การศึกษาการนำผักตบชวามาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

Study of Using Water Hyacinth to Produce Biomass

วรินทร องค์วานิชย์
สุรศักดิ์ ทองใบ
อรรถพล ฉายาวรรณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การศึกษาการนำผักตบชวามาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง
Study of Using Water Hyacinth to Produce Biomass

วรินทร องค์วานิชย์
สุรศักดิ์ ทองใบ
อรรถพล ฉายาวรรณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY OF USING WATER HYACINTH TO PRODUCE BIOMASS

Warintorn Ongwanit
Surasak Thongbai
Attapon Chayawan

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ **การศึกษาการนำผักตบชวามาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง**

นักศึกษา นายวรินทร องค์วานิชย์ รหัสประจำตัว 56011084
นายสุรศักดิ์ ทองใบ รหัสประจำตัว 56011368
นายอรรถพล ฉายาวรรณ รหัสประจำตัว 56011423

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา	(ลายมือชื่อ)
รศ.ดร.อุมา สีบุญเรือง	
ดร.ชดชนก อัฑฒพงศ์	(ลายมือชื่อ)

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 19 เมษายน 2560 เวลา 10.00-12.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธาชั้น 1 (ห้องประชุมภาควิชา)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ลายมือชื่อ)

(รศ.ดร.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่ 12 มิ.ย. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการนำผักตบชวามาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

นายวรินทร องค์วานิชย์ รหัสประจำตัว 56011084
นายสุรศักดิ์ ทองใบ รหัสประจำตัว 56011368
นายอรรถพล ฉายาวรรณ รหัสประจำตัว 56011423
ผศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

ผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำที่กระจายตัวอย่างรวดเร็วและก่อปัญหาในบริเวณแม่น้ำ ลำคลองสายต่างๆ โดยเมล็ดของผักตบชวา สามารถอยู่ได้นานถึง 30 ปีและสามารถสืบพันธุ์ได้ด้วยวิธีการแตกไหลแล้วกลายเป็นลำต้นซึ่งเป็นวิธีการกระจายพันธุ์ที่ รวดเร็วและจะเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ จนหนาแน่นก่อให้เกิดปัญหาวิกฤติการณ์ต่อแหล่งน้ำทั้งในด้านของสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม และนันทนาการ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาความเหมาะสมในการนำผักตบชวามาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งซึ่งจะสามารถสร้างรายได้หมุนเวียนกลับสู่หน่วยงานราชการต่างๆ ซึ่งทางผู้วิจัยก็ได้ทำการศึกษาโดยการสร้างตัวอย่างทดลองเพื่อนำมาทดสอบค่าพลังงานความร้อนว่ามีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะใช้ทดแทนเชื้อเพลิงอื่นๆ ได้หรือไม่ จากการสรุปผล ตัวอย่างทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดมีค่าพลังงานความร้อน 16052 จูลต่อกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study of Using Water Hyacinth to Produce Biomass

Warintorn Ongwanit Student ID. 56011084
Surasak Thongbai Student ID. 56011368
Attapon Chayawan Student ID. 56011423
Asst.Prof.Dr. Chalida U-tapao
Academic Year 2016

ABSTRACT

Water hyacinth is water plant that spread rapidly and make many problems for water resources. Water hyacinth seeds can live for 30 years and reproduce by split flow to become stem. This reproductive is quickly and increase quantity until dense. Water hyacinth make many problems for environment and have effect to irrigation ,fishery and water travel. This research analyzed for appropriate of making biomass by water hyacinth. Biomass can make income to the government. Researcher analyzed by make biomass sample for test heating value. Heating value used for assess performance of biomass from water hyacinth that replacement other biomass. From conclusion ,heating value of best performance biomass sample is 16052 J/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีก็เพราะได้รับคำแนะนำและความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยจากท่านอาจารย์ ผศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา ซึ่งคอยดูแล ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา คณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณนายธีรเดช คำวิไล และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกคน ที่คอยช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก รวมถึงให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือต่างๆในห้องปฏิบัติการ ทำให้คณะผู้วิจัยวิจัยนี้สามารถศึกษาวิจัยได้อย่างราบรื่น

สุดท้ายนี้ ต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดคือ บิดา มารดา ซึ่งคอยช่วยเหลือสนับสนุนในทุกๆด้านมาตลอด ทั้งโอกาสในการศึกษา กำลังใจ ความรัก ความเอาใจใส่ และอื่นๆอีกมากมายที่ทำให้ข้าพเจ้ามาถึงในวันนี้ได้ ข้าพเจ้าจึงขอยกความสำเร็จนี้ ให้ท่านทั้งสอง และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายวรินทร องค์วานิชย์
นายสุรศักดิ์ ทองใบ
นายอรรถพล ฉายาวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย....I
บทคัดย่อภาษาภาษาอังกฤษ....II
กิตติกรรมประกาศ....III
สารบัญ....IV
สารบัญตาราง....VI
สารบัญรูป....VII
บทที่ 1 บทนำ....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา....1
1.2 วัตถุประสงค์....2
1.3 ขอบเขตการศึกษา....2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ....2
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์....3
2.1 ผักตบชวา....3
2.1.1 ประวัติของผักตบชวา....3
2.1.2 ประวัติผักตบชวาในประเทศไทย....4
2.1.3 ลักษณะของผักตบชวา....6
2.1.4 ปัญหาที่เกิดจากผักตบชวา....9
2.1.5 การกำจัดผักตบชวา....14
2.1.6 ประโยชน์ของผักตบชวา....18
2.1.7 การใช้ผักตบชวาให้เกิดประโยชน์....20
2.2 ชีวมวล....22
2.2.1 เศษวัสดุเหลือใช้ที่เป็นชีวมวล....22
2.2.2 คุณสมบัติของชีวมวลแต่ละชนิด....28
2.2.3 องค์ประกอบของชีวมวล....31
2.2.4 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากชีวมวล....34
2.2.5 ประโยชน์จากการใช้พลังงานชีวมวล....48
2.3 การเผาไหม้และค่าความร้อน....49
2.3.1 การเผาไหม้....49
2.3.2 ค่าความร้อน....51
บทที่ 3 แผนการทดลองและการดำเนินงานวิจัย....52
3.1 การเตรียมตัวอย่างเชื้อเพลิง....53
3.2 การทดสอบค่าพลังงานความร้อนแบบหยาบ....55
3.3 การทดสอบค่าพลังงานความร้อนโดยBomb Calorimeter....58
3.3.1 หลักการทำงานของBomb Calorimeter....58
บทที่ 4 ผลการทดลอง....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1 ค่าพลังงานความร้อนของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวา....60

4.1.1 อัตราส่วนส่วนผสมของตัวอย่างเชื้อเพลิง....60

4.1.2 รูปแบบการอัด....62

4.2 ลักษณะของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากปัจจัยต่างๆ....63

4.2.1 รูปร่างของตัวอย่างเชื้อเพลิง....63

4.2.2 น้ำหนักของตัวอย่างเชื้อเพลิง....64

4.3 ประสิทธิภาพของเชื้อเพลิง....65

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ....67

5.1 สรุปผลการทดลอง....67

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน....67

5.3 ข้อเสนอแนะ....68

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ข้อมูลองค์ประกอบของชีวมวลต่างๆ....32
ตารางที่ 3-1 อัตราส่วนของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวา....53
ตารางที่ 3-2 อัตราส่วนของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาที่ทดสอบด้วย Bomb Calorimeter....58
ตารางที่ 4-1 ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาที่ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุดทั้งแบบอัดเปียกและอัดแห้ง....62
ตารางที่ 4-2 ตัวอย่างเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในงานวิจัย....66
ตารางที่ 5-1 ตัวอย่างเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในงานวิจัย....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปภาพที่ 2-1 ผักตบชวา......3
รูปภาพที่ 2-2 รูปภาพแม่น้ำเซนต์จอห์นที่มีผักตบชวาหนาแน่น......4
รูปภาพที่ 2-3 หนังสือรวมกฎหมายทรัพยากรน้ำ......6
รูปภาพที่ 2-4 ลำต้นผักตบชวา......6
รูปภาพที่ 2-5 ใบผักตบชวา......7
รูปภาพที่ 2-6 ดอกผักตบชวา......7
รูปภาพที่ 2-7 ผล......8
รูปภาพที่ 2-8 ผักตบชวาลอยเต็มหน้าเขื่อนเจ้าพระยาชัยนาท......10
รูปภาพที่ 2-9 หอยเชอรี่ หนึ่งในปัญหาอับดับต้นๆของนาข้าวซึ่งมักจะใช้ผักตบชวาเป็นที่วางไข่......11
รูปภาพที่ 2-10 ผักตบชวาหนาแน่นบริเวณใกล้ๆกระชังทำให้ปลาที่เลี้ยงในกระชังขาดออกซิเจนตาย......11
รูปภาพที่ 2-11 งูที่อยู่บนผักตบชวา......12
รูปภาพที่ 2-12 ผักตบชวาขัดขวางการเดินเรือ......13
รูปภาพที่ 2-13 ผักตบชวาแพร่ระบาดที่กว๊านพะเยา......13
รูปภาพที่ 2-14 การกำจัดด้วยสารเคมีกำจัดวัชพืช......16
รูปภาพที่ 2-15 การกำจัดผักตบชวาโดยการใช้แรงงานคน......17
รูปภาพที่ 2-16 การกำจัดผักตบโดยการใช้เครื่องกล......17
รูปภาพที่ 2-17 แกลบ......22
รูปภาพที่ 2-18 ฟางข้าว......23
รูปภาพที่ 2-19 ซังข้าวโพด......23
รูปภาพที่ 2-20 ยอดและใบอ้อย......23
รูปภาพที่ 2-21 กากอ้อย......24
รูปภาพที่ 2-22 ลำต้นมันสำปะหลัง......24
รูปภาพที่ 2-23 เหง้ามันสำปะหลัง......25
รูปภาพที่ 2-24 ทางใบและก้านปาล์ม......25
รูปภาพที่ 2-25 กากใยปาล์ม......26
รูปภาพที่ 2-26 กะลาปาล์ม......26
รูปภาพที่ 2-27 ทะลายปาล์ม......26
รูปภาพที่ 2-28 ขี้เลื่อยและเศษไม้ยางพารา......27
รูปภาพที่ 2-29 ไม้ฟืนและเปลือกไม้ยูคาลิปตัส......27
รูปภาพที่ 2-30 เศษไม้......28
รูปภาพที่ 2-31 ระบบสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน......35
รูปภาพที่ 2-32 ระบบสโตกเกอร์แบบกระจาย......36
รูปภาพที่ 2-33 ระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง......36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปภาพที่ 2-34 ระบบพัลเวอร์ไรซ์......37
รูปภาพที่ 2-35 ระบบไซโคลน......37
รูปภาพที่ 2-36 ระบบฟลูอิดไดซ์เบด......38
รูปภาพที่ 2-37 หม้อไอน้ำท่อไฟ......39
รูปภาพที่ 2-38 หม้อไอน้ำท่อน้ำ 40
รูปภาพที่ 2-39 หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านครั้งเดียวตลอด......40
รูปภาพที่ 2-40 หม้อไอน้ำความร้อนทิ้ง......41
รูปภาพที่ 2-41 การผลิตพลังงานร่วม หรือพลังงานความร้อนร่วม......41
รูปภาพที่ 2-42 เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบอากาศไหลขึ้น......44
รูปภาพที่ 2-43 เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบอากาศไหลลง......45
รูปภาพที่ 2-44 ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบอากาศไหลตามขวาง......45
รูปภาพที่ 2-45 เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบฟลูอิดไดซ์เบด......46
รูปภาพที่ 2-46 เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวล......46
รูปภาพที่ 2-47 เทคโนโลยี Biomass Integrated Gasification Combine Cycle (BIGCC)......47
รูปภาพที่ 2-48 เทคโนโลยีการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากชีวมวล......47
รูปภาพที่ 3-1 การดำเนินการบดปั่นผักตบชวา......54
รูปภาพที่ 3-2 เส้นใยผักตบชวา......54
รูปภาพที่ 3-3 แท่งตอกกระทุ้งสำหรับบดอัด......55
รูปภาพที่ 3-4 การดำเนินการบดอัดแท่งเชื้อเพลิง......55
รูปภาพที่ 3-5 ภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่างเชื้อเพลิง......56
รูปภาพที่ 3-6 ตะแกรงที่ปิดปากภาชนะ......56
รูปภาพที่ 3-7 ถ้วยเหล็กสำหรับใส่น้ำผูกติดกับตะแกรง......56
รูปภาพที่ 3-8 เทอร์โมมิเตอร์......57
รูปภาพที่ 3-9 การวัดอุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยเทอร์โมมิเตอร์......57
รูปภาพที่ 4-1 แผนภูมิค่าพลังงานความร้อนของตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดเปียก......60
รูปภาพที่ 4-2 แผนภูมิค่าพลังงานความร้อนของตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดแห้ง......61
รูปภาพที่ 4-3 แผนภูมิค่าพลังงานความร้อนของตัวอย่างเชื้อเพลิงทั้งหมด......62
รูปภาพที่ 4-4 ตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดเปียก......63
รูปภาพที่ 4-5 ตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดแห้ง......64
รูปภาพที่ 4-6 แผนภูมิแสดงน้ำหนักของตัวอย่างเชื้อเพลิงทั้งหมด......65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำที่ก่อปัญหาในบริเวณแม่น้ำ ลำคลองสายต่างๆ กระจายตัวอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นพืชประเภทลอย น้ำและสามารถกระจายไปได้ตามกระแสน้ำ อีกทั้งเป็นพืชที่มีอายุหลายฤดู ทนได้ทั้งอากาศร้อนและเย็นจากผลการศึกษาวิจัยของสถาบันทรัพยากรชายฝั่ง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่แจ้งว่า เมล็ดของผักตบชวา สามารถอยู่ได้นานถึง 30 ปีและสามารถสืบพันธุ์ได้ด้วยวิธีการแตกไหลแล้วกลายเป็นลำต้น เมื่อโดน กระแสน้ำในกรณีที่ยังไม่รวมกลุ่มกันแน่นจะทำให้ไหลขาดออกจากกัน จะเป็นผลทำให้เกิดการกระจายตัว ของผักตบชวาออกเป็นส่วนย่อยๆ สะดวกต่อการกระจายพันธุ์ไปในที่ต่างๆ ซึ่งเป็นวิธีการกระจายพันธุ์ที่ รวดเร็วและจะเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ จนหนาแน่น ก่อให้เกิดปัญหาวิกฤติการณ์ต่อแหล่ง น้ำทั้งในด้านของสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม และนันทนาการ รวมทั้งส่งผลกระทบไปในหลายๆภาคส่วน ทั้งการชลประทาน การประมงและการคมนาคมทางน้ำโดยเฉพาะภาคประชาชนที่ต้องอาศัย แหล่งน้ำ โดยตรง ดังนั้นการควบคุมวัชพืชน้ำอย่างผักตบชวาจึงควรมีการจัดการในลุ่มน้ำอย่างเป็นระบบ เพื่อจำกัด การเจริญเติบโตของผักตบชวาอย่างถาวร [1]

แต่ถึงอย่างนั้น ผักตบชวาก็ใช่ว่าจะมีแต่โทษ หากมีวิธีจัดการที่เหมาะสม ก็จะสามารถนำผักตบชวามาทำให้เกิดประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น การนำมาทำเครื่องจักสาน การใช้เป็นอาหารสัตว์ การนำมาทำปุ๋ย การใช้บำบัดน้ำเสีย เห็นได้ว่าผักตบชวาสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย แต่มีประโยชน์อย่างหนึ่งที่ผู้วิจัยสนใจมากเป็นพิเศษ นั่นคือ หากมองว่าผักตบชวาเป็นชีวมวล ก็สมควรที่จะสามารถนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงได้ และถ้าสามารถทำให้ผักตบชวาเป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพด้วยความสามารถในการแพร่ขยายพันธ์ของผักตบชวา ก็จะทำให้ผักตบชวากลายเป็นแหล่งชีวมวลที่ทรงคุณค่าและมีความสำคัญอย่างมากทีเดียว ซึ่งหากเรามองข้ามประเด็นสำคัญในจุดนี้ และมองว่าผักตบชวาเป็นเพียงมลภาวะที่ต้องทำการกำจัดเท่านั้น เท่ากับว่าเราจะต้องสูญเสียแหล่งชีวมวลอันทรงคุณค่าไปอย่างน่าเสียดาย

