\text{หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ } (\text{kWh}) \times \text{ค่าความร้อนต่อหน่วย}}{\text{ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้า}}$$

$$= \frac{230{,}400{,}000\ \text{kWh} \times 3.6\ \text{MJ/kWh}}{0.45}$$

= 1,843,200,000 MJ/ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กำหนดให้ ค่าความร้อนต่อหน่วย = 3.6 MJ/kWh

ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้า = 0.45 (ประสิทธิภาพต้องไม่ต่ำกว่า 45%)

เป็นไปตามกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกำหนด

ดังนั้น พลังงานความร้อนที่ถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิต จะได้

= 4,172,738,400 MJ/ปี - 1,843,200,000 MJ/ปี

= 2,329,538,400 MJ/ปี

พลังงานความร้อนที่นำไปใช้ในกระบวนการผลิต 2,330,000 GJ/ปี และพลังงานความร้อนที่เหลือ 1,843,000 GJ/ปี นำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 230,400,000 kWh/ปี ซึ่งจะแบ่งขายให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในสัดส่วนร้อยละ 40 ของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด นั่นคือ 92,160,000 kWh/year

ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ทั้งหมด 1,152,000 ตัน/ปี ซึ่งจะถูกแบ่งขายให้โรงงานน้ำตาลเป็นปริมาณ 691,200 ตัน/ปี ราคาตันละ 400 บาท คิดเป็นรายได้ 276,480,000 บาท/ปี ไอน้ำที่เหลือจะวนกลับเข้าระบบหม้อต้มให้ความร้อนอีกครั้ง

4.4 นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff

Feed-in Tariff หรือ FiT คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เพื่อจูงใจให้ผู้ประกอบการเอกชนเข้ามาลงทุนในธุรกิจโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน (เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนมีต้นทุนค่อนข้างสูง) ซึ่งอัตรา FiT จะอยู่ในรูปแบบอัตรารับซื้อไฟฟ้าคงที่ตลอดอายุโครงการ (มีการปรับเพิ่มสำหรับกลุ่มที่มีการใช้เชื้อเพลิง) โดยอัตรา FiT จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามค่าไฟฐานและค่า Ft ทำให้มีราคาที่ชัดเจนและเกิดความเป็นธรรม (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2559)

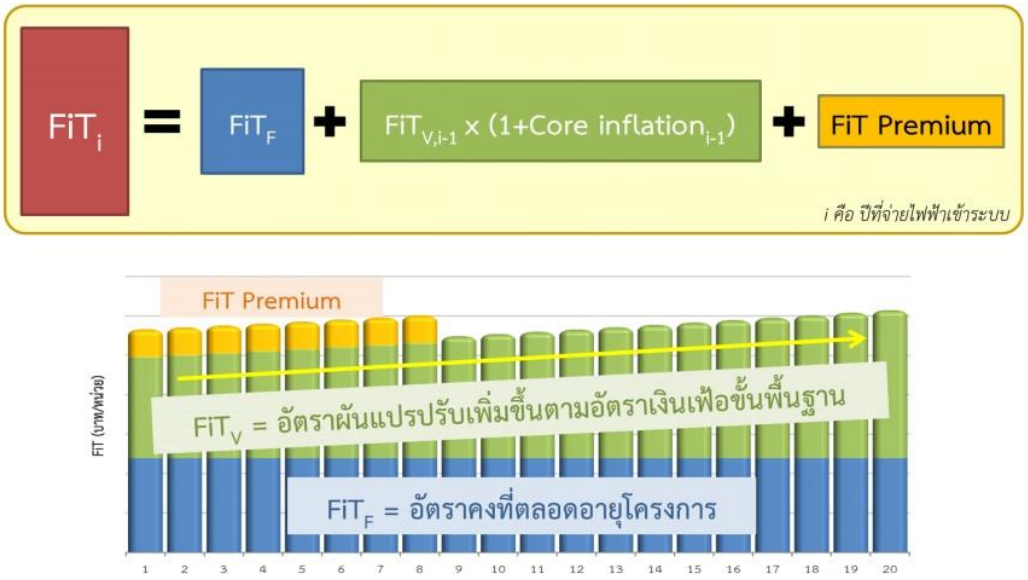
4.4.1 แนวคิดการกำหนดอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทจะมีความเสี่ยงของการดำเนินการที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน การผลิตไฟฟ้าจากเทคโนโลยีกลุ่มพลังงานธรรมชาติ อันได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานน้ำ จะไม่มีต้นทุนในการจัดหาเชื้อเพลิง แต่จะมีความเสี่ยงจากความไม่แน่นอนของพลังงานจากธรรมชาติ ส่วนการผลิตไฟฟ้าเทคโนโลยีกลุ่มพลังงานชีวภาพ อันได้แก่ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และขยะ จะมีความเสี่ยงจากความผันผวนของต้นทุนในการจัดหาเชื้อเพลิง ดังนั้น การกำหนดอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ที่เหมาะสม สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

- อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนคงที่ (FiT fixed : FiT_F) คิดจากต้นทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าและค่าดำเนินการ
  และบำรุงรักษา (O&M) ตลอดอายุการใช้งาน ใช้สำหรับพลังงานหมุนเวียนทุกประเภท
- อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน (FiT variable : FiT_V) คิดจากต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าซึ่งเปลี่ยนไปตามเวลา ใช้สำหรับพลังงานหมุนเวียนกลุ่มพลังงานชีวภาพ

นอกจากนี้ยังได้มีการกำหนดอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT พิเศษ (FiT Premium) เพิ่มเติมจากอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ปกติ สำหรับบางประเภทเทคโนโลยี เพื่อสร้างแรงจูงใจการลงทุนสำหรับโครงการตามนโยบายรัฐบาล เช่น ขยะ ชีวมวล และก๊าซชีวภาพ และโครงการในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานในพื้นที่ โครงสร้างของอัตรา FiT จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก แสดงดังภาพที่ 4.5

- อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนคงที่ (FiT_F) ซึ่งจะคงที่ตลอดอายุโครงการ
- อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน (FiT_V) จะปรับเพิ่มขึ้นตามค่าอัตราเงินเฟ้อขั้นพื้นฐาน (Core inflation) ของปีก่อนหน้า โดยจะเป็นไปตามประกาศของกระทรวงพาณิชย์
- อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (FiT Premium) กำหนดโดยนโยบายภาครัฐ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการลงทุน



ภาพที่ 4.5 โครงสร้างอัตรา FiT

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2559

4.4.2 อัตราเงินเฟ้อ

อัตราเงินเฟ้อที่นำมาใช้ในการคำนวณสำหรับงานวิจัยนี้ เป็นอัตราเงินปี พ.ศ.2563 ซึ่งเป็นปีปัจจุบัน จากข้อมูลของธนาคารแห่งประเทศไทยแสดงอัตราเงินเฟ้อ 5 ปีย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ.2559-2563 ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อัตราเงินเฟ้อ 5 ปีย้อนหลัง

ปี (พ.ศ.)	อัตราเงินเฟ้อ (%)
2559	0.74
2560	0.56
2561	0.71
2562	0.52
2563	0.29

ที่มา : ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2564

เนื่องจากโรงไฟฟ้าชีวมวลที่เราสนใจมีขนาด 32 เมกะวัตต์ จึงจัดเป็นผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กหรือ Small Power Producer (SPP) ตามประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่องการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน(โครงการผลิตไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล) ในช่วงเปลี่ยนผ่านจากแบบ Adder เป็น Feed-in Tariff (FiT) ปีพ.ศ.2564 กำหนดอัตรา FiT และ FiT Premium ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 อัตรา FiT และ FiT Premium

กำลังผลิต (เมกะวัตต์)	FiT (บาท/หน่วย)			ระยะเวลาสนับสนุน (ปี)	FiT Premium (บาท/หน่วย)
	FiT_F	$FiT_{V.2560}$	FiT		สำหรับโครงการกลุ่มเชื้อเพลิงชีวมวล (8 ปีแรก)
กำลังผลิตติดตั้ง > 3 เมกะวัตต์	2.39	1.85	4.24	20	0.30

หมายเหตุ : อัตรา FiT จะใช้สำหรับโครงการที่จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบภายในปี ๒๕๖๐ โดยภายหลังจากปี ๒๕๖๐นั้น อัตรา FiTv จะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องตามอัตราเงินเฟ้อขั้นพื้นฐาน (Core Inflation) สำหรับประเภทเชื้อเพลิง ชีวมวลเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื่องจากค่าอัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน (FiT_V) จะใช้ของปีพ.ศ.2564 เป็นปีปัจจุบัน ตามประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลที่มีกำลังผลิตมากกว่า 3 เมกะวัตต์ กำหนดให้ $FiT_{V.2564}$ = 1.8888 บาท/หน่วย การคำนวณอัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (FiT) เพื่อคาดการณ์รายได้ที่จะเกิดขึ้นจากการจำหน่ายไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตในแต่ละปี สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$FiT_i = FiT_F + [\ FiT_{V,i-1} \times (1+\text{Core Inflation}_{i-1})\ ] + \text{FiT Premium}$$

โดย FiT_i คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษของปีที่ i (บาท/หน่วย)

FiT_F คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษแบบคงที่ (บาท/หน่วย)