ในปัจจุบัน ทั่วโลกเริ่มตื่นตัวกับภาวะขาดแคลนพลังงานซึ่งเกิดจากการที่เชื้อเพลิงฟอสซิลมีจำนวนลดน้อยลงทุกวัน ราคาเชื้อเพลิงนับวันก็มีแต่จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้ประเทศต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นในการจัดสรรพลังงาน ซึ่งหากเราสามารถทำให้ผักตบชวากลายเป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพก็จะสามารถช่วยให้ประเทศลดค่าใช้จ่ายเหล่านั้นได้ อีกทั้งการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลนั้น ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ทำให้เกิดปัญหาโลกร้อน ฝนกรด อากาศเป็นพิษ และอื่นๆอีกมากมาย ซึ่งปัญหาเหล่านั้นจะไม่เกิดจากการใช้ชีวมวล แสดงให้เห็นว่าหากเราสามารถใช้ผักตบชวาเป็นเชื้อเพลิงได้ นอกจากจะช่วยลดมลภาวะทางน้ำ ยังช่วยลดภาวะโลกร้อน มลภาวะทางอากาศ รวมถึงช่วยลดค่าใช้จ่ายและสร้างรายได้หมุนเวียนให้กับประเทศได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาความเหมาะสมในการนำผักตบชวามาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งทางคณะผู้จัดทำก็ได้ทำการศึกษาโดยการสร้างตัวอย่างเชื้อเพลิงเพื่อนำมาทดสอบหาค่าพลังงานความร้อนว่ามีประสิทธิภาพแค่ไหน และมีปัจจัยใดบ้างที่จะช่วยทำให้เชื้อเพลิงจากผักตบชวามีประสิทธิภาพสูงที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เป็นการศึกษาความเหมาะสมในการเพิ่มมูลค่าให้กับผักตบชวาด้วยการนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ผักตบชวาที่นำมาทำการทดสอบเป็นผักตบชวาจากคลองประเวศน์บุรีรมย์

1.3.2 ปริมาณพลังงานในงานวิจัยนี้จะทำการวัดค่าในรูปของค่าความร้อน

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับผักตบชวาและศึกษาปัจจัยต่างๆในการนำผักตบชวามาทำเป็นเชื้อเพลิง

1.4.2 ศึกษาและสร้างตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาเพื่อทดสอบหาค่าพลังงานความร้อน

1.4.3 รวบรวมผลการทดสอบ เพื่อนำมาเปรียบเทียบผลจากปัจจัยต่างๆ รวมถึงเปรียบเทียบผลกับค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอื่นๆ

1.4.4 วิเคราะห์ผลและสรุปการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบวิธีการผลิตและปริมาณพลังงานจากการนำผักตบชวามาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1.5.2 ทราบปริมาณผักตบชวาที่ต้องใช้ในการผลิตพลังงาน 1 กิโลแคลอรี

1.5.3 บริหารจัดการของเสีย(ผักตบชวา) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.4 ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ในบทนี้จะกล่าวถึงเรื่องต่างๆดังนี้ ส่วนแรกเกี่ยวกับประวัติและลักษณะของผักตบชวา รวมถึงปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากผักตบชวาในปัจจุบัน

2.1 ผักตบชวา

ปัจจุบันในแม่น้ำลำคลองรวมถึงแหล่งน้ำธรรมชาติต่างๆ ได้มีการแพร่กระจายของผักตบชวาอย่างหนาแน่นจนก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ จนรัฐบาลต้องออกนโยบายให้หน่วยงานราชการในหลายๆ พื้นที่ ระดมกำลังเจ้าหน้าที่จากภาคส่วนต่างๆ เพื่อกำจัดผักตบชวา ซึ่งจะเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในลำน้ำ โดยใช้งบประมาณแผ่นดินเป็นจำนวนมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผักตบชวานั้นก่อให้เกิดมลภาวะและเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอย่างยิ่ง

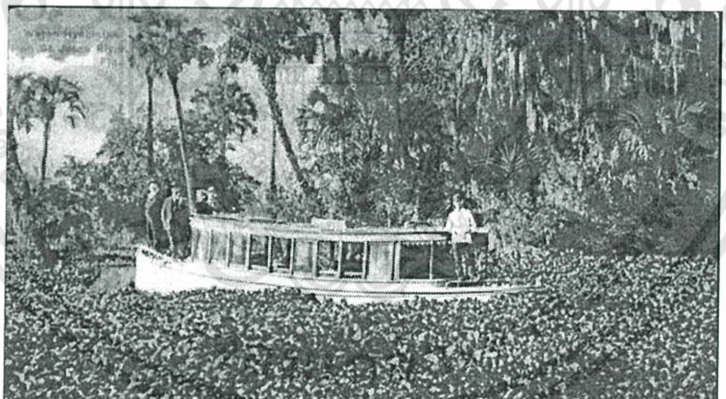
รูปที่ 2.1 ผักตบชวา

2.1.1 ประวัติของผักตบชวา

ผักตบชวาเป็นพืชของทวีปอเมริกาใต้ มีต้นกำเนิดมาจากประเทศบราซิล ถูกค้นพบครั้งแรกโดย Karl von Martius นักพฤกษศาสตร์ชาวเยอรมัน ในปี พ.ศ.2367 ระหว่างทำการสำรวจพันธ์พืชในบราซิล ซึ่งผักตบชวานั้น ไม่ได้ก่อให้เกิดปัญหาใดๆ เลยในประเทศต่างๆ ในทวีปอเมริกาใต้ เพราะที่ถิ่นกำเนิดของผักตบชวานั้นมีศัตรูตามธรรมชาติจำพวก แมลง โรคต่างๆ และปัจจัยอีกหลายๆ อย่างที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอยควบคุมการแพร่กระจายของผักตบชวาอยู่ แต่ปัญหาก็ได้เริ่มเกิดขึ้นเมื่อผักตบชวาถูกนำไปสู่บริเวณอื่นซึ่งปราศจากศัตรูทางธรรมชาติที่คอยควบคุมการแพร่กระจายของมัน ผักตบชวาก็เริ่มแผลงฤทธิ์ โดยค่อยๆ แพร่กระจายจนกลายเป็นปัญหาระดับโลกในเวลาเพียงไม่ถึง 100 ปี ซึ่งเท่าที่มีการบันทึกไว้ ผักตบชวาได้เริ่มแพร่กระจายจากการที่นักธุรกิจชาวญี่ปุ่นนำไปจัดแสดงในงานนิทรรศการฝ้าย ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อปี พ.ศ. 2427 แล้วแจกเป็นของที่ระลึกแก่บุคคลสำคัญที่มาเที่ยวชมคนละต้น จากนั้นการแพร่กระจายของผักตบชวาก็ได้เริ่มขึ้น จนเกิดเป็นปัญหาใหญ่ใน 11 ปีต่อมา เมื่อได้เกิดแพผักตบชวาหนาแน่นยาวถึง 100 ไมล์ในแม่น้ำเซนต์จอห์น จนส่งผลต่อการทำงานของโรงเลื่อยไม้ เพราะท่อนซุงไม่สามารถลอยเข้าไปยังโรงเลื่อยได้ จนทางรัฐฟลอริดาต้องมีการร้องเรียนให้ทางรัฐสภา ช่วยในการกำจัดและควบคุมผักตบชวา กลายเป็นจุดเริ่มต้นของปัญหาผักตบชวาที่ได้ระบาดไปทั่วโลกแล้ว จนทุกวันนี้ปัญหาผักตบชวาก็ยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกลายเป็นวัชพืชที่รับมือได้ยากยิ่ง ด้วยความสามารถในการแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว จนก่อให้ปัญหานานาประการ โดยผักตบชวานั้นมีชื่อในภาษาอังกฤษว่า water hyacinth เนื่องจากในปี พ.ศ. 2424 ชาวดัทช์ที่ปกครองประเทศอินโดนีเซีย ได้นำผักตบชวาจากสวนพฤกษชาติในทวีปยุโรปเข้าไปที่ประเทศอินโดนีเซีย เพราะผักตบชวามีดอกสีฟ้าเป็นช่อสวยงามคล้ายกับดอก hyacinth ซึ่งเป็นไม้ประดับของประเทศในเขตอบอุ่น จึงได้มีการตั้งชื่อว่า water hyacinth และได้กลายเป็นชื่อสามัญในภาษาอังกฤษ เมื่อนำมาในช่วงแรกก็ได้ปลูกเลี้ยงไว้อย่างดีในสวนพฤกษชาติที่เมืองโบกอร์ แต่ต่อจากนั้นไม่นาน ผักตบชวาก็แพร่กระจายไปตามลำน้ำต่างๆ อย่างรวดเร็ว [2]



รูปที่ 2.2 รูปภาพแม่น้ำเซนต์จอห์นที่มีผักตบชวาหนาแน่น

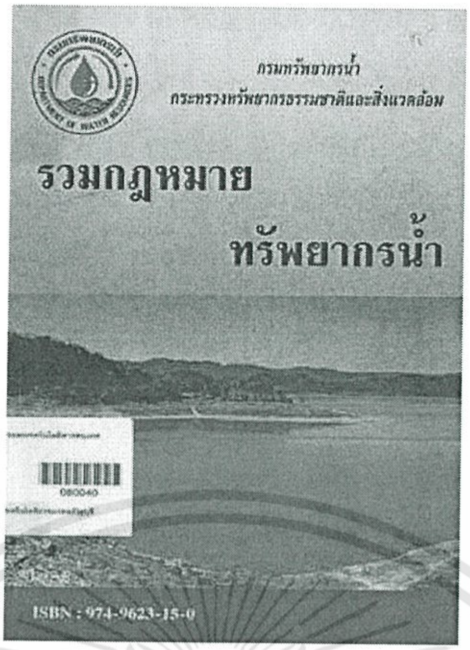
2.1.2 ประวัติผักตบชวาในประเทศไทย

ผักตบชวาถูกนำเข้ามาในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2444 ในสมัยรัชกาลที่ 5 โดยนำเข้ามาจากประเทศอินโดนีเซียโดยเจ้านายฝ่ายในที่ตามเสด็จประพาสประเทศอินโดนีเซีย ได้เห็นพืชชนิดนี้มีดอกสวยงาม จึงนำกลับมาปลูกในประเทศไทย และใส่อ่างดินเลี้ยงไว้หน้าสนามวังสระปทุม จนกระทั่งเกิดน้ำท่วมวังสระปทุมขึ้น ทำให้ผักตบชวาหลุดลอยกระจายไปตามแม่น้ำลำคลองทั่วไป และแพร่พันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ซึ่งปัญหาผักตบชวานี้ก็ไม่ได้เพิ่งมาสร้างปัญหาในยุคปัจจุบันเท่านั้น แต่เป็นปัญหาในประเทศมาตั้งแต่อดีต โดยประเทศไทยเริ่มมีการกำจัดผักตบชวามาตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 6 [3] สังเกตได้จากพระราชบัญญัติสำหรับกำจัดผักตบชวา พ.ศ.2456 ที่ได้คัดข้อความบางส่วนจาก "รวมกฎหมายทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ" ซึ่งมีข้อความว่า ที่มีพระบรมราชโองการในพระบาทสมเด็จพระ ปรเมนทรมหาวชิราวุธ พระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัวดำรัสเหนือเกล้าฯ ให้ประกาศจงทราบทั่วกันว่า พันธุ์ไม้ อย่างหนึ่งซึ่งเรียกในประเทศนี้ว่า “ผักตบชวาวา” เพราะเหตุที่ได้พันธ์มาจากเมืองชวาเมื่อราว พ.ศ. 2444 เป็น พันธ์ไม้ประกอด้วยโทษ เพราะเหตุที่เกิดแลงอกงามรวดเร็วเหลือเกิน มีพันธุ์ในที่ใดไม่ช้าก็เกิดพืชพันธุ์ งอกงามเป็นแพ แผ่เต็มไปในท้องที่นั้น จนเป็นเหตุให้เสียผลประโยชน์การทำนา เป็นอันตรายแก่ที่เลี้ยง สัตว์น้ำแลเป็นความลำบากขัดข้องแก่การเดินเรือในแม่น้ำลำคลองโดยทั่วไป ในบรรดาท้องที่ซึ่งมีพืชผัก ชนิดนี้เกิดขึ้น เจ้าพนักงานผู้ปกครองท้องที่ได้พยายามกำจัดมาหลายปี ก็ยังไม่สำเร็จประโยชน์ได้ดังสมควร เพราะมักมีคนที่โง่เขลาเอาพันธุ์ผักตบชวาพาไปในที่ต่างๆ ไปปลูกเป็นหล้ากล่ำ เลี้ยงปลา โดยหลงนิยมไปว่า เป็นพันธุ์ผักที่งอกเร็วทันใจบ้าง ผู้หากุ้งสดบรรทุกรถไฟเรือไฟไปเที่ยวจำหน่ายต่างเมือง เอาผักตบชวาปิด ปากตะกร้ากันแสงแดด ด้วยเห็นว่าเป็นของหาง่ายบ้าง บางจำพวกยังไม่รู้จักโทษของผักตบชวา เห็นแต่เป็น ไม้มีดอกงามปลูกรักษาง่าย ก็พาเอาไปปลูกไว้ดูเล่น พันธุ์ผักตบชวาจึงแพร่หลายขึ้น ไปทางหัวเมืองข้าง เหนือน้ำ ไปเกิดพืชพันธุ์ตามห้วยหนองท้องนาแล้วไหลลอยลงมาตามลำแม่น้ำที่กีดขวางทางเรือเดินมากขึ้น ทุกที ถ้าทิ้งไว้ช้า อันตรายแลความลำบากที่เกิดจากผักตบชวาจะยิ่งมากขึ้น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรง พระปริวิตกในข้อนี้ จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้เสนาบดีกระทรวงคมนาคมเป็นประธาน พร้อมด้วย เสนาบดีกระทรวงมหาดไทยและเสนาบดีกระทรวงนครบาล นำพระราชปรารภปรึกษาในที่ประชุม เทศาภิบาลในคราวประชุมประจำปีที่ 19 พ.ศ. 2456 ที่ประชุมปรึกษามีความเห็นพร้อมกัน ให้นำความขึ้น กราบบังคมทูลพระกรุณาว่าในการที่จะกำจัดผักตบชวาให้ได้จริง จึงจะต้องมีพระราชบัญญัติห้ามปรามมิให้ผู้หนึ่งผู้ใดพาผักตบชวาไปตามท้องที่ต่างๆ แลผักตบชวามีอยู่ในท้องที่ใดให้เป็นหน้าที่ของผู้นั้นที่จะทำลาย เสียให้หมด แต่การที่จะกำจัดผักตบชวาในชั้นแรกนี้ หัวเมืองมณฑลข้างตอนใต้ทางแม่น้ำเจ้าพระยา แม่ น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำบางปะกง ผักตบชวายังมีมากนัก เหลือกำลังที่ราษฎรจะกำจัดได้โดย ลำพังอย่างมณฑลที่ห่างไกลออกไป ซึ่งยังไม่มีผักตบชวาออกไปถึงหรือยังมีแต่เล็กน้อย การกำจัดผักตบชวา ในมณฑลหัวเมืองตอนใต้ที่กล่าวมาแล้วจำจะต้องใช้กำลังของรัฐบาลช่วยกำจัดเสียชั้นหนึ่งก่อน ต่อพันธุ์ ผักตบชวาวาเบาบางพอกำลังราษฎรจะกำจัดได้เอง จึงควรใช้พระราชบัญญัติให้เหมือนกันทั่วไป ทรง พระราชดำริเห็นว่า ความเห็นของที่ประชุมเทศาภิบาลกราบบังคมทูลทั้งนี้ ชอบด้วยพระราชบริหารแล้ว จึง ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯให้ตราพระราชบัญญัติไว้สืบไป”[1] แต่ก็มีการยกเลิก พ.ร.บ.ดังกล่าวไปในปี พ.ศ. 2546 เนื่องจากเป็น พ.ร.บ. ที่ไม่เหมาะสมกับกาลปัจจุบัน ส่วนที่มาของชื่อผักตบชวานั้น เป็นเพราะว่าตรงบริเวณโคนก้านใบของผักตบชวาจะมีลักษณะพองออก คนนิยมนำมาใส่มือแล้วบีบหรือตบเล่น จะมีเสียงแตกดังๆ จึงเรียกว่า "ผักตบ" ส่วน "ชวา" นั้นก็คือ ประเทศอินโดนีเซียซึ่งเป็นที่มาของมัน [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 หนังสือรวมกฎหมายทรัพยากรน้ำ