$FiT_{V,i-1}$ คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษแบบแปรผันของปีที่ i-1 (บาท/หน่วย)

FiT Premium คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวล (บาท/หน่วย)

Core Inflationi-1 คือ อัตราเงินเฟ้อ ณ ปีที่ i-1 (%)

i คือ ปีที่จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบ

ตัวอย่างการคำนวณอัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (FiT) ของปีที่ 1 โดยใช้ค่า FiT_F, FiT_V และ FiT Premium เท่ากับ 2.39, 1.8888 และ 0.3 บาท/หน่วย ตามลำดับ

$$FiT_i = FiT_F + [\ FiT_{V,i-1} \times (1+\text{Core Inflation}_{i-1})\ ] + \text{FiT Premium}$$

$$FiT_1 = 2.39 + [1.8888 \times (1+0)\ ] + 0.3$$

$$= 4.5788 \text{ บาท/หน่วย}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างการคำนวณอัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (FiT) ของปีที่ 2 โดยใช้ค่า FiTF, FiT_V และ FiT Premium เท่ากับ 2.39, 1.8888 และ 0.3 บาท/หน่วย ตามลำดับ ซึ่งตั้งแต่ปีที่ 2 เป็นต้นไปจะต้องใช้อัตราเงินเฟ้อ (Core Inflation) เข้ามาใช้ในคำนวณ งานวิจัยนี้จะใช้ค่าของปีปัจจุบันพ.ศ.2564 กำหนดให้ค่า Core Inflation = 0.29

$$FiT_i = FiT_F + [\ FiT_{V,i-1} \times (1+\text{Core Inflation}_{i-1})\ ] + \text{FiT Premium}$$

$$FiT_2 = 2.39 + [1.8888 \times (1+(\frac{0.29}{100}))] + 0.3$$

$$= 4.5843 \text{ บาท/หน่วย}$$

จากตัวอย่างการคำนวณอัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (FiT) ของปีที่ 1 และ 2 จะได้อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (FiT) ของแต่ละปีตลอดอายุโครงการ 20 ปี พบว่าอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดอายุโครงการอยู่ที่ 4.45 บาท/หน่วย และมีรายได้จากการขายไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดทั้งโครงการ 410.27 ล้านบาท/ปี รายละเอียด ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษจากขยะอุตสาหกรรมในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) ตลอด 20 ปี

ปีที่	FiT (บาท/หน่วย)			
	FiT_F	FiT_V	FiT_P	FiT
1	2.39	1.8888	0.3	4.5788
2	2.39	1.8943	0.3	4.5843
3	2.39	1.8998	0.3	4.5898
4	2.39	1.9053	0.3	4.5953
5	2.39	1.9108	0.3	4.6008
6	2.39	1.9163	0.3	4.6063
7	2.39	1.9219	0.3	4.6119
8	2.39	1.9275	0.3	4.6175
9	2.39	1.9331	0	4.3231
10	2.39	1.9387	0	4.3287
11	2.39	1.9443	0	4.3343
12	2.39	1.9499	0	4.3399
13	2.39	1.9556	0	4.3456
14	2.39	1.9613	0	4.3513
15	2.39	1.9669	0	4.3569
16	2.39	1.9727	0	4.3627
17	2.39	1.9784	0	4.3684
18	2.39	1.9841	0	4.3741
19	2.39	1.9899	0	4.3799
20	2.39	1.9956	0	4.3856

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โครงการนี้แบ่งขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตคิดเป็นร้อยละ 40 จากที่ผลิตได้ทั้งหมด เป็นปริมาณ 92,160,000 kWh/ปี ซึ่งสัญญาจะคงที่เท่ากันตลอด 20 ปี คิดเป็นรายได้ของปีที่ 1 ดังนี้

รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 1 = พลังงานไฟฟ้าที่จำหน่าย (kWh/ปี) x อัตรารับซื้อไฟฟ้าเศษของปีที่ 1 (บาท/หน่วย)

= 92,160,000 × 4.5788

= 421,982,208 บาท

จากตัวอย่างการคำนวณหารายได้จากการขายไฟฟ้าปีที่ 1 ทำการคำนวณแบบนี้ต่อไปตลอดอายุโครงการ 20 ปี แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ

ปีที่จำหน่ายไฟฟ้า	รายได้ (บาท)
1	421,982,208
2	422,487,016
3	422,993,288
4	423,501,029
5	424,010,242
6	424,520,931
7	425,033,102
8	425,546,757
9	398,413,903
10	398,930,542
11	399,448,680
12	399,968,320
13	400,489,467
14	401,012,126
15	401,536,300
16	402,061,994
17	402,589,213
18	403,117,961
19	403,648,242
20	404,180,061

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล (Heating Value)

จากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชานอ้อยจะต่ำกว่าใบอ้อยและใบอ้อยอัดเม็ด ดังตารางที่ 4.7 จากข้อมูลข้างต้นนำมาคำนวณหาปริมาณเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ต้องใช้ในการผลิตความร้อน 1 เมกะจูล

ตารางที่ 4.7 ค่าความร้อน ความชื้นและราคาของเชื้อเพลิงที่ใช้ประเมินศักยภาพแต่ละชนิด

เชื้อเพลิง	ค่าความร้อน (MJ/Kg)	ความชื้น (%)	ราคา [b] (บาท/ตัน)
ชานอ้อย	7.37	50.73	500
ใบอ้อยอัดก้อน	15.48	9.2	1,000
ใบอ้อยอัดเม็ด	16.80 [a]	<10 [a]	3,000

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556

[a] วิรัช อยู่ชา, 2560 , [b] ราคาตลาดปี 2563

จากข้อมูลค่าความร้อนที่กำหนดข้างต้นทำการคำนวณหาปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้เพื่อผลิตความร้อนให้ได้ 1 เมกะจูล (MJ) แสดงได้ดังนี้

ปริมาณชานอ้อยที่ต้องใช้ $= \frac{1}{7.37}$ = 0.1357 กิโลกรัม/เมกะจูล

ปริมาณใบอ้อยอัดก้อนที่ต้องใช้ $= \frac{1}{15.48}$ = 0.0646 กิโลกรัม/เมกะจูล

ปริมาณใบอ้อยอัดก้อนที่ต้องใช้ $= \frac{1}{16.80}$ = 0.0595 กิโลกรัม/เมกะจูล

จากปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้นำมาทำการคำนวณหาต้นทุนเชื้อเพลิงจากการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด แสดงการคำนวณได้ดังนี้

4.5.1 แบบใช้ชานอ้อยเพียงชนิดเดียวเป็นเชื้อเพลิง

ต้องการใช้ชานอ้อยเพียงชนิดเดียวในการผลิตพลังงานความร้อน 4,173,000 GJ/ปี

จำนวนชานอ้อยที่ต้องใช้คิดเป็นจำนวน = 0.1357 Kg ×4,173,000 GJ

= 566,276 ตัน/ปี

คิดต้นทุนเชื้อเพลิงชานอ้อยจากราคาตันละ 500 บาท = 566,276 × 500 บาท

= 283.138 ล้านบาท/ปี

ดังนั้น หากต้องการผลิตพลังงานความร้อน 2,086,500 GJ/ปี

จะต้องใช้ชานอ้อยจำนวน 283,138 ตัน/ปี คิดเป็นเงิน 141.569 ล้านบาท/ปี

4.5.2 แบบใช้ใบอ้อยอัดก้อนร่วมกับชานอ้อยในอัตราส่วน 1:1

ต้องใช้ใบอ้อยอัดก้อนในการผลิตพลังงานความร้อน 2,086,500 GJ/ปี

จำนวนใช้ใบอ้อยอัดก้อนที่ต้องใช้คิดเป็นจำนวน = 0. 0646 Kg × 2,086,500 GJ

= 134,788 ตัน/ปี

คิดต้นทุนเชื้อเพลิงใบอ้อยอัดก้อนจากราคาตันละ 1,000 บาท

= 134,788 × 1,000 บาท

= 134.788 ล้านบาท/ปี

ดังนั้น มีต้นทุนรวมแบบใช้ใบอ้อยอัดก้อนร่วมกับชานอ้อยอยู่ที่ 141.569 + 134.788

= 276.357 ล้านบาท/ปี

4.5.3 แบบใช้ใบอ้อยอัดเม็ดร่วมกับชานอ้อยในอัตราส่วน 1:1

ต้องใช้ใบอ้อยอัดเม็ดในการผลิตพลังงานความร้อน 2,086,500 GJ/ปี

จำนวนใบอ้อยอัดเม็ดที่ต้องใช้คิดเป็นจำนวน = 0.0595 Kg × 2,086,500 GJ

= 124,147 ตัน/ปี

คิดต้นทุนเชื้อเพลิงใบอ้อยอัดเม็ดจากราคาตันละ 3,000 บาท

= 124,147 × 3,000 บาท

= 372.441 ล้านบาท/ปี

ดังนั้น มีต้นทุนรวมแบบใช้ใบอ้อยอัดเม็ดร่วมกับชานอ้อยอยู่ที่ 141.569 + 372.441

= 514.01 ล้านบาท/ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.6 ต้นทุนโครงการ

4.6.1 เงินลงทุน (Capital Expenditure : CAPEX)

สินทรัพย์ทั้งหมดที่ใช้สร้างโครงการให้เกิดขึ้น เพื่อเกิดผลประโยชน์ในอนาคต แสดงรายการดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ต้นทุนเริ่มต้นของโครงการ