2.1.3 ลักษณะของผักตบชวา

ผักตบชวา เป็นพืชน้ำล้มลุกอายุหลายฤดู สามารถอยู่ได้ทุกสภาพน้ำ มีดอก สีม่วงอ่อน คล้ายช่อดอกกล้วยไม้ ลำต้นของผักตบชวามีลักษณะอวบน้ำ ผิวลำต้นเรียบเป็นสีเขียวอ่อนและเข้ม ลำต้นจะมีขนาดสั้นหรือยาวจะขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของแม่น้ำ ก้านใบจะพองออกตรงช่องกลางภายในมีลักษณะเป็นรูพรุน จึงช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้ ลำต้นสั้น มีความสูงได้ประมาณ 3-90 เซนติเมตร รากจะแตกออจากลำต้นบริเวณข้อ รากมักมีสีม่วงดำ ซึ่งลำต้นลอยอยู่บนผิวน้ำบางต้นอาจจะขึ้นอยู่ตามโคลนในที่น้ำตื้น สามารถขึ้นบนบกก็ได้ มีความทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี แต่จะไม่ทนน้ำเค็ม ผักตบชวาเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว โดยการแยกกอหรือใช้ไหล พบได้ทั่วไปตามริมน้ำ

รูปที่ 2.4 ลำต้นผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบเป็นใบเดี่ยว แตกจากลำต้นเป็นกอ โคนก้านใบแผ่เป็นกาบหุ้มประกันไว้ ใบจะป่องออกเพื่อช่วยให้ลอยตัวอยู่ในน้ำได้ ใบเป็นรูปไข่หรือเกือบกลม ก้านใบอวบน้ำตรงกลางพองออก ภายในเป็นช่องอากาศคล้ายกับฟองน้ำ จึงช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้ ลักษณะของใบจะคล้ายกับใบโพธิ์ แต่ขนาดของใบจะกว้างกว่าและปลายใบจะป้านเล็กน้อย ใบมีขนาดกว้างใหญ่ รูปร่างค่อนข้างกลม ปลายใบมน โคนใบเว้าเข้าหาก้านใบ มีหูใบ ขนาดของใบและความของก้านจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม แผ่นใบเป็นสีเขียวสด มีลายเส้นโค้งทั้งใบ ใบสดจะประกอบไปด้วยสารแคโรทีนในปริมาณที่ค่อนข้างสูง

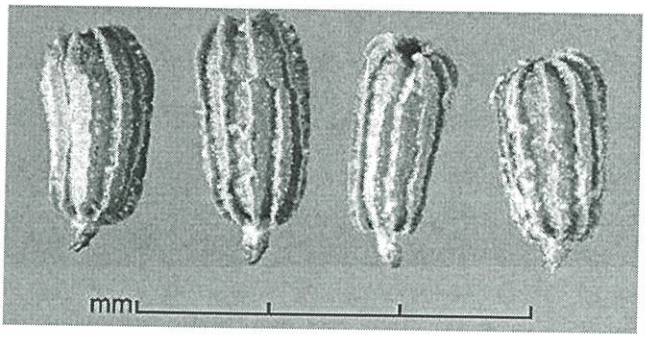
รูปที่ 2.5 ใบผักตบชวา

ดอกผักตบชวาจะออกดอกเป็นช่ออยู่กลางกอ ไม่มีก้านดอก ในช่อหนึ่งจะประกอบไปด้วยดอกขนาดเล็กหลายดอก มีดอกประมาณ 3-25 ดอก ดอกย่อยเป็นสีชมพูอมฟ้าหรือสีม่วง มีกลีบดอก 6 กลีบ กลีบบนสุดจะมีขนาดใหญ่กว่ากลีบอื่นๆ และจะมีจุดหรือแต้มสีเหลืองที่กลางกลีบ กลีบดอกจะมีลักษณะบาง เมื่อช่อดอกเจริญขึ้น ก้านช่อดอกจะค่อยๆ ยาว พองใหญ่ขึ้น ทำให้ภายในที่หุ้มก้านช่อดอกกับก้านใบขาดออก เมื่อก้านช่อดอกเจริญมากขึ้นจะดันกาบใบก้านในขาด ก้านช่อดอกจะแทงชูช่อดอกเจริญโผล่ขึ้นมาก โดยมีใบเล็กๆ ที่ปลายก้านใบ และภายในทำหน้าที่เป็นใบประดับรองรับช่อดอกอีกหนึ่ง เมื่อเจริญเต็มที่แล้วดอกมักจะบานพร้อมกันหมดทั้งช่อ โดยจะเริ่มบานตั้งแต่แสงอาทิตย์เริ่มส่อง และจะบานเต็มที่เมื่อแสงแดดส่องจ้า โดยดอกจะบานแค่เพียง 1 วัน มีความสวยเด่นสะดุดตาและดึงดูดสายตาได้ดีมาก โดยจะออกดอกช่วงปลายฤดูหนาวถึงต้นฤดูร้อน

รูปที่ 2.6 ดอกผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผักตบชวาเป็นแบบแคปซูลแห้งและแตกได้ ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก แบ่งเป็นพู 3 พู เมื่อแก่จะแตกกลางพู ภายในมีเมล็ดจำนวนมาก ลักษณะของเมล็ดเป็นรูปกลมขนาดเล็ก [4]



รูปที่ 2.7 ผลผักตบชวา

โดยทั่วไป ผักตบชวาจะไม่สืบพันธุ์โดยเมล็ด นอกจากในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น ในตอนที่น้ำแห้งในฤดูแล้ง ซึ่งต้นผักตบชวาแห้งตายหมด ครั้นพอถึงฤดูฝน เมล็ดที่พักตัวอยู่ในดินจะเริ่มงอกขึ้นมาเป็นต้นอ่อน และในไม่ช้าก็จะเจริญเติบโตขึ้น การสืบพันธุ์ของผักตบชวาที่พบเห็นอยู่ทั่วไปและเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุดก็คือ การ แตกไหล แล้วกลายเป็นลำต้นติดอยู่กับต้นแม่เป็นจำนวนมากจนเกิดเป็นกอใหญ่ หลังจากที่ต้นอ่อน เกิดรากและใบของตนเองได้ภายในเวลาเพียงไม่กี่วัน ต้นอ่อนเหล่านี้ก็จะเริ่มสร้างต้นอ่อนต่อไป

ใบของผักตบชวาได้ถูกจัดเรียงกันอย่างดี โดยที่จะได้รับแสงแดดเต็มที่เพื่อปรุงอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ การที่ต้นลอยอยู่ในน้ำ ช่วยให้หมดปัญหาในเรื่องการดูดน้ำเพื่อหล่อเลี้ยงต้น โดยทั่วไปแหล่งน้ำส่วนใหญ่มักจะมีอาหารแร่ธาตุอยู่บริบูรณ์ ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของผักตบชวาซึ่งมีระบบรากที่แผ่กระจายได้ในท้องน้ำ และดูดแร่ธาตุได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นเยี่ยม เมื่อกลุ่มผักตบชวาลอยเป็นแพอยู่ในน้ำที่ไม่หนาแน่น คลื่น ลม และกระแสน้ำ จะทำให้ไหลขาดออกจากกัน และช่วยแยกกอของผักตบชวาออกไปเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อความสะดวกในการกระจายพันธุ์ไปตามที่ต่างๆ โดยล่องลอยไปตามน้ำ ระหว่างนั้น แต่ละส่วนก็จะเพิ่มปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดพื้นน้ำนั้นๆ ก็จะเต็มไปด้วยผักตบชวาขึ้นเต็มจนแน่น หากเกิดเดี่ยวๆ ผักตบชวาจะมีทรงต้นมั่นคงไม่คว่ำได้ง่ายๆ แม้ว่าจะถูกลมพายุพัด ทั้งนี้เพราะมีโครงสร้างที่สมดุล ได้สัดส่วน และประกอบด้วยส่วนที่เป็นลำต้นลอยอยู่ใต้ผิวน้ำโดยมีกาบใบห่อหุ้มอยู่เป็นการช่วยป้องกันภัยอันตรายต่างๆ เช่นอากาศหนาวเย็น ซึ่งอาจเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว และทำลายใบเหนือน้ำตายหมด แต่ลำต้นส่วนที่อยู่ใต้น้ำจะไม่ได้รับอันตรายเลย พออากาศอบอุ่นขึ้น ลำต้นก็สามารถแตกใบใหม่และเจริญเติบโตต่อไปได้ ยิ่งไปกว่านั้น กรณีที่มีการฉีดยากำจัดวัชพืชนั้น ถ้าความเข้มข้นไม่สูงพอ ก็ไม่อาจทำลายลำต้นผักตบชวาได้ แม้ว่าใบทั้งหมดจะถูกทำลายหมด เมื่อถูกดึงขึ้นจากน้ำ กาบใบที่หุ้มลำต้นอยู่จะช่วยป้องกันไม่ให้ลำต้นแห้งตายเป็นเวลานาน ต้นที่อยู่ล่างๆ ของกองผักตบชวาอาจมีชีวิตอยู่ได้นานถึง 3 สัปดาห์ แม้ว่าจะเป็นพืชอยู่ในน้ำจืด แต่ผักตบชวาก็สามารถทนอยู่ในน้ำเค็มได้ในระยะเวลาสั้นๆ ได้มีผู้พบผักตบชวาลอยออกปาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่น้ำแห่งหนึ่งแล้วลอยไปตามฝั่งทะเลเข้าไปในอีกแม่น้ำหนึ่ง ลำต้นที่มีกาบใบห่อหุ้มอยู่จะทนต่อสภาพน้ำเค็มได้หลายวัน เมื่อแหล่งน้ำแห้งลง ผักตบชวาก็ปรับตัวให้เข้ากับสภาพน้ำแห้งนี้ได้ โดยการหยั่งรากลงในโคลนขณะที่โคลนยังเปียกอยู่ ต้นผักตบชวาที่เคยใหญ่โตจะลดขนาดลงจนเหลือเป็นต้นแคระ มีก้านใบสั้นเพียง 1-2 ซม. แทนที่จะเป็น 90 ซม. ที่มันเคยเป็นในขณะที่มีน้ำบริบูรณ์ ครั้นถึงหน้าน้ำ ต้นผักตบชวาแคระที่รอดตายก็จะหลุดลอยออกจากดิน แล้วเริ่มแตกใบใหม่ และค่อยๆ เจริญใหญ่โตขึ้นเหมือนสภาพปกติที่มีน้ำบริบูรณ์ ซึ่งนอกจากทำหน้าที่รับแสงเพื่อปรุงอาหารแล้ว ใบของผักตบชวายังใช้เพื่อรับลมสำหรับลอยตามกระแสลม และบางครั้งอาจลอยทวนกระแสน้ำขึ้นไปได้ หากนำผักตบชวาไปหั่นเป็นชิ้นๆ ชิ้นส่วนเหล่านั้นจะสามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้หากนำไปทิ้งในน้ำอีก มีผู้ลองผ่าซีกตามยาวพบว่าแต่ละซีกก็สามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้อีกเช่นกัน ถ้าเอาซีกที่ผ่าตามยาวนี้ไปหั่นตามขวางอีกที แต่ละชิ้นส่วนที่ถูกตัดออกก็สามารถแตกหน่อสืบพันธุ์ต่อไปได้อีก นอกจากนี้ผักตบชวายังเป็นพืชที่มีความสามารถพิเศษในการสร้างโครงสร้างของมันดียิ่งกว่าพืชอื่นๆ ทุกชนิดที่มีอยู่ในโลกนี้ อย่างเช่น ในพื้นที่หนึ่งไร่ ผักตบชวาสามารถสร้างสารอินทรีย์ (แห้ง) ได้ถึง 24 ตันต่อปี ในด้านความรวดเร็วในการเจริญเติบโต เราอาจจะสังเกตเห็นการยืดของก้านใบภายในเวลาเพียงชั่วโมงเดียว สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เป็นเพราะความสามารถพิเศษในการสร้างอาหาร และเปลี่ยนเป็นโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยน้ำถึง 19 ส่วนต่อสารแห้งเพียง 1 ส่วน การที่โครงสร้างของผักตบชวาสดมีน้ำอยู่ถึง 95% จึงเป็นสาเหตุใหญ่ที่ผักตบชวาสามารถแผ่กระจายอาณาเขตในแหล่งน้ำได้อย่างรวดเร็วกว่าพืชอื่นๆ ในโลกนี้ [1]

2.1.4 ปัญหาที่เกิดจากผักตบชวา

ผักตบชวาเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ มีความสามารถแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วและทุกฤดูกาล โดยการแตกหน่อและเมล็ด ต้นผักตบชวา 2 ต้น สามารถแตกหน่อได้ 20 ต้น ภายในเวลา 23 วัน ชอบน้ำที่ธาตุไนโตรเจนสูงและเจริญได้ดีในบริเวณที่มีความเป็นกรดและด่างปานกลาง ออกดอกเมื่อมีอายุ 26 วัน โดยผักตบชวา 1 ต้นจะมีเมล็ดได้สูงสุด 5000 เมล็ด แต่ละเมล็ดมีชีวิตอยู่ในน้ำได้ถึง 15 ปี [5] โดยจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบแก่ระบบที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำต่างๆ ดังนี้

2.1.4.1 การชลประทาน

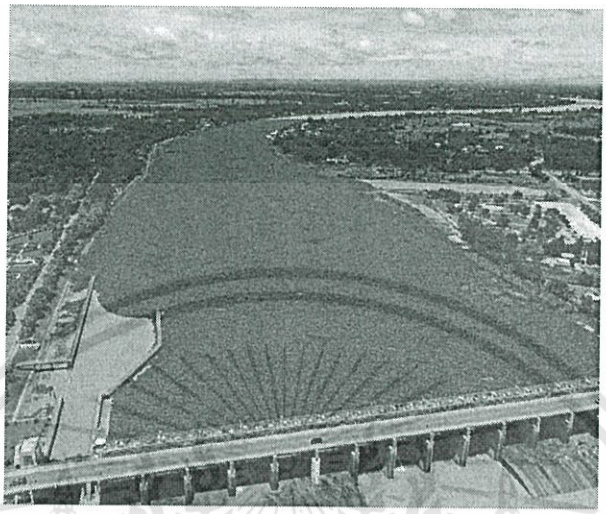
จุดมุ่งหมายสำคัญของงานชลประทานในประเทศไทย คือ การพัฒนาแหล่งน้ำโดยการ จัดสรรน้ำเพื่อใช้ประโยชน์หลายๆ อย่าง โดยวิธีการต่างๆ กัน ผักตบชวาทำให้การพัฒนาแหล่งน้ำ ไม่ได้ผลเต็มตามเป้าหมายเนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

-ลดการไหลของน้ำลงประมาณ 40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนต่างๆ ของผักตบชวาที่จมลงใต้น้ำก่อให้เกิดอุปสรรคกับการระบายน้ำของฝาย ประตู ระบาย และอื่นๆ ทา ให้ทางเดินของน้ำเกิดการตื้นเขินเร็วกว่าปกติ และทำ ให้เกิดน้ำท่วมในหน้าน้ำ

- การระเหยของน้ำในที่ซึ่งมีผักตบชวาจะสูงกว่าในที่ซึ่งไม่มีผักตบชวา ประมาณ 3-8 เท่า



รูปที่ 2.8 ผักตบชวาลอยเต็มหน้าเขื่อนเจ้าพระยาชัยนาท

2.1.4.2 การไฟฟ้าพลังน้ำ

ผักตบชวาก่อให้เกิดปัญหาสำคัญในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำดังต่อไปนี้

- ลดปริมาณน้ำจากการที่ผักตบชวาตายทับถมกัน ทำให้อ่างเก็บน้ำตื้นเขิน

- เพิ่มอัตราการระเหยน้ำ ทำให้น้ำหมดไปโดยเปล่าประโยชน์อย่างรวดเร็ว

- แย่งเนื้อที่การเก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำ ทำให้เก็บรักษาน้ำได้น้อยลง

2.1.4.3 การกสิกรรม ปัญหาที่เกิดการกสิกรรม คือ

- แย่งน้ำและอาหารจากพืชปลูก ซึ่งควรจะได้รับมากขึ้นจากการชลประทานหากไม่มี ผักตบชวาอยู่ในแหล่งน้ำ

- ผักตบชวาที่ลอยมากับกระแสน้ำก่อให้เกิดปัญหาแก่นาข้าวขึ้นน้ำ เพราะผักตบชวาจะลอย มาทับต้นข้าว ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ต้นข้าว

- แพผักตบชวาที่ไหลมาตามน้ำเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ศัตรูพืชนานาชนิด เช่น หนูซึ่งมีปริมาณ มาก เมื่อแพผักตบชวาไปติดที่ใด หนูและศัตรูอื่นๆ ก็ทา ความเสียหายแก่พืชผลของเกษตรกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำให้การพัฒนาแหล่งน้ำได้ผลไม่เต็มตามเป้าหมาย เป็นเหตุให้เกิดผลกระทบกระเทือน ต่อการกสิกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อกสิกรปลูกพืชลงไปแล้ว และหวังว่าจะได้รับน้ำจากการ ชลประทาน แต่ผักตบชวาเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้กสิกรไม่ได้รับน้ำตามที่คาดไว้เป็นเหตุให้พืชผล เสียหาย

รูปที่ 2.9 หอยเชอรี่ หนึ่งในปัญหาอับดับต้นๆของนาข้าวซึ่งมักจะใช้ผักตบชวาเป็นที่วางไข่

2.1.4.4 การประมง ปัญหาของผักตบชวาที่มีต่อการประมง คือ

- ผักตบชวาที่ขึ้นหนาแน่นเป็นอุปสรรคแก่การเจริญเติบโตของปลาและการจับปลา ผักตบชวาไม่เพียงแต่ลดผลผลิตของปลาเท่านั้น แต่ปลาที่จับได้ยังมีขนาดเล็กลงด้วย

- ปริมาณผักตบชวาที่ลอยอยู่อย่างหนาแน่นบนผิวน้ำ จะทำให้แสงสว่างในน้ำลดลง เป็นผลให้พืชที่เป็นอาหารปลาขนาดเล็ก (ไฟโตแพลงตอน –Phytoplankton) มีปริมาณน้อยลง ไฟโตแพลงตอนนี้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดก๊าซออกซิเจนในน้ำ ซึ่งจำเป็นแก่การหายใจของปลาและสัตว์น้ำทุก ชนิด

- ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน จึงไปลดที่อยู่อาศัยของปลา

- พื้นน้ำที่มีผักตบชวาขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นและน้ำไม่มีการไหล จะมีปลาหรือสัตว์น้ำอาศัย อยู่น้อยกว่าปกติ

รูปที่ 2.10 ผักตบชวาหนาแน่นบริเวณใกล้ๆกระชังทำให้ปลาที่เลี้ยงในกระชังขาดออกซิเจนตาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

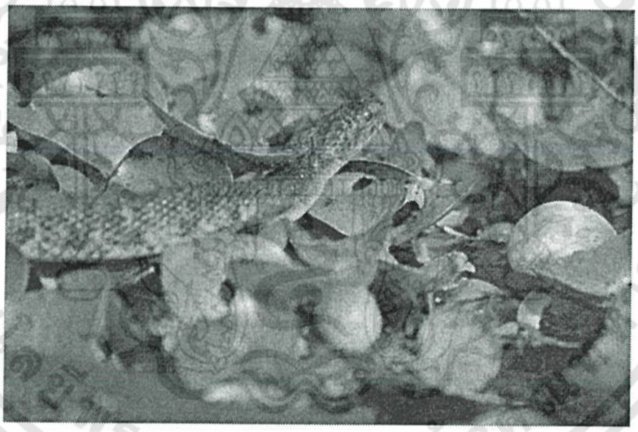
2.1.4.5 การสาธารณสุข ผักตบชวามีส่วนก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสาธารณสุข ดังนี้

- เป็นที่อาศัยของสัตว์น้ำซึ่งบางชนิดเป็นพาหะนำ โรค เช่น หอยไบธีเนีย ซึ่งเป็นพาหะนา โรคพยาธิใบไม้ในตับ

- เป็นที่อาศัยของลูกน้ำของยุงนำโรคเท้าช้าง ลูกน้ำของยุงชนิดนี้สามารถปากเจาะไชราก ผักตบชวาเพื่อใช้เป็นที่หายใจ นอกจากนั้น น้ำที่ค้างตามซอกใบก็เป็นที่อาศัยวางไข่ของยุงอื่นๆ

- เมื่อขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น ผักตบชวาเป็นตัวการทำให้การกำจัดหอย (ซึ่งเป็นพาหะสำคัญ ในการนำโรค) โดยการใช้ยากำจัดเป็นไปได้โดยยากและสิ้นเปลืองมาก เนื่องจากผักตบชวาจะดูดยา ไว้ส่วนหนึ่ง ส่วนที่เหลือมีน้อยจนไม่สามารถจะทำอันตรายกับหอยได นอกจากนั้น ผักตบชวายัง เป็นตัวกันไม่ให้ยาถูกพ่นลงในน้ำได้สะดวก ดังนั้น การใช้ยาในการกำจัดหอยจึงต้องเพิ่มปริมาณ มากขึ้น ซึ่งจะเป็นอันตรายแก่คนและสัตว์อื่นๆ

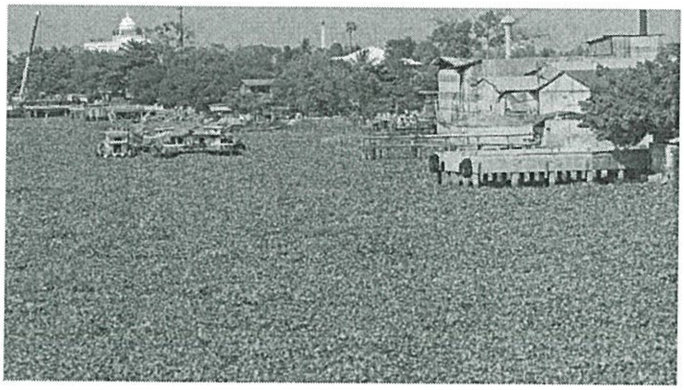
- เป็นที่อาศัยสัตว์ร้าย เช่น งูพิษ ซึ่งเป็นอันตรายต่อราษฎร เมื่อแพผักตบชวาลอยไปติดเรือน แพ หรือท่าน้ำ หรือในการพัฒนาแหล่งน้ำโดยการใช้แรงงานดึงขึ้นจากน้ำ นอกจากนั้น หนูที่อาศัย อยู่บนแพผักตบชวา ก็อาจแพร่เชื้อโรคกาฬโรคได้



รูปที่ 2.11 งูที่อยู่บนผักตบชวา

2.1.4.6 การคมนาคมทางน้ำ ผักตบชวาเป็นอุปสรรคสำคัญที่กีดขวางการสัญจรทางน้ำในคลองบางแห่ง เช่น คลองรังสิต เขตที่ติดต่อกับแม่น้ำในและแม่น้ำนอก จังหวัดนครนายก การสัญจรทางน้ำในหน้าน้ำเป็นไปได้ยาก ไม่ว่าจะเป็นเรือที่มีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ก็ตาม คลองธรรมชาติบางแห่ง เช่น คลองสามจุ่น ใน เขตโครงการสามชุก จังหวัดอุทัยธานี มีผักตบชวาขึ้นหนาแน่นปะปนกับต้นลำเจียก ปิดกั้นการ สัญจรทางน้ำโดยเด็ดขาด แม้แต่ในแม่น้ำใหญ่ๆ บางสาย เช่น แม่น้ำสะแกรัง จังหวัดอุทัยธานี ใน บางฤดูก็มีผักตบชวาอยู่อย่างหนาแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ผักตบชวาขัดขวางการเดินเรือ

2.1.4.7 การท่องเที่ยว ในการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ตั้งแต่ไหนแต่ไรมา มนุษย์มักจะเลือกทำเลใกล้แหล่งน้ำเพื่อจะได้ใช้ประโยชน์จากน้ำอย่างเต็มที่ ในปัจจุบันผู้ที่ไม่มีโอกาสได้พักอยู่ในที่ใกล้ๆน้ำ ก็มักจะนิยมไปท่องเที่ยวในแหล่งที่มีน้ำ สถานที่ที่มีแหล่งน้ำใหญ่ เช่น บึงบอระเพ็ด กว๊านพะเยา ทะเลสาบสงขลาและอ่างเก็บน้ำต่างๆ เป็นสถานที่ที่มีประชาชนมักจะไปเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ ถ้าสถานที่เหล่านี้มีผักตบชวาขึ้นอยู่หนาแน่นแล้ว การที่จะพัฒนาให้สถานที่นั้นๆ เป็นแหล่ง ท่องเที่ยวก็เป็นไปได้ยาก เพราะผักตบชวามีส่วนทำลายความสวยงามของแหล่งน้ำนั้นๆ นอกเหนือไปจากการรบกวนกิจกรรมอื่นๆ ในขณะพักผ่อนหย่อนใจแหล่งน้ำนั้นๆ เช่น การลงเรือ ท่องเที่ยว การว่ายน้ำ ตกปลา ฯลฯ

รูปที่ 2.13 ผักตบชวาแพร่ระบาดที่กว๊านพะเยา

2.1.4.8เศรษฐกิจและสังคม ผักตบชวามีส่วนก่อให้เกิดปัญหาในด้านต่างๆ ดังกล่าวแล้ว ซึ่งเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เช่น เมื่อการพัฒนาแหล่งน้ำไม่ได้ผลเต็มตามเป้าหมาย การเพาะปลูกซึ่งอาศัยน้ำก็ย่อมจะได้ผลผลิตน้อยกว่าที่ควร รายได้ลดลง ซึ่งเป็นปัญหา สำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้แผนพัฒนาประเทศไม่ได้ผลตามความมุ่งหมาย สำหรับความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจและสังคมนั้น ในประเทศไทยยังไม่มีการคำนวณออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอน แต่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาแหล่งน้ำ เช่น กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิต กรมประมง และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทศบาลท้องถิ่นต่างๆ ต้องเสียค่าใช้จ่ายจากงบประมาณแผ่นดินปีละหลายสิบล้านบาท เฉพาะ กรมชลประทานเพียงหน่วยงานเดียวซึ่งได้งบประมาณสำหรับการกำจัดวัชพืชน้ำประมาณปีละ 4 ล้านบาท ต้องใช้จ่ายงบประมาณไปในการกำจัดผักตบชวาถึง 60% หรือประมาณ 2.4 ล้านบาท [2]

2.1.5 การกำจัดผักตบชวา

สามารถจำแนกตามวัตถุประสงค์ในการกำจัดผักตบชวา ได้ 2 ประการคือ

1) การกำจัดให้หมดไปโดยสมบูรณ์ (Eradication) การกำจัดวิธีนี้หมายถึง กำจัดผักตบชวาให้หมด ไปจากสถานที่แห่งใดแห่งหนึ่ง แบบไม่ให้เหลือซาก วิธีนี้ทำได้ไม่ยาก ถ้าการระบาดของผักตบชวาอยู่ใน ระยะเริ่มแรก มีจำนวนน้อย และอยู่ในบริเวณจำกัด

2) การกำจัดโดยวิธีควบคุม (Control) วิธีนี้เป็นการควบคุมผักตบชวาทางด้านปริมาณมิให้แพร่หรือ ขยายปริมาณออกไปได้เองตามธรรมชาติ เป็นการควบคุมให้ผักตบชวาจำกัดอยู่ในสถานที่แห่งใดแห่งหนึ่ง โดยเฉพาะ วิธีนี้ปฏิบัติกันทั่วไปในเมื่อไม่สามารถทำลายผักตบชวาให้หมดไปได้

กรรมวิธีเกี่ยวกับการกำจัดผักตบชวาที่นิยมปฏิบัติกันทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี คือ 1) การกำจัดด้วยสารเคมีกำจัดวัชพืช 2) การกำจัดโดยวิธีกล 3) การกำจัดทางชีววิธี

2.1.5.1 การกำจัดด้วยสารเคมีกำจัดวัชพืช (Chemical Control) การกำจัดผักตบชวาด้วยสารเคมีกำจัดวัชพืช (ซึ่งเรียกว่า ยาฆ่าหญ้า หรือ Herbicide) เป็นที่นิยม กันมาก โดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้ว เพราะเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัดรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการกำจัดแบบอื่น แต่การใช้สารเคมีช่วยกำจัดวัชพืชน้ำอย่างผักตบชวานั้น ถ้าผู้ใช้ไม่มีความรู้ ในระดับพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องราวทางวิทยาการวัชพืชและนิเวศวิทยาแล้ว อาจทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และสภาพแวดล้อมได้โดยง่าย ดังนั้น การอบรมให้ความรู้แก่ผู้มีหน้าที่กำจัดผักตบชวาโดยวิธีการใช้ สารเคมีกำจัดวัชพืช จึงเป็นกุญแจสำคัญของความสำเร็จ ชนิดของสารเคมีที่นิยมและมีอัตราการใช้ที่เหมาะสม เพื่อกำจัดผักตบชวา มีดังต่อไปนี้

1) ประเภทคลอโรฟีนอคซี (Chlorophenoxy) สารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทคลอโรฟีนอคซีนี้ มี คุณสมบัติพิเศษกว่าสารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทอื่นตรงที่สามารถเคลื่อนย้ายไปตามส่วนต่างๆ ของพืชได้ จึง ทำให้สามารถออกฤทธิกำจัดผักตบชวาได้ดีและมีประสิทธิภาพสูง ประกอบกับผักตบชวามีลักษณะการ เจริญเติบโตแบบเดียวกับพืชที่มีอายุหลายปี กล่าวคือ มีการเจริญเติบโตทางส่วนของลำต้นที่สามารถผลิตเห ง่าเพื่อขยายพันธุ์ได้มากมาย ซึ่งสารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทอื่นที่ไม่มีคุณสมบัติในการเคลื่อนตัวไปตามส่วน ต่างๆ ของผักตบชวาได้จะไม่สามารถออกฤทธิกำจัดผักตบชวานี้ไดส้มบูรณ์ หรือได้ผลเป็นที่น่าพอใจเท่า สารเคมีประเภทฟีนอคซีสารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทคลอโรฟีนอคซี เป็นสารเคมีที่มีจำหน่ายแพร่หลายใน ท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดที่สำคัญๆ มีอยู่ 3 ชนิด คือ (1) ทู โฟ-ดี (2, 4-D : 2, 4-dichlorophenoxy acetic acid) , (2) เอมซีพีเอ (MCPA : 2-methyle-4-chlorophenoxy acetic acid) , (3) ทู โฟ โฟว์-ที (2, 4, 5-T : 2, 4, 5-trichlorophenoxy acetic acid)

2) ประเภทกลัยโฟเสต (Glyphosate:N-(phosphonomethyl giycine) สารเคมีกำจัดวัชพืชชนิดนี้เป็นสารเคมีชนิดใหม่ล่าสุดที่มีคุณสมบัติและมีแนวโน้มที่สามารถ นำมากำจัดผักตบชวาได้เหมือน ทู โฟ-ดี เนื่องจากสารเคมีชนิดนี้มีคุณสมบัติที่สามารถเคลื่อนย้ายไปตามส่วนต่าง ๆ ของพืชได้ดีเช่นเดียวกับ ทู โฟ-ดี นั่นเอง และยังเป็นสารเคมีประเภทที่ไม่มีฤทธิตกค้างแต่อย่างใด

จึงทำให้การใช้ปลอดภัยมากกว่า ทู โฟ-ดี อัตราที่นิยมใช้อยู่ระหว่าง 0.18-0.36 กก. ของสารออกฤทธิต่อไร่ เนื่องจากสารเคมีกำจัดวัชพืชชนิดนี้เป็นสารใหม่ จึงมีราคาสูงกว่า ทู โฟ-ดี

3) ประเภทไบไพริดิล (Bipyridyl) สารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทไบไพริดิล เป็นสารเคมีที่ทำลายผักตบชวาได้เช่นเดียวกับทู โฟ-ดี สารนี้จะเข้าสู่วัชพืชอย่างรวดเร็ว จากนั้นปฏิกิริยาในการทำลายวัชพืชจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และผักตบชวา จะถูกฆ่าตามภายใน 2-3 วัน ปฏิกิริยาจะสิ้นสุดลงในระยะเวลาอันสั้น และจะไม่พบผลตกค้างหลังจากการใช้ยาแล้ว 10 วัน อีกทั้งยังไม่เป็นอันตรายต่อปลาและสิ่งมีชีวิตอื่นๆที่อยู่ในแหล่งน้ำนั้น

สารเคมีกาจัดวัชพืชประเภทไบไพริดิล มีจาหน่ายในประเทศไทยนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ 1) ไดควอต (diquat) , 2) พาราควอต (paraquat)

สำหรับพาราควอตนั้นเป็นยากำจัดวัชพืช ที่ มีราคาถูกและใช้กันแพร่หลายในการกำจัดวัชพืชทั่วไป พาราควอตสามารถใช้กำจัดผักตบชวาได้ดี อาจใช้ผสมกับ ทู โฟ-ดี สาหรับอัตราใช้ของสารเคมีชนิดนี้ คือ 400 ซี ซี. ของผลิตภัณฑ์ (ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ 20%) ผสมน้ำ 80 ลิตร ใช้ฉีดพ่นในพื้นที่ 1 ไร่ ถ้าหากต้องการให้การกำจัดได้ผลดีขึ้น ก็อาจใช้ ทู โฟ-ดี (เกลือโซเดียม) อัตรา 200 กรัมของผลิตภัณฑ์ผสมเข้าด้วยกันกับพาราควอตในอัตราดังกล่าวในการพ่นสารเคมี กำจัดผัก ตบชวานั้น เครื่องมือที่ ใช้ตลอดจนหลัก การในการคำนวณปริมาณสารเคมี ก็เป็นเช่นเดียวกับการพ่นสารเคมีกาจัดวัชพืชบนพื้นดินนั่นเอง กล่าวคือ ยังยึดหลักของการคำนวณสารเคมีที่จะใช้ต่อหน่วยพื้นที่ที่ตองการฉีดเป็นหลักนั่นเอง