No.	รายการ	ราคา (บาท)
1	Boiler 170 ton	397,749,317.16
2	Steam turbine and generator 32 MW, 11 KV, 105 Bar	190,320,000.00
3	Water Treatment	13,905,000.00
4	Electrical System	106,723,950.00
5	Belt Conveyor	64,280,000.00
6	Fire fighting system	12,800,000.00
7	CCTV System Power Plant on Belt Conveyor	5,500,000.00
8	High -Low Pressure Steam Piping and Accessory	143,395,073.68
9	Foundation และแท่นเครื่องจักรหม้อไอน้ำ	29,398,250.00
10	อื่นๆ	12,483,507.16
11	ส่วนเพิ่มของค่า Wet scrubber และ DCS	283,022,822.00
รวม		**1,259,577,920.00**

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน), 2558

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.6.2 ต้นทุนเชื้อเพลิง

จากการคำนวณสรุปต้นทุนเชื้อเพลิงแต่ละประเภทที่ต้องใช้ในการผลิตความร้อน 4,172,738,400 เมกะจูลล์ต่อปี สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งนี้ โดยกำหนดให้ต้นทุนคงที่ตลอดอายุโครงการ 20 ปี ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ราคาต้นทุนเชื้อเพลิงแต่ละประเภทที่ต้องใช้ต่อปี

รูปแบบเชื้อเพลิงที่ใช้	ราคา (ล้านบาท/ปี)
ชานอ้อยอย่างเดียว	283.138
ใบอ้อยอัดก้อน : ชานอ้อย = 1:1	276.357
ใบอ้อยอัดเม็ด : ชานอ้อย = 1:1	514.01

4.6.3 ต้นทุนการดำเนินงาน (Operating Expenditure : OPEX)

เป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของโครงการ เพื่อให้โครงการสามารถดำเนินการได้ตามปกติ เช่น ค่าจ้างพนักงาน ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องจักรและซ่อมบำรุง ค่าขนส่ง ค่าน้ำประปา ค่าเชื้อเพลิง ค่าธรรมเนียมเอกสารราชการ ค่าใช้จ่ายที่ต้องสำรองไว้ ฯลฯ ซึ่งต้นทุนการดำเนินงานจะมีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ต่อปีในทุกปีตลอดอายุโครงการ โดยงานวิจันนี้จะใช้ข้อมูลโดยประมาณการที่มาจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่ปฏิบัติงานอยู่ภายในโรงไฟฟ้าชีวมวล ดังตางรางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ

รายละเอียด	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ค่าตรวจสอบระบบประจำปี	10,000,000
ค่าซ่อมบำรุงและอะไหล่	150,000,000
ค่าจ้างพนักงาน	5,000,000
เงินสำรองฉุกเฉิน	20,000,000
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	15,000,000
รวม	200,000,000

ที่มา : รวบรวมจากผู้วิจัยโดยการสัมภาษณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

เมื่อรวบรวมข้อมูลทางด้านการเงินครบแล้ว ได้แก่ เงินลงทุน (CAPEX) ต้นทุนการดำเนินงาน (OPEX) ต้นทุนเชื้อเพลิงแต่ละประเภท รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าและรายได้จากการจำหน่ายไอน้ำ นำไปวิเคราะห์ทางการเงินเพื่อหาความคุ้มค่าจากการลงทุน ด้วยวิธีการจำลองกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash Flow Model : DCF Model) แสดงรายละเอียดในแต่ละแบบจำลองดังต่อไปนี้

4.7.1 แบบใช้ชานอ้อย

เงินลงทุนโครงการ (CAPEX) 1,260 ล้านบาท

ต้นทุนการดำเนินงาน (OPEX) 200 ล้านบาท และมีอัตราเพิ่มร้อยละ 3 ต่อปีทุกปี

ต้นทุนเชื้อเพลิงแบบคงที่ 283.138 ล้านบาท/ปี

รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าในแต่ละปีตามตารางที่ 4.6

รายได้จากการจำหน่ายไอน้ำ 276.48 ล้านบาท/ปี

ระยะเวลาโครงการ 20 ปี

อัตราคิดลด (Discount Rate) 10%

นำข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางการเงินด้วยโปรแกรม Microsoft Excel สามารถแสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การคำนวณ DCF Model แบบใช้ชานอ้อย

Year	Capex (MB)	Fuel cost (MB)	Opex (MB)	Revenue (MB)	Net Cash Flow (MB)	Cumulative Cash Flow (MB)	Discount Factor	Present Value (MB)	Payback Period	
									Y1	Y2
0	1,260				-1,260	-1,260	1.0000	-1260.00		
1		283.138	200.00	698.46	215	-1,045	0.9091	195.75	1	0.00
2		283.138	206.00	698.97	210	-835	0.8264	173.41	1	0.00
3		283.138	212.18	699.47	204	-631	0.7513	153.38	1	0.00
4		283.138	218.55	699.98	198	-432	0.6830	135.44	1	0.00
5		283.138	225.10	700.49	192	-240	0.6209	119.37	1	0.00
6		283.138	231.85	701.00	186	-54	0.5645	105.00	1	0.00
7		283.138	238.81	701.51	180	125	0.5132	92.15	0	0.30
8		283.138	245.97	702.03	173	298	0.4665	80.67	0	0.00
9		283.138	253.35	674.89	138	437	0.4241	58.70	0	0.00
10		283.138	260.95	675.41	131	568	0.3855	50.63	0	0.00
11		283.138	268.78	675.93	124	692	0.3505	43.46	0	0.00
12		283.138	276.85	676.45	116	809	0.3186	37.11	0	0.00
13		283.138	285.15	676.97	109	917	0.2897	31.48	0	0.00
14		283.138	293.71	677.49	101	1,018	0.2633	26.50	0	0.00
15		283.138	302.52	678.02	92	1,110	0.2394	22.11	0	0.00
16		283.138	311.59	678.54	84	1,194	0.2176	18.24	0	0.00
17		283.138	320.94	679.07	75	1,269	0.1978	14.84	0	0.00
18		283.138	330.57	679.60	66	1,335	0.1799	11.85	0	0.00
19		283.138	340.49	680.13	57	1,391	0.1635	9.24	0	0.00
20		283.138	350.70	680.66	47	1,438	0.1486	6.96	0	0.00
			5,374.07	**13735.07**	**1,438**			**126.28**	**6**	**0.30**

4.7.2 แบบใช้ใบอ้อยอัดก้อนร่วมกับชานอ้อยในอัตราส่วน 1:1

เงินลงทุนโครงการ (CAPEX) 1,260 ล้านบาท

ต้นทุนการดำเนินงาน (OPEX) 200 ล้านบาท และมีอัตราเพิ่มร้อยละ 3 ต่อปีทุกปี

ต้นทุนเชื้อเพลิงแบบคงที่ 276.357 ล้านบาท/ปี

รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าในแต่ละปีตามตารางที่ 4.6

รายได้จากการจำหน่ายไอน้ำ 276.48 ล้านบาท/ปี

ระยะเวลาโครงการ 20 ปี

อัตราคิดลด (Discount Rate) 10%

นำข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางการเงินด้วยโปรแกรม Microsoft Excel สามารถแสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การคำนวณ DCF Model แบบใช้ใบอ้อยอัดก้อนร่วมกับชานอ้อย

Year	Capex (MB)	Fuel cost (MB)	Opex (MB)	Revenue (MB)	Net Cash Flow (MB)	Cumulative Cash Flow (MB)	Discount Factor	Present Value (MB)	Payback Period	
									Y1	Y2
0	1,260				-1,260	-1,260	1.0000	-1260.00		
1		276.357	200.00	698.46	222	-1,038	0.9091	201.91	1	0.00
2		276.357	206.00	698.97	217	-821	0.8264	179.02	1	0.00
3		276.357	212.18	699.47	211	-610	0.7513	158.48	1	0.00
4		276.357	218.55	699.98	205	-405	0.6830	140.07	1	0.00
5		276.357	225.10	700.49	199	-206	0.6209	123.58	1	0.00
6		276.357	231.85	701.00	193	-13	0.5645	108.82	1	0.00
7		276.357	238.81	701.51	186	173	0.5132	95.62	0	0.07
8		276.357	245.97	702.03	180	353	0.4665	83.83	0	0.00
9		276.357	253.35	674.89	145	498	0.4241	61.57	0	0.00
10		276.357	260.95	675.41	138	636	0.3855	53.24	0	0.00
11		276.357	268.78	675.93	131	767	0.3505	45.84	0	0.00
12		276.357	276.85	676.45	123	890	0.3186	39.27	0	0.00
13		276.357	285.15	676.97	115	1,005	0.2897	33.44	0	0.00
14		276.357	293.71	677.49	107	1,113	0.2633	28.29	0	0.00
15		276.357	302.52	678.02	99	1,212	0.2394	23.73	0	0.00
16		276.357	311.59	678.54	91	1,303	0.2176	19.72	0	0.00
17		276.357	320.94	679.07	82	1,384	0.1978	16.18	0	0.00
18		276.357	330.57	679.60	73	1,457	0.1799	13.07	0	0.00
19		276.357	340.49	680.13	63	1,520	0.1635	10.35	0	0.00
20		276.357	350.70	680.66	54	1,574	0.1486	7.97	0	0.00
			5,374.07	**13735.07**	**1,574**			**184.01**	**6**	**0.07**