ข้อควรระวัง

แม้ว่าการใช้สารเคมีกาจัดวัชพืชจะเป็นวิธีการที่ง่าย ประหยัด สะดวก และมีประสิทธิภาพที่สุดในบรรดาวิธีการกำจัดผักตบชวาทั้งหลาย แต่ก็พึงสังวรในเรื่องต่อไปนี้

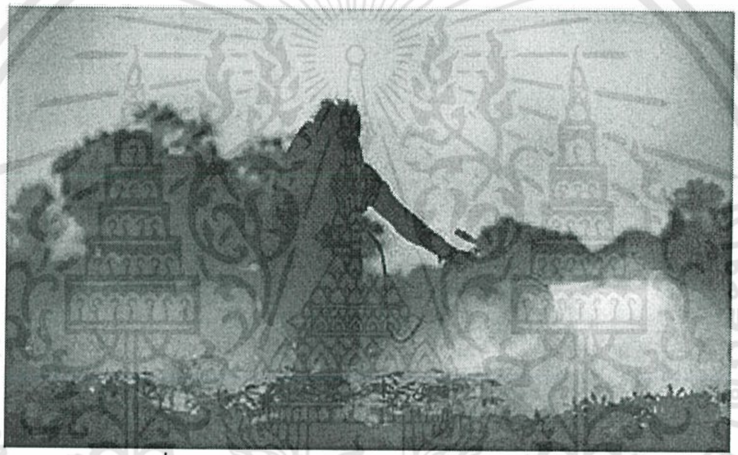
1. สารเคมีทุกชนิ ด ไม่วาจะมีขีดความปลอดภัยในการใช้ต่อผู้ใช้เอง ต่อชีวิตของสัตว์น้ำ และระบบนิเวศวิทยาสักเพียงใดก็ตาม ก็ไม่ปลอดภัย ถึง 100% โดยเฉพาะหากผู้ใช้ไม่ได้ศึกษาวิธีการอย่างถูกต้องเสียก่อน

2. ก่อนใช้ควรศึกษาปัญหาที่แท้จริงและสภาพแวดล้อมตลอดจนประสิทธิภาพของสารเคมีกำจัดวัชพืช อัตราการใช้ วิธีการผสม วิธีการฉีดพ่น ความคงทนของสารเคมี ตลอดจนความเป็นพิษต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ในการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำ ควรคิดอยู่ สมอว่า น้ำเป็นสิ่งสำคัญสาหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ ถ้าเป็นแหล่งน้ำสาหรับใช้บริโภค อย่าได้ใช้วิธีกำจัดโดยการใช้สารเคมีเป็นอันขาด หากมีพืชปลูกอื่นๆ เช่น บัว กระจับ ข้าว ฯลฯ ขึ้นอยู่ในแหล่งน้ำเดียวกัน ก็อย่าใช้วิธีนี้เพราะพืชเหล่านี้ อาจจะพลอยถูกทำลายไปด้วย ถ้าการใช้ไม่ถูกต้อง ในการฉีดพ่น ควรระวังอย่าให้สารเคมีปลิวไปถูกวัชพืช ปลูกอื่นๆ ในบริเวณใกล้เคียง

4. ควรพิจารณาถึงความจำเป็นรีบด่วนในการจัด ปริมาณของผักตบชวาและปัจจัยอื่นๆ โดยเฉพาะในด้านค่าใช้จ่ายประกอบในการตัดสินใจเลือกวิธีทางเคมี โปรดระลึกอยู่ สมอว่าสารเคมีกำจัดวัชพืชทุกชนิด เรายังผลิตเองไม่ได้ จึงจำต้องเสียเงินตราต่างประเทศสั่งเข้ามาใช้ ยิ่งไปกว่านั้น ซากของผักตบชวาที่ถูกทาลายจะจมลงใต้พื้นน้ำ และค่อยๆ สลายตัว ระหว่างการสลายตัวนั้น จะทำให้ก๊าซออกซิ เจนในน้ำลดน้อยลง ถ้าการใช้สารเคมีกาจัดวัชพืชเป็นไปอย่างกว้างขวาง การขาดออกซิเจนจะรุนแรงจนทำให้ปลา และสัตว์น้ำอื่นๆ ตายได้ทั้งๆ ที่สารเคมีนั้นๆ ไม่ได้เป็นพิษต่อชีวิตสัตว์ทั้งหลายเลย



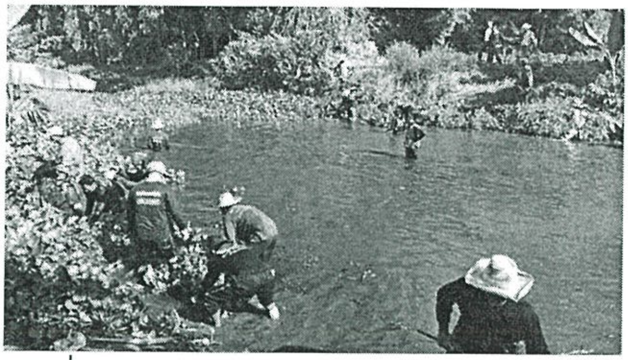
รูปที่ 2.14 การกำจัดด้วยสารเคมีกำจัดวัชพืช

2.1.5.2 การกำจัดโดยวิธีกล (Mechanical Control)

การกำจัดผักตบชวาโดยวิธีนี้ หมายถึงการใช้แรงคน แรงสัตว์ เครื่องมือ หรือ เครื่องจักรช่วยในการกำจัดผักตบชวา เช่น โดยการถก ลาก ดึง ตัก หรือ ยก ผักตบชวาขึ้นจากแหล่งน้ำ การกำจัดผักตบชวาด้วยวิธีกลนี้ ทำได้ง่าย สะดวก และไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษแต่อย่างใด แต่การปฏิบัติต้องใช้แรงงานมากและต้องมีอุปกรณ์พร้อมเพรียง แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1) โดยการใช้แรงงาน (Manual Device) วิธีนี้ ได้แก่ การใช้แรงงานคนหรือสัตว์ ดึง คราดลาก ฉุด กวาด ตัก เกี่ยว ฯลฯ ผักตบชวาขึ้นจากลำน้ำไปทำลายเสียด้วยวิธีการใดวิธีหนึ่ง วิธีนี้ เป็นวิธีที่ประหยัดและไม่ต้องใช้อุปกรณ์เครื่องจักรกลและน้ำมันเชื้อเพลิง จึงเหมาะสาหรับโครงการพัฒนาชุมชนโดยใช้แรงงาน นอกจากนี้ เราอาจเพิ่มประสิ ทธิ ภาพขอการทำงานโดยใช้เครื่องมือง่ายๆ เช่นเชือก โซ่ คราด มีด ฯลาฯ ช่วยในการปฏิบัติงานอย่างไรก็ตาม วิธีนี้อาจจะไม่เหมาะสมในกรณี จำเป็นรีบด่วน หรือในท้องที่ที่ไม่สามารถจะเข้าไปปฏิบัติการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 การกำจัดผักตบชวาโดยการใช้แรงงานคน

2) โดยการใช้เครื่องจักรกล (Machine-operated Device) วิธีนี้ อาจจะใช้เครื่องจักรกลแบบง่ายๆ ราคาถูก ทำงานร่วมกับวิธีแรก ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิ ทธิ ภาพของวิธีแรกได้เป็นอย่างมาก เช่นใช้แทรกเตอร์ ช่วยในการลาก ใช้ปั้นจั่นช่วยในการยก ใช้เรือยนต์ช่วยในการฉุดลาก ฯลฯ หรือโดยใช้เครื่องจักรกลที่มีราคาแพงและทำงานได้อย่างมีประสิ ทธิ ภาพ เช่น รถขุดแบบสะเทินน้ำสะเทินบก (Marsh Dragline) ของกรมชลประทานซึ่งมีราคาคันละประมาณสองล้านบาท และเสียค่าใช้จ่าย

ในการปฏิบัติ การไร่ละสองพันบาท (โดยยัง ไม่ได้คิดค่าเสื่อมราคาของเครื่องซึ่งมี อายุใช้งานประมาณ 10 ปี) แต่เครื่องจักรกลแบบนี้ เหมาะสาหรับวัชพืชน้ำประเภทพุ่งขึ้นมาเหนือน้ำเช่นพวกพง อ้อ ลำเจียก หรือพวกวัชพืชใต้น้ำ เช่น พวกสาหร่ายมากกว่า ทั้งนี้ เพราะผักตบชวาเป็นวัชพืชประเภทลอยน้ำ ซึ่งสามารถกำจัดได้ง่ายกว่าวัชพืชประเภทใต้น้ำ ดังนั้น การใช้เครื่องจักรกลที่มีราคาแพงมากำจัดผักตบชวา จึงให้ผลไม่คุ้มค่า โดยเฉพาะในขณะที่น้ำมันมีราคาแพง และเรามีแรงงานอยู่อย่างเหลือเฟือ ในต่างประเทศ โดยเฉพาะในสหรัฐอเมริกา ซึ่งขาดแคลนแรงงาน ได้มี การประดิษฐ์เครื่องจักรกลที่ ใช้ สำหรับ กำจัดผักตบชวาโดยตรง และสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิ ทธิ ภาพยิ่ง แต่ก็เสียค่าใช้จ่ายมากมายมหาศาล ทั้งค่าเครื่องจักรกล (เครื่องละหลายล้านบาท)และค่าปฏิบัติงาน

รูปที่ 2.16 การกำจัดผักตบโดยการใช้เครื่องกล

คำแนะนำในการกำจัดผักตบชวาด้วยวิธีกล

การใช้แรงงานคนและสัตว์ และเครื่องจักรกลในการปราบผักตบชวาในแต่ละท้องถิ่นซึ่งมีสภาพแตกต่างกันอาจได้ผลไม่เหมือนกัน หัวหน้าโครงการควรจะได้พิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสม และมีอุปกรณ์ต่างๆ พร้อมมูล วิธีต่อไปนี้เป็นเพียงตัวอย่างของการกำจัดผักตบชวาด้วยวิธีกล แต่อาจดัดแปลงแก้ไขหรือใช้หลายๆวิธีร่วมกันก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หากเป็นแหล่งน้ำที่ สามารถควบคุมระดับน้ำได้ ก็ทำการลดระดับน้ำ เพื่อปล่อยให้ผักตบชวาเกยตื้นแห้งตาย แล้วทำลายหรือนำไปใช้ประโยชน์ ก่อนที่จะปล่อยให้ระดับน้ำเท่าเดิม อาจใช้ลวดสลิงติดทุ่นลอยกั้นผักตบชวาไว้ก่อนลดระดับน้ำ เพื่อไม่ให้มนลอยน้ำถอยร่นลงมา วิธีนี้นับว่าสะดวกและประหยัดที่สุด

2. หากเป็นลำน้ำเช่นคูคลองที่มีน้ำไหล ควรใช้วิธีกั้นรอ (trap) หรือลวดสลิงติดทุ่นลอยขวางกั้นผักตบชวาไว้เป็นทุ่นลู่ มาทางใดทางหนึ่ง แล้วเก็บขึ้นมากทำลาย ถ้าหากทำได้ ควรทำสายพานติดตั้งอยู่ริมตลิ่ง แล้วใช้แรงคนโกยขึ้นบนสายพาน (เพื่อช่วยผ่อนแรง) นำขึ้นไปทำลายต่อไป

3. หากเป็นแอ่งเก็บน้ำ ทะเลสาบ กว๊าน บึง ฯลฯ ควรใช้เรือติดทุ่นลอย (อาจต้องใช้ถึง 2 ลำ) ลากผักตบชวาขึ้นมาเกยตื้นแล้วปล่อยให้แห้งตาย หากไม่มีฝั่งที่ลาดเอียงพอ ควรลากไปไว้ในที่อับลม แล้วกำจัดด้วยวิธีอื่น เช่น ใช้คนดึงขึ้นหรือใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชฉีดพ่น

4. ใช้แรงคนและสัตว์ รวมทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ ต่างๆ เท่าที่จะหาได้ เช่น เชือก โซ่ คราด มีด ฯลฯ เข้าช่วยในการ ดึง คราด ลาก ฉุ ด กวาด ตัก เกี่ยว ยก แบบ ดัน ฯลฯ ผักตบชวาให้ขึ้นจากแหล่งน้ำแล้วนาไปทำลายหรือใช้ประโยชน์ต่อไป

5. ใช้ไม้ไผ่กั้นเป็นคอกอยู่ในแหล่งน้ำ แล้วเก็บผักตบชวาโยนเข้าไปให้ทับถมอยู่ในคอกให้ตายไปเอง

การกำจัดโดยวิธีกลนี้ นอกจากจะไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษแต่อย่างใดแล้ว ยังมีทางที่จะนำผักตบชวาที่กำจัดแล้วไปใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย

2.1.5.3 การกำจัดทางชีววิธี (Biological Control)

การกำจัดวัชพืชตามวิธีนี้หมายถึงการใช้สิ่งมีชีวิต เช่น แมลง โรคพืช หรือศัตรู อื่นเข้ากัดกินหรือทำลายวัชพืชให้หมดสิ้นไป การกาจัดวัชพืชโดยวิธีนี้ ถือกันว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมาก ถ้ามีสิ่งที่มีชีวิตที่เหมาะสม แต่การกำจัดโดยวิธีนี้ ต้องใช้เวลาในการศึกษาวิจัยมาก และในปัจจุบันนั้นยังไม่ปรากฏว่ามีผู้ใดค้นพบกรรมวิธีกำจัดผักตบชวาโดยชีววิธี ที่ได้ผล สิ่งที่มีชีวิตที่มักจะอ้างกันในเอกสารต่างๆ ว่าช่วยควบคุมปริมาณของผักตบชวาได้ก็มีตัวมานาตี (manatee) ซึ่งเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมลักษณะคล้ายตัวพยูน และปลาเฉาฮื้อ สำหรับ ตัวมานาตี นั้นต้องการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมมาก ออกลูกปีละตัว ไม่ยอมผสมพันธุ์หากถูกกักขัง เนื้อมีรสชาติอร่อย เป็นสัตว์ที่เชื่องและสุภาพมาก จึงไม่เหมาะที่ จะใช้ควบคุมผักตบชวาในประเทศไทย ส่วนปลาเฉาฮื้อนั้น แม้ว่าจะกินผักตบชวาบ้าง แต่ส่วนมากชอบวัชพืชมากกว่า [2]

จากโทษต่างๆของผักตบชวาทำให้มีวิธีการสำหรับกำจัดเกิดขึ้นมากมาย แต่ถ้าหารเราพิจารณาในอีกแง่หนึ่ง เราจะพบว่าผักตบชวาไม่ได้มีแต่โทษและก่อให้เกิดความเดือดร้อนอย่างเดียว ส่วนดีของผักตบชวาก็มีเช่นกัน

2.1.6 ประโยชน์ของผักตบชวา

2.1.6.1 ช่วยทำให้น้ำสะอาดขึ้น

สารอินทรีย์และอนินทรีย์ ที่ได้ถูกพัดพาไหลลงมาสู่ ลำน้ำจากแหล่งต่างๆ เช่น จากสิ่งสกปรกโสโครก และสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ และสัตว์ตลอดจนของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม การชะล้างพังทลายของดินในป่าเขาที่ถูก โค่นป่าไม้ลง และจากผืนดินที่ทำการเพาะปลูกโดยการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มเติมให้ ล้วนแล้วแต่เป็นต้นเหตุของการทำให้น้ำเสียทั้งสิ้น หากไม่มีผักตบชวาขึ้นอยู่ในน้ำคอยดูดธาตุอาหาร เหล่านี้ ไว้น้ำก็จะสกปรกโทรมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ยิ่งไปกว่านั้น แร่ธาตุต่างๆ ก็จะถูกน้ำพัดพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปและในที่สุดก็จะตกตะกอนสู่ ใต้พื้นน้ำในแม่น้ำ ลำคลองอ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ ทะเล หรี อมหาสมุทร อันนับเป็นการสูญเสียธาตุอาหารโดยเปล่าประโยชน์ผักตบชวาเป็นพืช ที่ มีประสิทธิภาพดี เ ยี่ยมในการดำรงอยู่ในน้ำที่ มีธาตุอาหารมาก (highlyeutrophicated) และเปลี่ยนธาตุอาหารเหล่านี้เป็นโครงสร้าง (biogas) ของมันอย่างรวดเร็ว จึงช่วย
ลดการสูญเสียอาหารธาตุ และสามารถนำกลับมาใช้แล้วใช้อีก (recycle) ได้ หากเรานำผักตบชวามาใช้ประโยชน์

2.1.6.2 ช่วยสะสมพลังงานจากดวงอาทิตย์

พลังงานที่มนุษย์ใช้อยู่ในปัจจุบันมีต้นกำเนิดมาจากดวงอาทิตย์แทบทั้งสิ้นเราได้ใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่โลกสะสมไว้เป็นเวลาหลายร้อยล้านปีในรูปของน้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ จนเกือบจะหมดแล้ว ในปัจจุบันนี้ การสะสมพลังงานจากดวงอาทิตย์ ที่นับว่ามีประสิทธิภาพดีได้มาจาขบวนการสังเคราะห์แสง(photosynthesis) ของพืช ซึ่งเป็นบ่อเกิดของพลังงาน ตลอดจนปัจจัยสี่ ของมนุษย์ แต่เมื่อมีมนุษย์มากขึ้น และมีการร่อยหรอไปของพลังงานดึกดำบรรพ์ การเสาะแสวงหาพลังงานจากแหล่งอื่นจึงเป็นเรื่องที่จำเป็น ผักตบชวาจัดได้ว่าเป็นพืชมีประสิทธิภาพดีเยี่ยมในการสะสมพลังงานจากดวงอาทิตย์ ทั้งนี้ เพราะมันมีโครงสร้างที่เหมาะสม อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำ และธาตุอาหารสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยซึ่งมีอุณหภูมิเหมาะต่อการเจริญเติบโตของมันตลอดปี พลังงานที่ผักตบชวาสะสมไว้ในโครงสร้างของมันสามารถนำมาใช้ประโยชน์ ได้อย่างคุ้มค่าหากได้มีการศึกษาค้นคว้าหาวิธีการที่เหมาะสม

2.1.6.3 ช่วยทำให้อากาศบริสุทธิ์และเย็นสบาย

พืชทุกชนิดมีคุณสมบัติพิเศษกล่าวคือ ช่วยคายก๊าซออกซิเจน ซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้ของขบวนการสังเคราะห์ แสง และช่วยลดอุณหภูมิของอากาศจากขบวนการคายน้ำ (trans piration) แต่ผักตบชวาเป็นพืชที่เจริญเติบโตเร็วกว่าพืชอื่นๆ จึงช่วยทำให้เกิดก๊าซออกซิ เจนมากกว่า และลดอุณหภูมิของอากาศได้ดีกว่าพืชอื่นๆก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่จำเป็นสำหรับการหายใจของมนุษย์ สัตว์ และสิ่งที่มีชีวิตทั้งมวล

2.1.6.4 ช่วยลดปัญหาที่เกิดจากวัชพืชใต้น้ำ

ผักตบชวาลดปริมาณของวัชพืชใต้น้ำลงอย่างมาก ทั้งนี้ เพราะผักตบชวาลอยอยู่เหนือน้ำ จึงไปบดบังแสงแดด และดูดธาตุอาหารส่วนใหญ่ในน้ำไปหากกำจัดผักตบชวาจนหมดสิ้นไป วัชพืชใต้น้ำจะเจริญเติบโตขึ้นแทนที่ และเป็นปัญหาที่แก้ยากกว่าผักตบชวามากมาย ตัวอย่างที่เกิดขึ้นเมื่อเร็วๆ นี้ก็คือการระดมลูกเสือชาวบ้านกำจัดผักตบชวาอย่างราบคาบที่กว๊านพะเยามีผลทาให้เกิดสาหร่ายใต้น้ำขึ้นอย่างหนาทึบจนไม่มีทางปราบได้สำเร็จแม้ว่าชาวบ้านจะได้นาไปเลี้ยงหมูเป็นประจำ ก็ไม่สามารถสู้กับการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่ายเหล่านี้ได้

2.1.6.5 เป็นที่อยู่ของปลาและสัตว์น้ำ

สภาพใต้แพผักตบชวาเหมาะสำหรับการดำรงชีพของปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ ซึ่งเป็นอาหารบริบูรณ์ การทำพุ่มกล่ำ ที่คลองบางขาม อำเภอท่าวุ้ง และอำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรีและที่ทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง เป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ (ต่อผู้ ลี้ยงปลา) ของผักตบชวา

2.1.6.6 ช่วยทำให้เกิดทัศนียภาพที่เจริญตา

แม้ว่าแพผักตบชวาจะเป็นที่รำคาญตาของคนบางประเภท โดยเฉพาะถ้าไม่ก่อให้เกิดปัญหาแก่คนเหล่านั้น แต่ผักตบชวาที่ขึ้นอยู่ในคูคลองที่ไม่ได้มีการสัญจรทางน้ำ และการใช้ประโยชน์อื่นใด ก็เป็นทัศนียภาพที่ สวยสดงดงาม มีสีเขียวที่สดใสและมีดอกสีฟ้าที่งดงามทำให้เกิดความเจริญตาเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใจดีกว่าปล่อยให้เห็นพื้นน้ำสกปรกส่งกลิ่นเหม็นตลบอบอวลหรือมีหญ้าอย่างอื่นขึ้นรกรุงรัง [2]

ประโยชน์ของผักตบชวาก็มีอยู่ไม่น้อย ดังนั้น จึงได้เกิดแนวคิดใหม่ๆขึ้น โดยไม่ได้มีเพียงการกำจัดอย่างเดียว แต่ยังเลือกนำผักตบชวามาทำให้เกิดประโยชน์ ซึ่งจะส่งผลให้การกำจัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งก็มีหลายๆอย่าง ที่สามารถใช้ผักตบชวาทำให้เกิดคุณค่าได้

2.1.7 การใช้ผักตบชวาให้เกิดประโยชน์

2.1.7.1 การทำสิ่งประดิษฐ์

ใช้ทำเป็นของใช้ต่างๆ เช่น กระเป๋าถือ เปลญวน เครื่องจักสาน นำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับงานหัตถกรรม เช่น รองเท้าแตะ ตะกร้าใส่ เสื้อผ้า ถาดรองผลไม้ ถาดรองแก้วน้ำ กล่องใส่กระดาษทิชชู ฯลฯ

2.1.7.2 ด้านปศุสัตว์

ใช้เป็นอาหารสัตว์ ใบผักตบชวาใช้นำมา เลี้ยงสุกร เลี้ยงไก่ เนื่องจากมีคุณค่าทางสารอาหาร พบว่าใบผักตบชวาเมื่อนำมาตากแห้งมีโปรตีนประมาณร้อยละ14-20 ไขมันร้อยละ 1-2.5 กากหรือเส้นใยประมาณร้อยละ17-19 คุณค่าทางสารอาหารจะผันแปรตามความอ่อนแก่ของใบผัก ตบชวาใบอ่อนจะมี คุณค่าทางอาหารสูง กว่า ใบแก่และขึ้นอยู่กับสัดส่วนของก้านและใบ โดยทั่วไปส่วนของใบจะมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าก้าน ใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยปกติสัตว์หลายชนิดกินผักตบชวาอยู่แล้ว กล่าวคือ วัว ควาย แพะ แกะ กินผักตบชวาที่ขึ้นอยู่ริมฝั่งตามธรรมชาติ ปลาบางชนิดกินผักตบชวาในน้ำ หมูกินผักตบชวาที่ ผู้เลี้ยงเก็บมาต้มให้กิน สัตว์เหล่านี้ จะช่วยกำจัดผักตบชวาให้ลดน้อยลงได้ และเรายังได้ประโยชน์

จากสัตว์เลี้ยงเหล่านี้ ด้วย อย่างไรก็ตาม เจ้าของสัตว์เลี้ยงเหล่านี้ ไม่ควรปลูกเลี้ยงผักตบชวาในที่สาธารณะ เพราะเป็นการช่วยส่งเสริมการแพร่กระจายของผักตบชวาไปในที่ต่างๆ อีกทั้งยังเป็นสิ่งที่ผิดกฎหมายตาม พระราชบัญญัติ สำหรับกำจัดผักตบชวาอีกด้วย ในปัจจุบัน ในรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา มีการนำผักตบชวาไปแปรรูปเป็นอาหารสัตว์โดยการบดเอาน้ำออก อบให้แห้ง แล้วอัดเป็นเม็ดแบบเดียวกับมันสาปะหลังเม็ด ผักตบชวาแห้งมีโปรตีน 11.15% ซึ่งนับว่าสูงพอสมควร

2.1.7.3 ด้านการเกษตร

นำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก สำหรับการปลูกพวกพืชผักอื่นๆ คลุมต้นไม้ที่ปลูกเอาไว้ให้เกิดความชุ่มชื้นได้เป็นอย่างดี เนื่องจากผักตบชวามีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี ทำเป็นวัสดุปรับปรุงดิน ใช้ในการเพาะเห็ดโดยนำผักตบชวาขึ้นมาจากน้ำปล่อยทิ้งเอาไว้ประมาณชั่วโมงเศษๆใช้มีดสับเป็นท่อนๆ ยาวประมาณ 5-10 ซม. ทั้งส่วนราก ลำต้นและใบ แล้วจึงนำไปเพาะเห็ดฟางได้เหมือนกับการเพาะโดยใช้ฟางข้าว ปุ๋ยผักตบชวามี โปแตสเซียมอยู่มากเป็นพิเศษ ส่วนธาตุ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ก็มีอยู่พอสมควรและขึ้นอยู่กับสภาพของน้ำที่มันลอยอยู่ ซึ่งสามารถนำผักตบชวาไปทำปุ๋ยได้ 3 วิธี คือ

1) ปล่อยให้แห้ง แล้วเผาเพื่อเก็บขี้เถ้าซึ่งมีโปแตสเซียมอยู่ถึง 20% เอาไปใส่ ให้แก่ต้นพืชซึ่งมีข้อได้เปรียบตรงที่ไม่จำเป็นต้องขนหนัก แต่ก็ได้เผาอินทรียวัตถุที่พืชต้องการไปหมด

2) ทำเป็นปุ๋ยหมักโดยกองสลับชั้นกับดิน ปุ๋ยคอก ขยะ ฯลฯ ซึ่งจะเน่าเปื่อยเป็นปุ๋ยหมักนำไปใช้ได้ภายใน 2 เดือน ระหว่างหมัก ควรกลับกองปุ๋ยหมักทุกๆ 15 วัน โดยเอาส่วนบนลงล่างและส่วนล่างขึ้นบน กลับกองปุ๋ยหมักสัก 2 ครั้งจากนั้นก็ปล่อยให้ค่อยๆ กลายเป็นปุ๋ยหมักซึ่งจะมีสีดำคล้ำ ปุ๋ยหมักจากผักตบชวา (ผสมดิน) มีองค์ประกอบคือ ไนโตรเจน 2.05% ฟอสฟอรัส 1.1% โปแตสเซี ยม 2.5% ธาตุทั้งสามอย่างนั้นเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นแก่การเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของพืชทุกชนิด
ในดิน ป้องกันไม่ให้วัชพืชขึ้น และเมื่อสลายตัว ก็กลายเป็นอินทรียวัตถุและปุ๋ยให้แก่พืชปลูก

3) ทำวัสดุคลุมดิน โดยการนำผักตบชวาไปคลุมพืชปลูก เพื่อช่วยรักษาความชุ่มชื้นไว้ในดิน ป้องกันไม่ให้วัชพืชขึ้น และเมื่อสลายตัว ก็กลายเป็นอินทรียวัตถุและปุ๋ยให้แก่พืชปลูก

เพาะเห็ด ผักตบชวาที่ตากแดดจนแห้งดีแล้ว สามารถนำมาเพาะเห็ดฟางได้ดี วิธีที่เหมาะที่สุดก็คือ ใช้ผักตบชวาแห้ง 1 ส่วน สลับกับฟางข้าว 1 ส่วน ควรใช้ลังไม้เป็นแบบในการกองเห็ด ขนาดของลังประมาณ 30 x 30 x 50 ซม. เพื่อความสะดวกในการยกกองเห็ดออกจากลัง ควรทำลังไม้เป็น 2 ส่วน ไม่มีฝาบนและล่าง แล้วประกอบเข้าด้วยกัน โดยใช้สายยูเกี่ยว วางลังที่ประกอบแล้วลงบนแผ่นไม้ วางผักตบชวาแห้งที่แช่น้ำให้ชุ่มลงในลัง เป็นชั้นสูงประมาณ 10 ซม. แล้วกดให้แน่น โรยเชื้อเห็ดตามริม (ลึกเข้าไปประมาณ 2-3 ซม.) วางฟางข้าวที่แช่น้ำให้ชุ่มเป็นชั้น แบบเดียวกับชั้น
ผักตบชวา แล้วโรยเชื้อเห็ดด้วยวิธีเดียวกัน วางผักตบชวาและฟางข้าวสลับชั้นเช่นนี้ จนกระทั่งถึงปากลัง ด้านบนโรยเชื้อเห็ดทั้งหมด กองหนึ่งใช้เชื้อเห็ดประมาณครึ่งกระป๋อง (กระป๋องละ 3 บาท) จากนั้นก็แกะไม้แบบลังออก ยกกองเห็ดเข้าไปไว้ในที่อบลมและชื้น เช่นใต้ถุนบ้าน เพื่อช่วยให้เห็ดมีความชื้นมากๆ ควรทำที่กำบังลมโดยใช้แผงจาก หญ้าแฝก หรือแผ่นพลาสติกกั้น รักษาให้ความชื้นอยู่เสมอ จะเกิดดอกเห็ดทั้ง ด้านข้างสี่ด้านและด้านบนประมาณวันที่ 7 ปริมาณเห็ดที่เกิดจะได้ประมาณกองละ 1 กิโลกรัม ซากผักตบชวาและฟางข้าวที่เก็บเห็ดไปหมดแล้ว ใช้เป็นปุ๋ยหมักหรือวัสดุคลุมดินได้เป็นอย่างดี การทำทั้งหมดนี้ จะใช้เวลาไม่เกิน 10 นาที หากสามารถทำได้ทุกวันๆ จะมีเห็ดฟางรับประทานวันละ 1 กิโลกรัม ถ้าหากรับประทานไม่หมด ก็สามารถนำไปจำหน่ายได้ในราคาเฉลี่ยประมาณกิโลกรัม 15 บาท โดยลงทุนค่าเชื้อเห็ดเพียง 1.510 บาท หรือได้กำไรถึง 10 เท่า

4) ด้านอาหาร ดอกอ่อนและก้าน ใบอ่อน กินเป็นผัก ลวกจิ้ม น้ำพริก หรือทำแกงส้ม

5) ด้านสมุนไพร ใช้แก้พิษ ภายในร่างกาย และขับลม ใช้ทาหรือพอกแก้แผลอักเสบ

6) ด้านการบำบัดน้ำเสีย ใช้ผักตบชวากรองน้ำเสีย เพราะผักตบชวามีคุณสมบัติทำหน้าที่เป็นตัวกรอง ซึ่งเรียกว่า เครื่องกรองน้ำธรรมชาติ คือใช้ผกตบชวา ซึ่งเป็นวัชพืชที่มีอยู่มาก มาทำหน้าที่ดูดซับความโสโครก และสารพิษจากแหล่งน้ำ เน่าเสีย และในเวลาเดียวกัน ก็ต้องหมั่นนำผักตบชวาออกจากบึงทุกๆ 10 สัปดาห์ เพื่อไม่ให้ผักตบชวามีการเจริญพันธุ์จนบดบังแสงแดดที่จะส่องลงไปในบึง สถานที่แรกในประเทศไทยที่ใช้การบำบัดด้วยวิธีนี้ คือ "บึงมักกะสัน" ซึ่งเป็นโครงการบึงมักกะสันอันเนื่องมาจากพระราชดาริ ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว โดยใช้หลักการบำบัดน้ำเสียตามแนวทฤษฎีการพัฒนาโดยการกรองน้ำเสียด้วยผักตบชวา

7) ด้านพลังงาน โดยใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยใช้ผักตบชวาเป็นตัวเชื่อมประสานในการทำแท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าวและแกลบ

เห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์จากผักตชวานั้นมีมากมาย รวมถึงใช้เพื่อเป็นตัวเชื่อมประสานเชื้อเพลิงฟางข้าวและแกลบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความริเริ่มสนใจที่จะนำผักตบชวาเข้ามาในแวดวงของเชื้อเพลิง แต่การนำผักตบชวามาเป็นเพียงตัวเชื่อมประสาน ก็ยังไม่ได้ให้ประโยชน์สูงสุด เพราะผักตบชวาเองก็มีการสะสมพลังงานจากแสงอาทิตย์เช่นกัน และสามารถกลายเป็น"ชีวมวล"ที่ทรงคุณค่าในภายภาคหน้าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชีวมวล

ชีวมวลแปลมาจากศัพท์ภาษาอังกฤษว่า “Biomass” ประกอบด้วยคำสองคำคือ ชีว และ มวล ชีวคือสิ่งมีชีวิตเช่นพืชและสัตว์ มวลคือวัตถุสิ่งของต่างๆดั้งนั้นชีวมวลหมายถึงวัตถุ หรือสสารที่ได้จากสิ่งมีชีวิตเช่น ข้าวสาร รำ แกลบ และฟางข้าวได้มาจากต้นข้าว และมูลสุกรได้มาจากการเลี้ยงสุกร เป็นต้นแต่ในทางตรงกันข้ามน้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหินได้มาจากการทับถมซากพืชและซากสัตว์เป็นระยะเวลาหลายร้อยล้านปี ไม่ถือว่าเป็นชีวมวล เพราะไม่ได้มาจากสิ่งที่มีชีวิตอีกความหมายหนึ่งของชีวมวลคือ เป็นแหล่งกักเก็บพลังงาน เนื่องจากพืชอาศัยแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสงและเจริญเติบโต จากนั้นแปรเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งเช่น เศษไม้ ข้าวโพด และต้นอ้อย หรือแปรสภาพเป็นของเหลวเช่น น้ำยางพารา น้ำมันพืช ไบโอดีเซล และเอทานอล ซึ่งจะเห็นได้ว่าชีวมวลมีความหมายค่อนข้างกว้าง

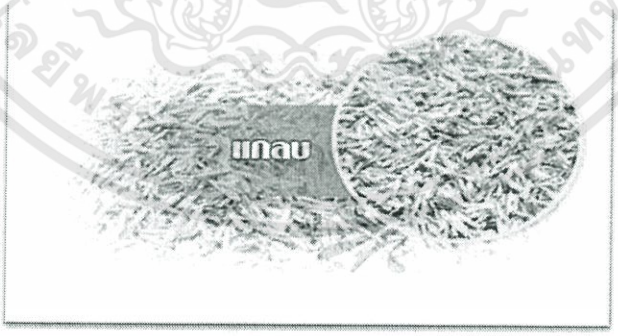
ชีวมวลบางชนิดเหมาะที่นำมาบริโภคมากกว่าเป็นพลังงาน เพื่อให้มีความเข้าใจยิ่งขึ้นได้นิยามความหมายชีวมวลที่นี้ว่า“เศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปสินค้าทางการเกษตร หรือจากการเก็บเกี่ยว” [6]

2.2.1 เศษวัสดุเหลือใช้ที่เป็นชีวมวล

2.2.1.1 ชีวมวลที่ได้จากข้าว

1) แกลบ

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปีเพาะปลูก 2549–2550 มี ปริมาณการผลิตข้าวทั้งประเทศเท่ากับ 28.61 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณแกลบเท่ากับ 3.95 ล้านตัน โดยมี การนำแกลบเหล่านี้มาใช้งาน คิดเป็นปริมาณรวม 0.86 ล้านตัน หากนำปริมาณแกลบคงเหลือดังกล่าวมาหักด้วยปริมาณการสูญเสียของแกลบที่เกิดจากการขัดสีและการฟุ้งกระจายทั้งในระหว่างกระบวนการต่างๆ และการขนส่ง ดังนั้นปริมาณแกลบคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 3.09 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่า 843Ktoe มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 320 MW

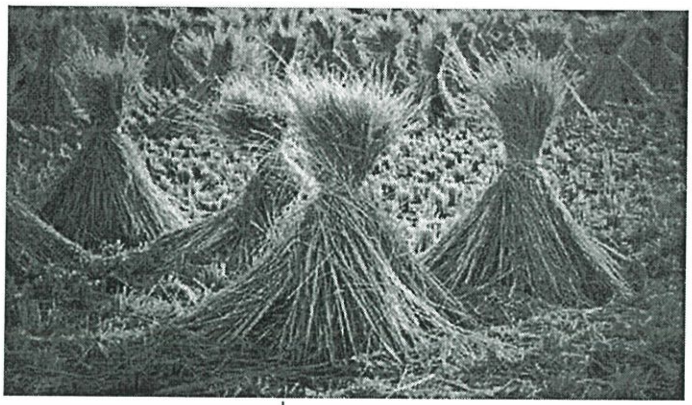


รูปที่ 2.17 แกลบ

2) ฟางข้าว

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรปีเพาะปลูก2549 – 2550 สามารถประเมินปริมาณฟางข้าว เท่ากับ 34.04 ล้านตัน เมื่อนำมาคิดปริมาณที่เก็บรวบรวมได้ (ฟางข้าวมีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม 10%) ปริมาณฟางข้าวคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 3.40 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 926.10 Ktoe คิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 352 MW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ฟางข้าว

2.2.1.2 ชีวมวลที่ได้จากข้าวโพด

1) ซังข้าวโพด

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตร ในปีเพาะปลูก2549 – 2550 มีปริมาณการผลิตข้าวโพดทั้งประเทศเท่ากับ 4.40 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณซังข้าวโพดเท่ากับ 0.84 ล้านตัน โดยมีการนำ ชีวมวล เหล่านี้มาใช้ในภาคต่างๆ คิดเป็นปริมาณรวม 74,000 ตัน ทำให้ปริมาณชีวมวลคงเหลือมีค่าเท่ากับ 0.43 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 124.6 Ktoe คิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 47.31 MW

รูปที่2.19 ซังข้าวโพด

2.2.1.3 ชีวมวลที่ได้จากอ้อย

1) ยอดและใบอ้อย

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรปี 2549– 2550 มีปริมาณการผลิตอ้อยทั้งประเทศเท่ากับ 70 ล้านตัน คิดเป็นชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อย เท่ากับ 16.8 ล้านตัน เมื่อนำมาคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (40 %) จะมีชีวมวลคงเหลือสุทธิ 6.72 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 1,935.7 Ktoe คิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 735 MW

รูปที่ 2.20 ยอดและใบอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) กากอ้อย

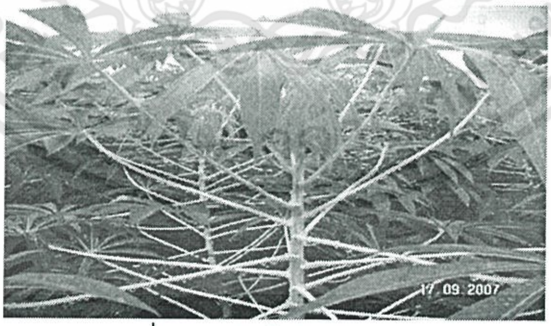
จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรปี 2549– 2550 สามารถประเมินปริมาณของกากอ้อยเท่ากับ 21 ล้านตัน ชีวมวลประเภทนี้มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหกรรม โดยปัจจุบันได้ถูกแปรไปเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อนในโรงงานผลิตน้ำตาล และบางโรงงานนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า จึงทำให้ชีวมวลประเภทนี้หมดไปกับการใช้ในโรงงานเป็นหลัก แม้แต่มีความต้องการใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่นๆแต่ก็ไม่มีวัตถุดิบมาป้อน รวมทั้งโรงงานผลิตน้ำตาลหรือโรงผลิตไฟฟ้าจากกากอ้อยหลายโรง ได้เริ่มเสาะหาเชื้อเพลิงประเภทอื่นๆมาใช้ร่วมกับกากอ้อยเนื่องจากภาวะขาดแคลนของกากอ้อย

รูปที่ 2.21 กากอ้อย

2.2.1.4 ชีวมวลที่ได้จากมันสำปะหลัง

1) ลำต้นมันสำปะหลัง

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรปี 2549– 2550 มีปริมาณการผลิตมันสำปะหลังทั้งประเทศเท่ากับ 17.6 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณลำต้นมันสาปะหลัง 2.11 ล้านตัน เมื่อนำปริมาณชีวมวลคงเหลือดังกล่าวมาคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (40%) จะมีปริมาณชีวมวลสุทธิ เท่ากับ 0.84 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่า 198 Ktoe และคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 75 MW

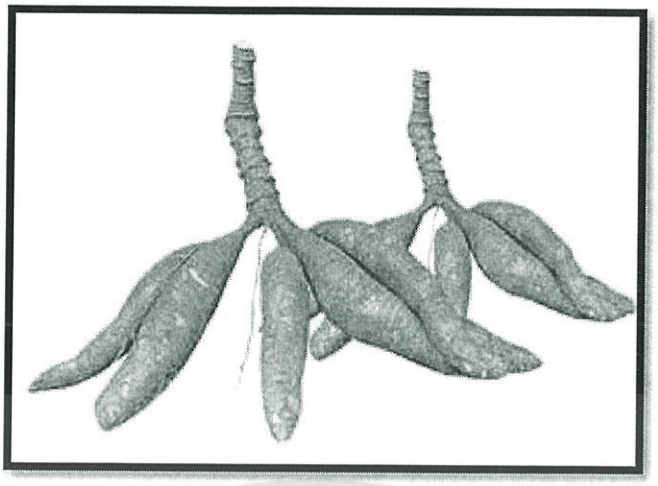


รูปที่ 2.22 ลำต้นมันสำปะหลัง

2) เหง้ามันสำปะหลัง

จากข้อมูลผลผลิตเหง้ามันสำปะหลัง สามารถประเมินปริมาณเหง้ามันได้เท่ากับ 1.76 ล้านตัน เมื่อนำปริมาณชีวมวลคงเหลือดังกล่าวมาคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (40%) จะมีปริมาณชีวมวลสุทธิเท่ากับ 0.7 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่า 131 Ktoe และคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 50 MW ในปัจจุบันแทบไม่มีการนำเอาเหง้ามันสำปะหลังมาใช้ผลิตพลังงาน เนื่องจากการเก็บรวบรวมมีความยากลำบาก และต้นทุนการขนส่งสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 เหง้ามันสำปะหลัง

2.2.1.5 ชีวมวลที่ได้จากปาล์มน้ำมัน

1) ทางใบและก้านปาล์ม

จากข้อมูลผลผลิตของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2549– 2550 มีปริมาณการผลิตปาล์มน้ำมันทั้งประเทศเท่ากับ 8.75 ล้านตันและคิดเป็นปริมาณทางใบและก้านเท่ากับ 2.36 ล้านตัน เมื่อคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (65%) และการนำไปใช้ประโยชน์ จะมีปริมาณชีวมวลคงเหลือสุทธิ 1.54 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่า 481 Ktoe และคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 183 MW

รูปที่ 2.24 ทางใบและก้านปาล์ม

2) กากใยปาล์ม

จากข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมัน มีปริมาณของกากใยปาล์มที่ได้ เท่ากับ 1.31 ล้านตัน โดยชีวมวลประเภทนี้จะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม เมื่อหักปริมาณที่ถูกใช้งานออกจะมีชีวมวลคงเหลือสุทธิ 0.23 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อน 81.3 Ktoe และคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 31 MW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.25 กากใยปาล์ม

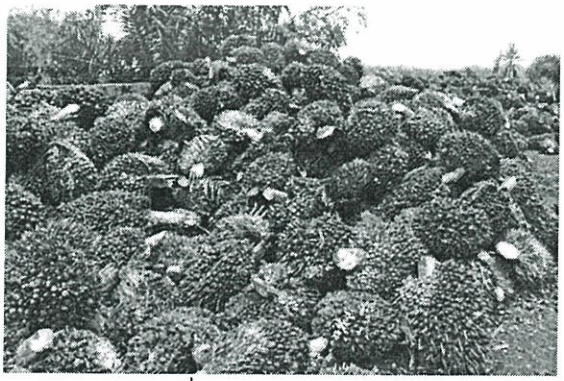
3) กะลาปาล์ม

จากข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมัน สามารถประเมินปริมาณกะลาปาล์มได้เท่ากับ 0.53 ล้านตัน โดยมีการใช้ชีวมวลประเภทนี้ในภาคอุตสาหกรรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิง คิดเป็นปริมาณรวม 18,000 ตัน และใช้ในประเภทอื่นๆ 147,000 ตัน ดังนั้นจะมีชีวมวลคงเหลือสุทธิ 0.31 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อน 114vKtoe และและคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 43 MW

รูปที่ 2.26 กะลาปาล์ม

4) ทะลายปาล์ม

จากข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมัน สามารถประเมินปริมาณของทะลายปาล์มได้เท่ากับ 2.01 ล้านตัน โดยมีการนำชีวมวลประเภทนี้ถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า คิดเป็นปริมาณรวม 80,000 ตัน และใช้ในประเภทอื่นๆ เช่น ทาปุ๋ยและเพาะเห็ด คิดเป็นปริมาณ 160,000 ตัน ดังนั้นจะมีชีวมวลคงเหลือสุทธิ 1.13 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อน 385 Ktoe และคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 146 MW



รูปที่ 2.27 ทะลายปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.6 ชีวมวลที่ได้จากไม้ยางพารา

1) ขี้เลื่อยและเศษไม้ยางพารา

จากรายงานของสถาบันวิจัยยางพารา ทำให้ทราบว่าในแต่ละปีจะมีต้นยางพาราที่มีอายุเกิน 25 ปี ซึ่งครบรอบที่จะต้องทำการตัดฟัน คิดเป็นพื้นที่ยางพาราที่ถูกตัดฟัน 500,000 ไร่ต่อปี จะได้ปริมาณของไม้ยางพารา 200 ล้านตัน ซึ่งไม้ยางพาราที่ถูกตัดจะนำไปเข้ากระบวนการแปรรูปไม้เพื่อผลิตเฟอร์นิเจอร์ ดังนั้น จะมีชีวมวลที่ได้ภายหลังกระบวนการผลิตคิดเป็นเศษไม้ 3.6 ล้านตัน และขี้เลื่อย 8 ล้านตัน เมื่อหักปริมาณที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ จะมีเศษไม้คงเหลือ 3.55 ล้านตัน คิดเป็นพลังงานความร้อน 1,862 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 707 MW ในส่วนของขี้เลื่อยจะมีปริมาณคงเหลือ 1,037 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 394 MW

รูปที่ 2.28 ขี้เลื่อยและเศษไม้ยางพารา

2.2.1.7 ชีวมวลที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส

1) ไม้ฟืนและเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

ไม้ยูคาลิปตัสจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษเป็นส่วนใหญ่ โดยผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส ทั้งประเทศ มีปริมาณรวม 6.8 ล้านตันต่อปี มีชีวมวลเกิดขึ้น คือไม้ฟืนและเปลือกไม้ โดยไม้ฟืนจะถูกนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า สำหรับเปลือกไม้จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน แต่ยังมีปริมาณการใช้งานน้อย เมื่อประเมินจำนวนของชีวมวลคงเหลือ พบว่าจะมีไม้ฟืนคงเหลือเท่ากับ 0.57 ล้านตัน คิดเป็นพลังงานความร้อน 167 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 63.5 MW สำหรับเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีปริมาณคงเหลือ0.61 ล้านตัน คิดเป็นพลังงานความร้อน 186 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 70.5 MW

รูปที่ 2.29 ไม้ฟืนและเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

2.2.1.8 ชีวมวลที่ได้จากไม้ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (อ.อ.ป.)