4.7.3 แบบใช้ใบอ้อยอัดเม็ดร่วมกับชานอ้อยในอัตราส่วน 1:1

เงินลงทุนโครงการ (CAPEX) 1,260 ล้านบาท

ต้นทุนการดำเนินงาน (OPEX) 200 ล้านบาท และมีอัตราเพิ่มร้อยละ 3 ต่อปีทุกปี

ต้นทุนเชื้อเพลิงแบบคงที่ 514.01 ล้านบาท/ปี

รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าในแต่ละปีตามตารางที่ 4.6

รายได้จากการจำหน่ายไอน้ำ 276.48 ล้านบาท/ปี

ระยะเวลาโครงการ 20 ปี

อัตราคิดลด (Discount Rate) 10%

นำข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางการเงินด้วยโปรแกรม Microsoft Excel สามารถแสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 การคำนวณ DCF Model แบบใช้ใบอ้อยอัดเม็ดร่วมกับชานอ้อย

Year	Capex (MB)	Fuel cost (MB)	Opex (MB)	Revenue (MB)	Net Cash Flow (MB)	Cumulative Cash Flow (MB)	Discount Factor	Present Value (MB)	Payback Period	
									Y1	Y2
0	1,260				-1,260	-1,260	1.0000	-1260.00		
1		514.01	200.00	698.46	-16	-1,276	0.9091	-14.13	1	0.00
2		514.01	206.00	698.97	-21	-1,297	0.8264	-17.39	1	0.00
3		514.01	212.18	699.47	-27	-1,323	0.7513	-20.07	1	0.00
4		514.01	218.55	699.98	-33	-1,356	0.6830	-22.25	1	0.00
5		514.01	225.10	700.49	-39	-1,395	0.6209	-23.98	1	0.00
6		514.01	231.85	701.00	-45	-1,439	0.5645	-25.32	1	0.00
7		514.01	238.81	701.51	-51	-1,491	0.5132	-26.33	1	0.00
8		514.01	245.97	702.03	-58	-1,549	0.4665	-27.04	1	0.00
9		514.01	253.35	674.89	-92	-1,641	0.4241	-39.22	1	0.00
10		514.01	260.95	675.41	-100	-1,741	0.3855	-38.38	1	0.00
11		514.01	268.78	675.93	-107	-1,848	0.3505	-37.46	1	0.00
12		514.01	276.85	676.45	-114	-1,962	0.3186	-36.45	1	0.00
13		514.01	285.15	676.97	-122	-2,084	0.2897	-35.39	1	0.00
14		514.01	293.71	677.49	-130	-2,214	0.2633	-34.29	1	0.00
15		514.01	302.52	678.02	-139	-2,353	0.2394	-33.16	1	0.00
16		514.01	311.59	678.54	-147	-2,500	0.2176	-32.00	1	0.00
17		514.01	320.94	679.07	-156	-2,656	0.1978	-30.84	1	0.00
18		514.01	330.57	679.60	-165	-2,821	0.1799	-29.67	1	0.00
19		514.01	340.49	680.13	-174	-2,995	0.1635	-28.51	1	0.00
20		514.01	350.70	680.66	-184	-3,179	0.1486	-27.36	1	0.00
			5,374.07	**13735.07**	**-3,179**			**- 1,839.26**	**20**	**0.00**

4.7.4 แบบใช้ใบอ้อยอัดเม็ดร่วมกับชานอ้อยในอัตราส่วน 1:1 (ปรับต้นทุนเชื้อเพลิง)

ทดลองปรับต้นทุนใบอ้อยอัดเม็ดที่ราคารับซื้อ 1,200 1,500 และ 2,000 บาท/ตัน เพื่อศึกษาหาความคุ้มค่าของต้นทุนเชื้อเพลิงที่ราคาต่างๆเมื่อราคาใบอ้อยอัดเม็ดลดลง โดยตัวแปรอื่นๆคงที่ตามข้างต้น ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.14 และการคำนวณจะแสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.14 ผลการคำนวณ DCF Model ที่ราคาต้นทุนใบอ้อยอัดเม็ดราคาต่างกัน

	ราคาใบอ้อยอัดเม็ด (บาท/ตัน)		
	1,200	1,500	2,000
ต้นทุนใบอ้อยอัดเม็ดร่วมกับชานอ้อย (ล้านบาท)	290.52	327.77	361.53
NPV (ล้านบาท)	63.44	-253.69	-541.11
IRR (%)	10.94	5.70	-2.15
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	6.57	8.63	>20

จากการคำนวณพบว่าถึงแม้ราคาใบอ้อยอัดเม็ดในอนาคตจะลดลง แต่ยังไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนนำมาเป็นเชื้อเพลิงให้แก่โรงไฟฟ้าชีวมวล เนื่องจากมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) ติดลบหากราคาเกินตันละ 1,200 บาท นั่นหมายความว่าโครงการมีมูลค่าสุทธิน้อยกว่ามูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนที่จ่ายไป และมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ต่ำกว่าอัตราคิดลด (Discount Rate) หรือผลตอบแทนขั้นต่ำของโครงการที่ยอมรับได้ ซึ่งกำหนดไว้ที่ 10% ถึงแม้จะมีระยะเวลาคืนทุนเร็วขึ้นก็ตาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.8 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงใบอ้อยแบบต่างๆ

จากการคำนวณโดยผู้วิจัยสามารถสรุปปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดในการผลิตพลังงานความร้อน 4,173,000 GJ/ปี พบว่าค่าความร้อนของวัตถุดิบชีวมวลที่สูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าลดลง แสดงได้ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.15 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

เชื้อเพลิง	ปริมาณ (ตัน/ปี)
ชานอ้อย	566,240
ใบอ้อยอัดก้อนร่วมกับชานอ้อย	417,899
ใบอ้อยอัดเม็ดร่วมกับชานอ้อย	407,258

4.9 การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ในปี 2555 ประเทศไทยมีผลผลิตอ้อยทั้งหมด 98.4 ล้านตัน เมื่อผ่านกระบวนการผลิตน้ำตาล จะเหลือชานอ้อยปริมาณ 28.54 ล้านตัน เมื่อนำชานอ้อยเหล่านี้ไปเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า จะเหลือขี้เถ้าชานอ้อย 1 ล้านตัน (สุทธิชัย ตันเจริญ, 2561) หรือถูกคิดเป็นร้อยละ 3.5 จากปริมาณชานอ้อยที่ถูกป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล และจากงานวิจัย (Kanittha Kanokkanjana, 2555) ทำงานศึกษาเกี่ยวกับการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวในพื้นที่เปิดโล่งจังหวัดขอนแก่น เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่น PM 2.5 และผลการทบต่อภาวะโลกร้อน ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และ PM 2.5 จากการเผาใบและยอดอ้อย

ชนิด	Emission Factors (g/kg) ต่อน้ำหนักใบอ้อย		
	CO_2	CO	PM 2.5
ใบและยอดอ้อย	1,449.85	117.25	9.59

ที่มา : Kanittha Kanokkanjana, 2555

กรณีที่เผาใบอ้อยอัดก้อน โดยนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าชีวมวลดังกล่าวคิดเป็นจำนวน 134,788 ตัน/ปี จะช่วยลดการปล่อย PM 2.5 จากการเผาไหม้ได้เท่ากับ

PM 2.5 ที่ลดลง = 134,788 (ตัน) × 9.59 (กก/ตัน)/1,000 = 1,292.62 ตัน/ปี

CO_2 ที่ลดลง = 134,788 (ตัน) × 1,449.85 (กก/ตัน)/ 1,000 = 195,422.38 ตัน/ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้นการใช้ใบอ้อยอัดก้อนมาเป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษาจะช่วยลดการปล่อยปริมาณฝุ่น PM 2.5 ลงได้ 1,292.62 ตัน/ปี และผลการทบต่อภาวะโลกร้อนโดยลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 195,422.38 ตัน/ปี

และจากงานวิจัย (ธีรารัตน์ จีระมะกร, 2561) ทำการขึ้นรูปใบอ้อยอัดเม็ดด้วยวิธีการอัดเย็นขนาดน้ำหนักเม็ดละ 180 กรัม พบว่ามีฝุ่นเกิดขึ้นภายหลังการเผาร้อยละ 0.1878 และมีปริมาณเถ้าหลังเผาเท่ากับร้อยละ 6 ดังตารางที่ 4.17 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการนำใบอ้อยอัดก้อนและใบอ้อยอัดเม็ดมาใช้เป็นเชื้อเพลิงพบว่าการใช้ใบอ้อยอัดเม็ดมีปริมาณเถ้าเกิดขึ้นต่ำกว่าการใช้ ใบอ้อยอัดก้อนร้อยละ 50

ตารางที่ 4.17 ปริมาณฝุ่น ขี้เถ้าจากการเผาไหม้ใบอ้อยอัดก้อนและใบอ้อยอัดเม็ด

	ปริมาณฝุ่น (g/kg)	ปริมาณขี้เถ้า (%)	ความหนาแน่น (kg/m^3)
ใบอ้อยอัดก้อน	9.59	11.96	100.33
ใบอ้อยอัดเม็ด	1.878	6	711

สรุปได้ว่าการแปรรูปใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ทั้งในแง่ของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) ที่ลดลงจากการไม่เผาอ้อยในพื้นที่โล่งหรือลักษณะทางกายภาพที่เมื่ออัดเม็ดแล้วมีความหนาแน่นมากขึ้น เก็บรักษาได้นานขึ้นไม่ก่อให้เกิดฝุ่นฟุ้งกระจายเวลาขนส่ง ปริมาณขี้เถ้าภายหลังการเผาไหม้ที่น้อยกว่า ทำให้ประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากของเสียได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาเทคโนโลยีการนำใบอ้อยไปใช้ประโยชน์โดยนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลหรือแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด พบว่าสามารถนำใบอ้อยไปแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดได้ ซึ่งสามารถใช้กับโรงไฟฟ้าชีวมวลได้จริงและให้ค่าความร้อนสูงกว่าแบบนำใบอ้อยอัดก้อนไปเผาไหม้โดยตรง ใช้ปริมาณใบอ้อยอัดเม็ดน้อยกว่าใบอ้อยอัดก้อน อีกทั้งมีปริมาณฝุ่นและขี้เถ้าที่น้อยกว่า แต่ต้นทุนใบอ้อยอัดเม็ดที่ยังคงสูงอยู่ในปัจจุบันจึงยังไม่คุ้มค่าในการลงทุนนำมาเป็นเชื้อเพลิงให้แก่โรงไฟฟ้าชีวมวล

จากผลการศึกษาโดยวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าที่กำลังการผลิตพลังงาน 4,173,000 GJ/ปี ขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในปริมาณ 92,160,000 kWh/ปี ในรูปแบบ Feed-in Tariff หรือ FiT ตลอดระยะเวลา 20 ปี เพื่อประเมินความคุ้มค่าที่จะลงทุน พบว่าต้นทุนการเผาไหม้ใบอ้อยอัดก้อนโดยตรง ต่ำกว่าการแปรรูปใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด นอกจากนี้ในรูปแบบเผาไหม้โดยตรงยังมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) อยู่ที่ 184.01 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return, IRR) อยู่ที่ 12.64 % และมีระยะเวลาคืนทุน 6.07 ปี คืนทุนได้เร็วกว่าแบบแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่มีระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 20 ปี ซึ่งเกินอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้าและมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่สูงกว่าแบบใช้ชานอ้อยเพียงชนิดเดียวเป็นเชื้อเพลิง แสดงดังตารางที่ 5.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

	เผาไหม้โดยตรง ชานอ้อย	เผาไหม้โดยตรง ชานอ้อย:ใบอ้อยอัดก้อน 1 : 1	แปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด ชานอ้อย:ใบอ้อยอัดเม็ด 1 : 1
เงินลงทุน	1,260 ล้านบาท	1,260 ล้านบาท	1,260 ล้านบาท
NPV	126.28 ล้านบาท	184.01 ล้านบาท	-1,839.26 ล้านบาท
IRR	11.84 %	12.64 %	N/A
ระยะเวลาคืนทุน	6.3 ปี	6.07 ปี	>20 ปี

ดังนั้นการลงทุนโดยนำใบอ้อยอัดก้อนมาเผาไหม้โดยตรงจะมีความคุ้มค่ามากกว่าสำหรับปัจจุบัน หากในอนาคตเทคโนโลยีการผลิตใบอ้อยอัดเม็ดมีต้นทุนที่ลดลง จนสามารถขายได้เท่ากับราคาใบอ้อยอัดก้อนหรือรับซื้อได้ในราคาไม่เกินตันละ 1,200 บาท จึงจะมีความเป็นไปได้ในการลงทุนนำใบอ้อยอัดเม็ดมาใช้เป็นเชื้อเพลิง หากพิจารณาในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมพบว่าในด้านการขนส่งเมื่อแปรรูปเป็นใบอ้อยอัดเม็ดแล้วจะง่ายต่อการขนส่งมากกว่า เนื่องจากมีความหนาแน่นที่มากกว่าปริมาณฝุ่นที่จะฟุ้งกระจายระหว่างการขนส่งก็น้อยกว่าและมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าทำให้มีเชื้อเพลิงใช้ตลอดทั้งปี ในส่วนของขี้เถ้าที่ได้จะการเผาไหม้ ก็มีน้อยกว่าแบบเผาไหม้ใบอ้อยอัดก้อนโดยตรง โดยขี้เถ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรนำไปเป็นวัสดุปรับปรุงโครงสร้างดิน เพิ่มความร่วนซุยและความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน เพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อแนะนำแนวทางในการแปรรูปใบอ้อยไปเป็นพลังงานและเปรียบเทียบความคุ้มค่าเพียง 2 รูปแบบเท่านั้น ได้แก่การเผาไหม้ใบอ้อยอัดก้อนโดยตรงกับการแปรรูปใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดก่อนการเผาไหม้ โดยมาจากกรณีศึกษาที่มีเงื่อนไขเดียวกัน โดยตั้งสมมติฐานให้วัตถุดิบใบอ้อยมีปริมาณสม่ำเสมอตลอดทั้งปี เพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบในปัจจุบัน แม้ว่าในความเป็นจริงจะมีช่วงเวลาเก็บเกี่ยวอ้อยอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ และจะลดลงในช่วงเดือนมีนาคมถึงตุลาคมของแต่ละปี ซึ่งข้อมูลจะแปรผันไปในทิศทางเดียวกันอยู่แล้ว เนื่องจากเมื่อวัตถุดิบที่เป็นใบอ้อยสดลดลงก็จะส่งผลให้ใบอ้อยอัดก้อนและใบอ้อยอัดเม็ดลดลงตามไปด้วย ต่างกันเพียงแค่ชนิดวัตถุดิบเชื้อเพลิงและเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้นมาเท่านั้น นอกจากนี้งานวิจัยนี้ใช้วิธีการคิดอัตราการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในรูปแบบ Feed-in Tariff หรือ FiT ซึ่งถ้าหากใช้วิธีคิดค่าไฟในรูปแบบอื่นหรือสัดส่วนอื่นจะส่งผลให้รายได้จากการขายไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป และราคาต้นทุนเชื้อเพลิงมาจากท้องตลาดในวันที่ทำการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

Jittabut, P. (2015). Physical and thermal properties of briquette fuels from rice straw and sugarcane leaves by mixing molasses. *Energy Procedia, 79*, 2-9.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2557). การศึกษาคุณสมบัติของยอดและใบอ้อย.

กษิเดช สาลีพัฒนา. (2560). การศึกษาความคุ้มค่าของการผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากทะลายปาล์มเปล่า. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กุลธิดา สว่างพล. (2556). การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากเซลลูโลส. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*, 36*(4), 477-489.

เกยูร ดวงอุปมา. (2555). สมบัติของไบโอออยล์และถ่านชาร์ที่ได้จากการไพโรไลซีสแบบเร็วของใบอ้อย. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University, 32*(4), 504-509.

คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2562). รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต *2561/62*.

ธีรารัตน์ จีระมะกร. (2563). การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการปลูกอ้อยในจังหวัดบุรีรัมย์. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 25*(1), 256-269.

นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกูล. (2557). การผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรและครัวเรือน (THE PRODUCTION OF FUEL BRIQUETTES FROM BIO-AGRICULTURAL WASTES AND HOUSEHOLD WASTES). *Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology), 6*(11), 66-77.

ปัญญา โสภาศรีพันธ์. (2564). โครงการการใช้ประโยชน์ใบและยอดอ้อยเป็นเชื้อเพลิงทดแทน.

โรจน์ลักษณ์ปรีชา. (2560). ก้าวสู่บริบทใหม่ของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลไทย: ธนาคารแห่งประเทศไทย.

ละอองดาว แสงหล้า. (2548). ผลกระทบจากการเผาใบอ้อยและแนวทางการแก้ไข The Impacts of Sugarane Leaf Burning and Solving Methods. *Journal of Environmental Management* วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม*, 2*(1).

วรรณวิภา แก้วประดิษฐ์. (2564). การจัดการใบอ้อยเพื่อลดฝุ่นละอองขนาดเล็กและส่งเสริมการผลิตอ้อยอย่างยั่งยืน. วารสารแก่นเกษตร*, 49*(1), 76-86.

วิทยาลัยการสาธารณสุข. (2544). ผลกระทบจากการเผาใบอ้อย: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิรัช อยู่ชา. (2560). การผลิตเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษยอดและใบอ้อยโดยมีส่วนร่วมของชุมชน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล. (2550). รายงานผลการดำเนินโครงการหมู่บ้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ศูนย์วิจัยธนาคารกรุงศรีอยุธยา. (2564). แนวโน้มอุตสาหกรรมน้ำตาล (C. Sowcharoensuk Ed.).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สมาคมโรงงานน้ำตาลทราย. (2559). อุตสาหกรรมน้ำตาลของไทย.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2562). คู่มือการจัดการไร่อ้อยอย่างยั่งยืน.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2559). การรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ *Feed-in Tariff*.

สำนักพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออุตสาหกรรม. (2559). การศึกษาการใช้ชีวมวลฟางข้าว ใบและยอดอ้อยและลำต้นข้าวโพดเพื่อผลิตพลังงานทดแทน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุทธิชัย ตันเจริญ. (2561). การศึกษาสัดส่วนของเถ้าชานอ้อยที่มีผลต่อแรงอัดในคอนกรีต. มหาทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน). (2554). คู่มือการพัฒนาโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดด้านชีวมวล.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน). (2558). เอกสารข้อเสนอโครงการสำหรับโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจของประเทศไทย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางการเงิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคำนวณแบบใช้ใบอ้อยอัดเม็ดร่วมกับชานอ้อยในอัตราส่วน 1:1 ที่ราคาต้นทุนต่างกัน

1) กำหนดให้ราคาใบอ้อยอัดเม็ดราคา 1,200 บาท/ตัน และมีเงื่อนไขอื่นๆดังนี้

เงินลงทุนโครงการ (CAPEX) 1,260 ล้านบาท

ต้นทุนการดำเนินงาน (OPEX) 200 ล้านบาท และมีอัตราเพิ่มร้อยละ 3 ต่อปีทุกปี

ต้นทุนเชื้อเพลิงแบบคงที่ 290.52 ล้านบาท/ปี

รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าในแต่ละปีตามตารางที่ 4.6

รายได้จากการจำหน่ายไอน้ำ 276.48 ล้านบาท/ปี

ระยะเวลาโครงการ 20 ปี

อัตราคิดลด (Discount Rate) 10%

แสดงผลการคำนวณ DCF Model ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การคำนวณ DCF Model ที่ราคาต้นทุนใบอ้อยอัดเม็ด 1,200 บาท/ตัน

Year	Capex (MB)	Fuel cost (MB)	Opex (MB)	Revenue (MB)	Net Cash Flow (MB)	Cumulative Cash Flow (MB)	Discount Factor	Present Value (MB)	Payback Period	
									Y1	Y2
0	1,260				-1,260	-1,260	1.0000	-1260.00		
1		290.52	200.00	698.46	208	-1,052	0.9091	189.04	1	0.00
2		290.52	206.00	698.97	202	-850	0.8264	167.31	1	0.00
3		290.52	212.18	699.47	197	-653	0.7513	147.84	1	0.00
4		290.52	218.55	699.98	191	-462	0.6830	130.40	1	0.00
5		290.52	225.10	700.49	185	-277	0.6209	114.79	1	0.00
6		290.52	231.85	701.00	179	-98	0.5645	100.83	1	0.00
7		290.52	238.81	701.51	172	74	0.5132	88.36	0	0.57
8		290.52	245.97	702.03	166	239	0.4665	77.22	0	0.00
9		290.52	253.35	674.89	131	370	0.4241	55.57	0	0.00
10		290.52	260.95	675.41	124	494	0.3855	47.78	0	0.00
11		290.52	268.78	675.93	117	611	0.3505	40.88	0	0.00
12		290.52	276.85	676.45	109	720	0.3186	34.76	0	0.00
13		290.52	285.15	676.97	101	821	0.2897	29.34	0	0.00
14		290.52	293.71	677.49	93	915	0.2633	24.56	0	0.00
15		290.52	302.52	678.02	85	999	0.2394	20.34	0	0.00
16		290.52	311.59	678.54	76	1,076	0.2176	16.63	0	0.00
17		290.52	320.94	679.07	68	1,144	0.1978	13.38	0	0.00
18		290.52	330.57	679.60	59	1,202	0.1799	10.52	0	0.00
19		290.52	340.49	680.13	49	1,251	0.1635	8.03	0	0.00
20		290.52	350.70	680.66	39	1,291	0.1486	5.86	0	0.00
			5,374.07	**13735.07**	**1,291**			**63.44**	**6**	**0.57**

2) กำหนดให้ราคาใบอ้อยอัดเม็ดราคา 1,500 บาท/ตัน และมีเงื่อนไขอื่นๆดังนี้

เงินลงทุนโครงการ (CAPEX) 1,260 ล้านบาท

ต้นทุนการดำเนินงาน (OPEX) 200 ล้านบาท และมีอัตราเพิ่มร้อยละ 3 ต่อปีทุกปี

ต้นทุนเชื้อเพลิงแบบคงที่ 327.77 ล้านบาท/ปี

รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าในแต่ละปีตามตารางที่ 4.6

รายได้จากการจำหน่ายไอน้ำ 276.48 ล้านบาท/ปี

ระยะเวลาโครงการ 20 ปี

อัตราคิดลด (Discount Rate) 10%

แสดงผลการคำนวณ DCF Model ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การคำนวณ DCF Model ที่ราคาต้นทุนใบอ้อยอัดเม็ด 1,500 บาท/ตัน

Year	Capex (MB)	Fuel cost (MB)	Opex (MB)	Revenue (MB)	Net Cash Flow (MB)	Cumulative Cash Flow (MB)	Discount Factor	Present Value (MB)	Payback Period	
									Y1	Y2
0	1,260				-1,260	-1,260	1.0000	-1260.00		
1		327.77	200.00	698.46	171	-1,089	0.9091	155.17	1	0.00
2		327.77	206.00	698.97	165	-924	0.8264	136.53	1	0.00
3		327.77	212.18	699.47	160	-765	0.7513	119.85	1	0.00
4		327.77	218.55	699.98	154	-611	0.6830	104.96	1	0.00
5		327.77	225.10	700.49	148	-463	0.6209	91.66	1	0.00
6		327.77	231.85	701.00	141	-322	0.5645	79.80	1	0.00
7		327.77	238.81	701.51	135	-187	0.5132	69.24	1	0.00
8		327.77	245.97	702.03	128	-59	0.4665	59.84	1	0.00
9		327.77	253.35	674.89	94	35	0.4241	39.77	0	0.63
10		327.77	260.95	675.41	87	122	0.3855	33.42	0	0.00
11		327.77	268.78	675.93	79	201	0.3505	27.82	0	0.00
12		327.77	276.85	676.45	72	273	0.3186	22.89	0	0.00
13		327.77	285.15	676.97	64	337	0.2897	18.55	0	0.00
14		327.77	293.71	677.49	56	393	0.2633	14.75	0	0.00
15		327.77	302.52	678.02	48	441	0.2394	11.43	0	0.00
16		327.77	311.59	678.54	39	480	0.2176	8.53	0	0.00
17		327.77	320.94	679.07	30	510	0.1978	6.01	0	0.00
18		327.77	330.57	679.60	21	532	0.1799	3.82	0	0.00
19		327.77	340.49	680.13	12	543	0.1635	1.94	0	0.00
20		327.77	350.70	680.66	2	546	0.1486	0.33	0	0.00
			5,374.07	**13735.07**	**546**			**- 253.69**	**8**	**0.63**

3) กำหนดให้ราคาใบอ้อยอัดเม็ดราคา 2,000 บาท/ตัน และมีเงื่อนไขอื่นๆดังนี้

เงินลงทุนโครงการ (CAPEX) 1,260 ล้านบาท

ต้นทุนการดำเนินงาน (OPEX) 200 ล้านบาท และมีอัตราเพิ่มร้อยละ 3 ต่อปีทุกปี

ต้นทุนเชื้อเพลิงแบบคงที่ 361.53 ล้านบาท/ปี

รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าในแต่ละปีตามตารางที่ 4.6

รายได้จากการจำหน่ายไอน้ำ 276.48 ล้านบาท/ปี

ระยะเวลาโครงการ 20 ปี

อัตราคิดลด (Discount Rate) 10%

แสดงผลการคำนวณ DCF Model ได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การคำนวณ DCF Model ที่ราคาต้นทุนใบอ้อยอัดเม็ด 2,000 บาท/ตัน

Year	Capex (MB)	Fuel cost (MB)	Opex (MB)	Revenue (MB)	Net Cash Flow (MB)	Cumulative Cash Flow (MB)	Discount Factor	Present Value (MB)	Payback Period	
									Y1	Y2
0	1,260				-1,260	-1,260	1.0000	-1260.00		
1		361.53	200.00	698.46	137	-1,123	0.9091	124.48	1	0.00
2		361.53	206.00	698.97	131	-992	0.8264	108.63	1	0.00
3		361.53	212.18	699.47	126	-866	0.7513	94.49	1	0.00
4		361.53	218.55	699.98	120	-746	0.6830	81.90	1	0.00
5		361.53	225.10	700.49	114	-632	0.6209	70.70	1	0.00
6		361.53	231.85	701.00	108	-524	0.5645	60.75	1	0.00
7		361.53	238.81	701.51	101	-423	0.5132	51.92	1	0.00
8		361.53	245.97	702.03	95	-329	0.4665	44.10	1	0.00
9		361.53	253.35	674.89	60	-269	0.4241	25.45	1	0.00
10		361.53	260.95	675.41	53	-216	0.3855	20.41	1	0.00
11		361.53	268.78	675.93	46	-170	0.3505	15.99	1	0.00
12		361.53	276.85	676.45	38	-132	0.3186	12.13	1	0.00
13		361.53	285.15	676.97	30	-102	0.2897	8.77	1	0.00
14		361.53	293.71	677.49	22	-80	0.2633	5.86	1	0.00
15		361.53	302.52	678.02	14	-66	0.2394	3.34	1	0.00
16		361.53	311.59	678.54	5	-60	0.2176	1.18	1	0.00
17		361.53	320.94	679.07	-3	-64	0.1978	-0.67	1	0.00
18		361.53	330.57	679.60	-13	-76	0.1799	-2.25	1	0.00
19		361.53	340.49	680.13	-22	-98	0.1635	-3.58	1	0.00
20		361.53	350.70	680.66	-32	-130	0.1486	-4.69	1	0.00
			5,374.07	**13735.07**	**-130**			**- 541.11**	**20**	**0.00**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

เทคโนโลยีของการเผาไหม้โดยตรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรง (Direct Fired)

ปัจจุบันเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ผลิตพลังงาน 3 ชนิดคือ หม้อไอน้ำ เตาอบและเตาเผา โดยส่วนสำคัญที่สุดของเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงคือระบบการเผาไหม้ซึ่งเป็นระบบที่ใช้แปลงพลังงานจากชีวมวลไปเป็นพลังงานความร้อน หลังจากนั้นก็จะนำความร้อนที่ได้จาการเผาไหม้มาใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่น เช่น นำพลังงานความร้อนมาใช้ในหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมและการผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าชีวมวล (Cogeneration) เป็นต้น ระบบการเผาไหม้ของเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงที่นำมาใช้ในหม้อไอน้ำ ปัจจุบันแบ่งออกเป็น 5 ระบบ ได้แก่

1. ระบบใช้แรงงานคนป้อนเชื้อเพลิง
2. ระบบการเผาไหม้แบบตะกรับ (Stoker)
3. ระบบการเผาไหม้ในแบบลอยตัว (Suspension)
4. ระบบการเผาไหม้แบบไซโคลน (Cyclone)
5. ระบบการเผาไหม้แบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized Bed)

1) ระบบใช้แรงงานคนป้อนเชื้อเพลิง

ระบบนี้อาศัยคนงานที่มีความชำนาญในการกระจายเชื้อเพลิงให้ทั่วสม่ำเสมอบนตะกรับเตาไฟที่ทำจากเหล็กหล่อเป็นตอนๆ อากาศที่ใช้สำหรับเผาไหม้จะถูกส่งจากใต้เตาเหนือตะกรับเตาไฟ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของระบบนี้ค่อนข้างต่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

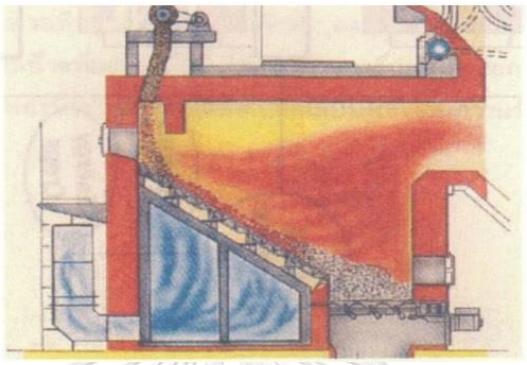
2) ระบบการเผาไหม้แบบตะกรับ (Stoker)

เป็นระบบที่ใช้เครื่องจักรป้อนเชื้อเพลิงแทนแรงงานคน โดยมีกลไกที่ไม่ซับซ้อน มีราคาถูกและสามารถออกแบบให้ใช้ได้กับเชื้อเพลิงแข็งได้หลายชนิด หลายขนาด แต่มีข้อเสียคือระบบแบบตะกรับมีขีดความสามารถในการผลิตไอน้ำต่ำ ระบบการเผาไหม้แบบตะกรับ แบ่งออกได้ตามลักษณะการป้อนเชื้อเพลิง ดังนี้

ระบบการเผาไหม้แบบตะกรับที่มีการป้อนเชื้อเพลิงทางด้านบน

2.1 ระบบการเผาไหม้แบบตะกรับที่มีการป้อนเชื้อเพลิงทางด้านบนแบบตะกรับเอียง (Incline/Fixed Grate Stoker)

มีโครงสร้างแบบง่าย ตะกรับจะยึดติดอยู่กับที่ ต้นทุนค่าก่อสร้างค่อนข้างถูก ข้อเสียคือประสิทธิภาพต่ำ นำขี้เถ้าออกยากและบางครั้งเชื้อเพลิงค้างอยู่กลางตะกรับ ทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลง

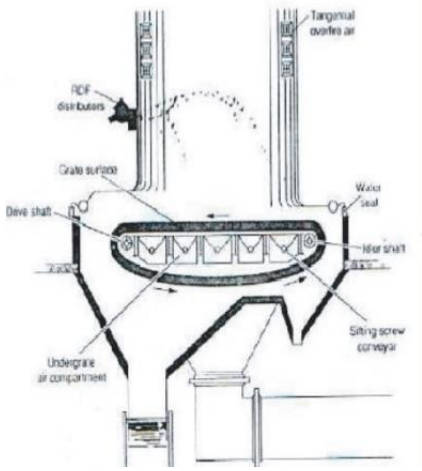


แสดงระบบการเผาไหม้แบบตะกรับเอียง

2.2 ระบบการเผาไหม้แบบตะกรับที่มีการป้อนเชื้อเพลิงทางด้านบนแบบตะกรับเลื่อน (Traveling Grate Stoker)

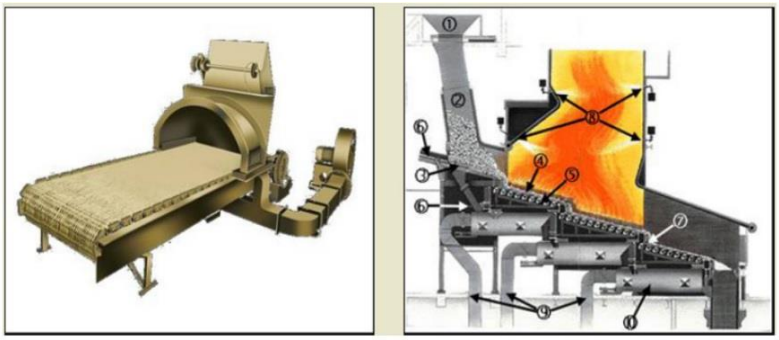
โครงสร้างของตะกรับจะเคลื่อนที่ตลอดเวลาคล้ายตีนตะขาบรถถัง เหมาะสำหรับเชื้อเพลิงที่มีขนาดใกล้เคียงกันและมีสัดส่วนขี้เถ้ามาก เช่น แกลบ โรงไฟฟ้าที่ใช้ระบบนี้มีหลายแห่ง อย่างไรก็ตามโครงสร้างนี้ไม่เหมาะกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงหลายชนิดพร้อมกัน เพราะเชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้หมดไม่พร้อมกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



2.3 ระบบการเผาไหม้แบบตะกรับที่มีการป้อนเชื้อเพลิงทางด้านบนแบบกระจาย (Spreader Grate Stoker)

โครงสร้างนี้พัฒนามาจาก Traveling grate stoker โดยนำเชื้อเพลิงมาบดให้ละเอียดและพ่นเข้าเตามีประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงขึ้นเพราะเชื้อเพลิงสัมผัสอากาศทั่วถึง ระบบนี้มีใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาลบางแห่งเท่านั้น

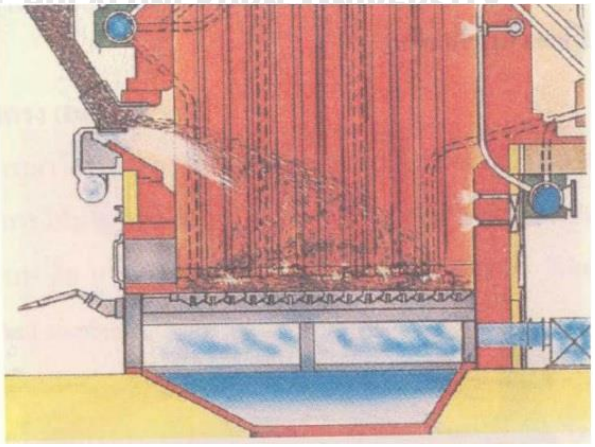


แสดงระบบการเผาไหม้แบบกระจาย

2.4 ระบบการเผาไหม้แบบตะกรับที่มีการป้อนเชื้อเพลิงทางด้านบนแบบตะกรับสั่น(Vibrating Grate Stoker)

ตะกรับจะทำการเขย่าเพื่อให้เชื้อเพลิงเลื่อนเข้าไปในห้องเผาไหม้ที่กำลังลุกไหม้อยู่ภายในสามารถปรับจังหวะช้าเร็วได้ ตะกรับจะสั่นเพื่อให้ขี้เถ้าไหลลงสะดวกเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้

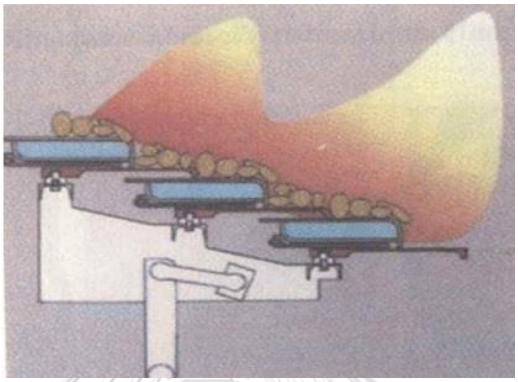
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แสดงระบบการเผาไหม้แบบตะกรับสั่น

2.5 ระบบการเผาไหม้แบบตะกรับที่มีการป้อนเชื้อเพลิงทางด้านบนแบบขั้นบันได (Step Grate Stoker)

มีโครงสร้างกับขั้นบันได เชื้อเพลิงจะถูกป้อนจากส่วนบนผ่านตะแกรงที่มีลักษณะเป็นขั้นบันได ขั้นบันไดจะถูกยึดติดเคลื่อนที่ไม่ได้ขั้นเว้นขั้น เชื้อเพลิงจะถูกผลักลงทีละขั้นทำให้มีโอกาสพลิกไปมา ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น เหมาะกับการใช้เชื้อเพลิงหลายชนิด

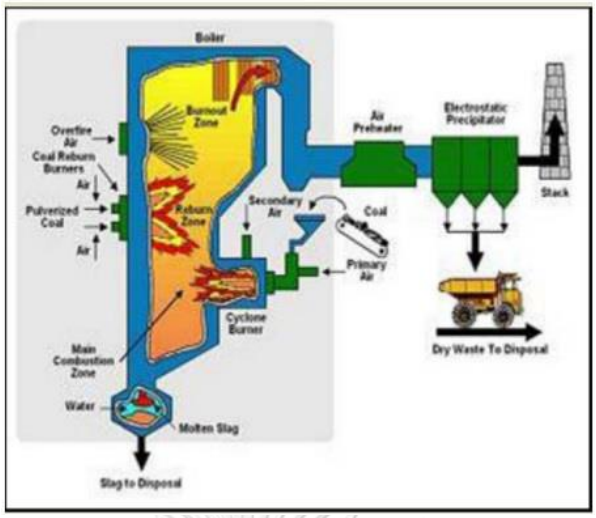


แสดงระบบการเผาไหม้แบบขั้นบันได

3) ระบบการเผาไหม้ในแบบลอยตัว (Suspension)

การเผาไหม้เชื้อเพลิงของระบบนี้ใช้หลักการเดียวกับการเผาไหม้ในเตาเผาเชื้อเพลิงบดละเอียด (Pulverized fuel combustor) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กับถ่านหินและเป็นวิธีที่ใช้กันมากที่สุดในโรงไฟฟ้า การเผาไหม้จะเกิดขึ้นในลักษณะที่เชื้อเพลิงถูกแขวนลอย ดังนั้นขนาดของเชื้อเพลิงที่ถูกป้อนเข้าสู่เตาจะต้องมีขนาดเล็กสามารถแขวนลอยอยู่ได้ในอากาศ อากาศส่วนแรกที่ถูกป้อนเข้าสู่เตาจะถูกอุ่นก่อนเพื่อช่วยในการอบแห้งเชื้อเพลิง อากาศส่วนที่ 2 จะถูกส่งเข้าสู่เตาโดยตรงเพื่อช่วยทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ขี้เถ้าที่เกิดขึ้นจะถูกปล่อยออกมากับไอเสีย ในปัจจุบันเทคโนโลยีหม้อไอน้ำที่ใช้เตาเผาแต่ละแบบข้างต้นจะมีประสิทธิภาพ (Boiler efficiency) มากกว่า 80% ขึ้นไป มีจำนวนไม่มากเนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่มีราคาแพงเมื่อเทียบกับการเผาไหม้ชนิดอื่น

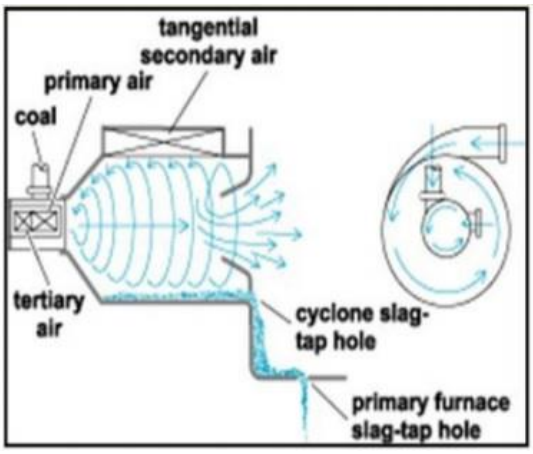
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แสดงระบบการเผาไหม้แบบลอยตัว

4) ระบบการเผาไหม้แบบไซโคลน (Cyclone)

ระบบการเผาไหม้แบบไซโคลนเชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าเตาเผาโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง เช่นเดียวกับระบบลอยตัวหรือพัลเวอร์ไรซ์ แต่ไม่จำเป็นต้องบดเชื้อเพลิงให้มีขนาดเล็ก ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการบดเชื้อเพลิงลงได้ การเผาไหม้ในระบบไซโคลนจะใช้หัวเผาแบบ Horizontal water-cooled ขนาดเล็ก ทำให้เตาเผาระบบไซโคลนมีขนาดเล็กกว่าเตาเผาระบบพัลเวอร์ไรซ์เมื่อคิดต่อหน่วยปริมาตร อากาศจะเข้าสู่เตาเผาในแนวสัมผัสกับผนังของห้องเผาไหม้ ซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงเกิดการเคลื่อนที่แบบปั่นป่วน(Turbulence) ในห้องเผาไหม้ ทำให้การเผาไหม้ดียิ่งขึ้น อุณหภูมิของการเผาไหม้ภายในเตาระบบไซโคลนสูงถึง 1,650 ℃ ซึ่งจะทำให้ขี้เถ้าถูกเผาไหม้กลายเป็นขี้โลหะเหลว (Liquid Slag) ได้ประมาณ 30 -50 % และเหลือขี้เถ้าที่ปนออกมากับแก๊สร้อนเพียง 70-50% ขี้โลหะเหลวที่เกิดขึ้นภายในเตาเผาระบบไซโคลนนี้สามารถปล่อยออกทางด้านล่างของเตาเผาได้

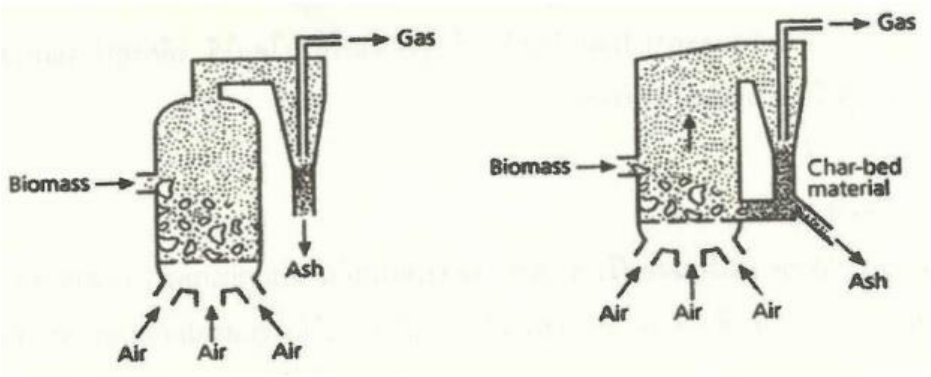


5) ระบบการเผาไหม้แบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized Bed)

ระบบการเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบดแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทเหลัก คือ

1. Bubbling fluidized bed เป็นระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบแข็งเดือด โดยการทำให้เชื้อเพลิงแข็งมีขนาดเล็กผสมกับของแข็ง เช่น ทรายหรือเถ้าหนักแล้วให้ของผสมทำการเลียนแบบการเดือดของของเหลวด้วยการพ่นลมที่มีการกระจายจากด้านล่างของห้องเผาไหม้ เกิดการเดือดคลุกเคล้าของเชื้อเพลิงแข็งอยู่ในขณะที่กำลังลุกไหม้อยู่บน Bed เม็ดเชื้อเพลิงแข็งจะเผาไหม้จนหมดกลายเป็นขี้เถ้าอยู่ทางด้านล่างของ Bed ที่มีช่องเปิดปล่อยทิ้งออกไป

2. Circulating fluidized bed หรือ CFB เป็นระบบ Fluidized Bed แบบหมุนเวียนที่นำของแข็งที่หลุดลอยออกจาก Bed มาแยกออกก๊าซร้อนด้วยไซโคลนและนำของแข็งที่ถูกแยกออกมาแล้วเวียนนำกลับมาป้อนกลับเข้า Bed หมุนเวียนไปเรื่อยๆ



Bubbling fluidized bed Circilating fluidized bed

ระบบการเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบดสามารถใช้กับเชื้อเพลิงแข็งได้เกือบทุกชนิด และมีอุณหภูมิภายในเตาสม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งเตามีอัตราการเผาไหม้ที่คงที่ สามารถใช้กับเชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงได้ดี ข้อดีที่สำคัญคือการมีสารเฉื่อย เช่น ทรายเป็นเบดจะทำให้เกิดการผสมของเชื้อเพลิงและออกซิเจนเป็นอย่างดีการเผาไหม้จึงสมบูรณ์และรวดเร็ว นอกจากนี้เบดยังช่วยให้ความร้อนมีความเสถียรไม่ดับง่าย อุณหภูมิภายในเตาไม่สูงมากนักประมาณ 850 องศาเซลเซียส ทำให้ไม่ก่อให้เกิดปัญหาก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) ค่าก่อสร้างของระบบนี้ค่อนข้างสูง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วรภพ เทพบุตร
วัน เดือน ปี เกิด	2 มกราคม 2537
สถานที่เกิด	กรุงเทพ
วุฒิการศึกษา	วท.บ.(วิทยาศาสตรบัณฑิต) สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่ปัจจุบัน	91/2 หมู่บ้านลภาวัน5 ซอยท่าอิฐ ถนนรัตนาธิเบศก์ ตำบลบางรักน้อย อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University