1) เศษไม้

อ.อ.ป. มีพื้นที่ที่อยู่ในความดูแลรับผิดชอบ จำนวน 1,200,000 ไร่ ทั่วประเทศ ซึ่งในแต่ละปีจะมีเศษไม้ซึ่งได้จากการตัดสางและกิ่งไม้ที่ร่วงหล่น คิดเป็นปริมาณ 0.6 ล้านตัน เมื่อนำมาคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (10%) จะได้ชีวมวลรวม 60,600 ตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อน 17.9 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 6.8 MW [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.30 เศษไม้

เห็นได้ว่าชีวมวลนั้นมีมากมายหลายอย่าง แต่ก็ไม่มีชีวมวลใดที่ถือว่าดีที่สุด เพราะชีวมวลแต่ละอย่างก็มีจุดเด่นจุดด้อยแตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานแตกต่างกัน ดังนั้น การเลือกใช้ชีวมวลจึงควรเลือกใช้แตกต่างกัน โดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์การใช้งาน ประสิทธิภาพในการทำงาน และความสะดวกในการจัดหาแหล่งชีวมวลเป็นสำคัญ

2.2.2 คุณสมบัติของชีวมวลแต่ละชนิด

2.2.2.1 ฟางข้าว

- ลักษณะทั่วไป : ขนาดเล็กยาวแต่กลวง ได้มาหลังการเกี่ยวข้าว
- แหล่ง : ถ้าเกี่ยวข้าวด้วยแรงคน ฟางข้าวจะกองอยู่บริเวณลานตากข้าวตามหมู่บ้าน ถ้าเกี่ยวข้าวด้วยเครื่องจักร ฟางข้าวจะถูกทิ้งไว้ในนาข้าว
- การนำไปใช้งาน : ฟางข้าวมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น เป็นอาหารสัตว์ คลุมดิน เพาะเห็ดฟาง ทำโครงพวงหรีดดอกไม้และใช้ในอุตสาหกรรมทำกระดาษ เป็นต้น แต่ยังมีฟางข้าวอีกมากที่ไม่ได้นำไปใช้ คาดว่าประมาณ 1ใน 3 ของส่วนที่เหลือถูกเผาทิ้ง
- จุดเด่น : ยังมีฟางข้าวอีกมากที่ไม่ได้นำไปใช้ให้เป็นประโยชน์
- จุดด้อย : รวบรวมได้ยากถ้าใช้แรงคน เพราะอยู่กระจัดกระจาย ต้อง ใช้เครื่องทุ่นแรง (Straw baler) มาช่วยในการรวบรวม

2.2.2.2 เศษไม้ยางพารา

- ลักษณะทั่วไป : ไม้ยางพาราเมื่อมีอายุถึง 20 -25 ปีจะถูกตัด เพื่อปลูกใหม่ ไม้ยางพาราที่ถูกตัดจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ รากหรือตอไม้ ปลายไม้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วลงมา และไม้ท่อนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้วขึ้นไป ไม้ท่อนจะถูกตัดให้ได้ความยาว1.05ม.เพื่อส่งโรงเลื่อย และโรงงานเฟอร์นิเจอร์ซึ่งจะได้เศษไม้หลายแบบคือ ปีกไม้ ตาไม้(ส่วนที่มีตำหนิ) ขี้เลื่อย และขี้กบ
- แหล่ง : ปีกไม้และขี้เลื่อย จะหาได้จากโรงเลื่อยไม้ยางพารา ตาไม้และขี้กบ จะหาได้จากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ปลายไม้และรากไม้ จะหาได้จากสวนยางพารา
- การนำไปใช้งาน : ในส่วนของขี้เลื่อยจะนำไปเพาะเห็ด ทำธูป ใช้คลุมเผาถ่าน เศษไม้อื่นๆจะนำไปเป็นเชื้อเพลิง สำหรับโรงบ่มยางพารา เผาถ่าน ใช้ในขบวนการผลิต ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับ ไม้อัดยางพารา (Plywood) Medium densityboard และ Chip board นอกจาก นี้ยังนำไปใช้ในงานก่อสร้าง เช่นเสาเข็ม ใช้ทำเป็นพาเล็ท ลังไม้ เป็นต้น
- จุดเด่น : ยังมีเศษไม้ยางพาราคือ รากไม้ และกิ่งไม้ เหลืออีกมากที่ยังไม่ได้นำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จุดด้อย : มีขนาดใหญ่ และถ้าเป็นเศษไม้สดจะมีความชื้นค่อนข้างสูง ประมาณ 50 % ประสิทธิภาพในการเผาไหม้จึงไม่ค่อยสมบูรณ์ ดังนั้นอาจจะต้องเพิ่มขบวนการย่อยและลดความชื้นก่อนนำไปเผา

2.2.2.3 กากอ้อย

- ลักษณะทั่วไป : มีลักษณะเป็นขุย ได้จากการผลิตน้ำตาลดิบ โดยนำอ้อยมาคั้นน้ำออก ส่วนที่เป็นน้ำนำไปผลิตเป็นน้ำตาลดิบ ส่วนที่เหลือคือกากอ้อย
- การนำไปใช้งาน : ส่วนใหญ่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิต น้ำตาลดิบประมาณ 80 % ส่วนที่เหลืออีก 20 % นำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตกระดาษ และ MDF Board
- จุดเด่น : ยังมีกากอ้อยเหลืออีกส่วนหนึ่งที่ยังไม่ได้นำไปใช้งาน
- จุดด้อย : น้ำหนักเบา และความชื้นสูง

2.2.2.4 ใบอ้อยและยอดอ้อย

- ลักษณะทั่วไป : มีลักษณะเรียวยาว จะถูกตัดออกจากลำต้นอ้อยก่อนส่งไปโรงงาน ช่วงเดือนธันวาคมถึงเมษายน ดังนั้นใบอ้อยและยอดอ้อยจะกระจายไปทั่วไร่อ้อย แต่บางครั้งชาวไร่อ้อยจะใช้วิธีการเผาแทนการตัด ซึ่งจะทำให้ไม่มีใบอ้อยและยอดอ้อยหลงเหลืออยู่
- แหล่ง : ตามไร่อ้อยทั่วไป
- การนำไปใช้งาน : ยอดอ้อยสามารถนำมาเป็นอาหารสัตว์
- จุดเด่น : ใบอ้อยและยอดอ้อยส่วนใหญ่จะถูกเผาทิ้งในไร่ ยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์
- จุดด้อย : มีเฉพาะเดือนธันวาคมถึงเมษายนของทุกปี และการรวบรวมเก็บ ใช้แรงงานจำนวนมาก จึงต้องหาเครื่องทุ่นแรงมาช่วย

2.2.2.5 เปลือกและกากมันสำปะหลัง

- ลักษณะทั่วไป : เหง้ามันเป็นส่วนที่ถูกตัดออกจากหัวมัน ด้านบนมีลักษณะเป็นลำต้นค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 15 มม. ยาวประมาณ 30 ซม. ส่วนอีกด้านหนึ่งมีรูปร่างไม่แน่นอน
- แหล่ง : ตามไร่มันสำปะหลัง
- การนำไปใช้งาน : ปัจจุบันยังไม่ค่อยนำไปใช้งาน จึงมักถูกเผาทิ้งตามไร่
- จุดเด่น : เนื่องจากส่วนมากยังไม่ได้นำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ จึงไม่มีคู่แข่งในการจัดหา
- จุดด้อย : ความชื้นโดยเฉลี่ย 60 % และมีขนาดรูปทรงไม่แน่นอน จึงต้องมีขบวนการทำให้เล็กลงก่อนนำไปเป็นเชื้อเพลิง

2.2.2.6 กากปาล์ม

- ลักษณะทั่วไป : กากปาล์มเป็นเศษเหลือจากการ สกัดน้ำมันปาล์มดิบจากทะลายปาล์มสด มี 3 แบบคือ ไฟเบอร์มีลักษณะเป็นขุย กะลามีลักษณะเป็นคล้ายกะลามะพร้าวแต่มีขนาดเล็กกว่ามาก โตประมาณ 1-2 ซม. และทะลายปาล์มเปล่า
- แหล่ง : จะได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบมาตรฐาน อย่างไรก็ตามยังโรงงานสกัดอีกประเภทหนึ่งคือ นำเฉพาะผลปาล์มสดไม่รวมทะลายมาสกัด เศษที่ได้จะนำมาเป็นอาหารสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การนำไปใช้งาน : ไฟเบอร์นำมาเป็นเชื้อเพลิง ในขบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ จึงมีเหลือไม่มาก ส่วนทะลายเปล่านำไปเพาะเห็ด
- จุดเด่น : กะลาปาล์มมีค่าความร้อนสูงสุด เหมาะนำมาเป็นเชื้อเพลิง แต่ต้องระวังเศษ น้ำมันที่ตกค้างอยู่ ส่วนทะลายปาล์มเปล่ามีเหลืออีกมากที่ยังไม่ได้นำมาใช้ และถ้านำมาเผา จะได้ขี้เถ้าที่มีแร่ธาตุโปตัสเซียมสูงมาก
- จุดด้อย : การที่จะนำทะลายปาล์มเปล่ามา เป็นเชื้อเพลิง ต้องนำมาผ่านขบวนการย่อย หรือตัดก่อน เพราะมีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ ยังมีสารประกอบแอลคาไลน์สูง จะทำให้ท่อน้ำในหม้อน้ำมียางเหนียวเกาะติดได้ง่าย

2.2.2.7 ใบปาล์มและต้นปาล์ม

- ลักษณะทั่วไป : ใบปาล์มหรือทางปาล์มจะถูกตัดออกเพื่อนำทะลาย ปาล์มสดลงจากลำต้น มีขนาดยาวประมาณ 2-3 เมตร ส่วนลำต้นจะถูกโค่นเมื่อมีอายุ 20-25 ปี หรือเมื่อไม่สามารถให้ผลผลิตได้ดี
- แหล่ง : จากสวนปาล์ม
- การนำไปใช้งาน : ทางปาล์มใช้คลุมดิน ส่วนลำต้นเริ่มทยอยตัดในพื้นที่บางแห่ง
- จุดเด่น : ยังไม่มีการศึกษานำไปใช้ประโยชน์เป็นอย่างอื่น
- จุดด้อย : ทางปาล์มมีความชื้นสูงถึง 80 % และขนาดใหญ่

2.2.2.8 ซังข้าวโพด และ ลำต้น

- ลักษณะทั่วไป : ซังข้าวโพดได้จากการสีข้าวโพดเพื่อนำ เมล็ดมาใช้งาน ส่วนใหญ่เป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในส่วนของลำต้นจะถูกตัดหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้ว
- แหล่ง : ปัจจุบันการสีข้าวโพดจะใช้เครื่องจักรที่สามารถ เคลื่อนที่ไปตามไร่ข้าวโพด ดังนั้นจะสามารถหาซังข้าวโพดและต้นข้าวโพด ได้ตามไร่ข้าวโพดทั่วไป
- การนำไปใช้งาน : ซังข้าวโพดมีประโยชน์หลายอย่าง นำไปเป็นวัตถุดิบผลิตแอลกอฮอล์ เป็นเชื้อเพลิง ผสมกับกากน้ำตาลเพื่อเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น ส่วนลำต้น นำไปเลี้ยงสัตว์ได้เช่นกัน
- จุดเด่น : ซังข้าวโพดมีค่าความร้อนสูง เมื่อเทียบกับชีวมวลอื่นๆ ส่วนลำต้นข้าวโพดมีส่วนหนึ่งที่ไม่ได้นำไปใช้งาน ชาวไร่ข้าวโพดจะไถฝังกลบในไร่
- จุดด้อย : ซังข้าวโพดมีการนำไปใช้ประโยชน์หลายอย่าง ดังนั้นต้องพิจารณาถึงแหล่งที่มีการนำไปใช้งานน้อยที่สุด เพื่อไม่ให้มีการแก่งแย่งกันซื้อ ส่วนลำต้น ข้าวโพดจะเก็บรวบรวมลำบาก ต้องใช้แรงคนมาก

นอกจากปัจจัยภายนอกแล้ว องค์ประกอบภายในของชีวมวลก็เป็นสิ่งที่ควรจะให้ความสำคัญ เพราะเป็นอีกส่วนหนึ่งที่จะส่งผลถึงคุณภาพการใช้งาน หากชีวมวลมีองค์ประกอบที่เหมาะสม ก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้งานชีวมวลชนิดนั้นๆสูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 องค์ประกอบของชีวมวล

2.2.3.1 องค์ประกอบเบื้องต้น

1) ความชื้น(Moisture)

ความชื้น หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในชีวมวล โดยส่วนมากชีวมวลจะมีความชื้นค่อนข้างสูง เพราะเป็นผลผลิตทางการเกษตร ถ้าต้องการนำชีวมวลมาทำเป็นพลังงานโดยการเผาไหม้ ความชื้นไม่ควรเกิน 50 เปอร์เซ็นต์

2) คาร์บอนคงที่(Fixed Carbon)

เป็นส่วนที่เสถียรของโครงสร้างโมเลกุลของชีวมวลประกอบด้วยคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ ชีวมวลที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนคงที่ต่ำหรือน้อยจะสันดาปได้ไม่มี มีอุณหภูมิจุดติดไฟต่ำ ความรวดเร็วในการติดไฟช้า

3) สารระเหย(Volatile Matter)

สารระเหย คือ ส่วนที่ลุกเผาไหม้ได้ง่าย ดังนั้น ชีวมวลใดที่มีค่าสารระเหยสูงแสดงว่าติดไฟได้ง่าย

4) ขี้เถ้า(Ash)

ขี้เถ้าเป็นส่วนประกอบอนินทรีย์ที่มีอยู่เดิมในชีวมวลที่ออกซิไดซ์สมบูรณ์ ชีวมวลส่วนใหญ่จะมีขี้เถ้า ประมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นแกลบและ ฟางข้าวจะมีสัดส่วนขี้เถ้าประมาณ 10-20 เปอร์เซนต์ ซึ่งจะมีปัญหาในการเผาไหม้ [8]

2.2.3.2 องค์ประกอบทั่วไป

1) เซลลูโลส

โพลีแซคคาไรด์ที่ดีกลูโคสถูกเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้ากลูโคซิดิกซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น $(C6H12O6)n$ n คือดีกรีของโพลิเมอร์ไรเซชันซึ่งมีความกว้างตั้งแต่หลายพันจนถึงหลายหมื่น จำนวนผลลัพธ์ของการไฮโรไลซิ สเซลลูโลส คือ ดีกลูโคส(โมโนแซคคาไรด์) แต่บางส่วนให้ผลลัพธ์เป็นไดแซคคาไรด์ (เซลลูไบโอส) และโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งมีลำดับ n = 3 ถึง 10 เซลลูโลสมีโครงสร้างเป็นผลึกและต้านทานต่อกรดและด่าง

2) เฮมิเซลลูโลส

โพลีแซคคาไรด์ซึ่งมีจำนวนยูนิตคาร์บอนเท่ากับ 5 โมโนแซคคาไรด์รวมถึง ดีไซโลสและดีอะราไบโนส และคาร์บอนเท่ากับ 6 โมโนแซคคาไรด์รวมถึง ดีแมนโนส ดีกาแลคโตสและดีกลูโคส โมโนแซคคาไรด์ที่มีคาร์บอนเท่ากับ 5 มี จำนวนมากกว่า โมโนแซคคาไรด์ที่มีคาร์บอนเท่ากับ 6 สูตรโมเลกุลโดยเฉลี่ยคือ $(C5H8O4)n$ เนื่องจากดีกรี โพลิเมอร์ไรเซชันของเฮมิเซลลูโลสเท่ากับ 50-200 โดยมีขนาดเล็กกว่าเซลลูโลส จึงสามารถสลายพันธะได้ง่ายกว่าเซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลสเป็นจำนวนมากสามารถละลายได้ในสารละลายเบส เฮมิเซลลูโลส ทั่วไปคือไซแลน ซึ่งประกอบจากไซโลสด้วยพันธะ1,4 เฮมิเซลลูโลสอื่นๆได้แก่กลูโคแมนแนน อย่างไรก็ตามเซลลูโลสทั้งหมดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและส่วนของพืช

3) ลิกนิน

สารประกอบที่ประกอบด้วย ยูนิตฟีนิลโพรเพนและอนุพันธ์ ซึ่งเชื่อมกันเป็นสามมิติ โครงสร้างนั้นซับซ้อนและยังไม่มีการเข้าใจอย่างแท้จริง โครงสร้างสามมิตินั้นยากที่จะสลายโดยจุลชีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสารเคมี นอกจากนั้นยังมีความแข็งแรงทางกลและการป้องกันร่วมด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินถูกพบอย่างสากลในสารชีวมวลชนิดต่างๆ และแหล่งคาร์บอนธรรมชาติจำนวนมากมายบนโลก

4) แป้ง

คล้ายเซลลูโลส แป้งเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วยยูนิตของดีกลูโคส แต่ถูกเชื่อมกันโดยพันธะแอลฟากลูโคไซดิก เนื่องจากความต่างของโครงสร้างพันธะ เซลลูโลสจะไม่ละลายน้ำ แต่บางส่วนของแป้งจะละลายในน้ำร้อน(อะไมโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 10,000 จนถึง 50,000 ประมาณ 10%-20% ของแป้ง) และบางส่วนที่ไม่ละลาย (อะไมโลเพกซิน ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 50,000 ถึง 100,000 ประมาณ 80%-90% ของแป้ง) แป้งถูกพบในเมล็ด ราก และลำต้น ซึ่งถือเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิต

5) โปรตีน

เป็นสารประกอบโมเลกุลขนาดใหญ่ซึ่งกรดอะมิโนหลายตัวถูกโพลิเมอร์ไรซ์เข้าด้วยกัน คุณสมบัติต่างกันขึ้นกับชนิดของกรดอะมิโนและอัตราส่วนขององค์ประกอบของกรดอะมิโนและลำดับของโพลิเมอร์ไรเซชัน โดยปกติแล้วโปรตีนไม่ใช่สารประกอบพื้นฐานของสารชีวมวลและมีสัดส่วนน้อยกว่าเซลลูโลส ลิกนิน และแป้ง

6) สารอื่นๆ (อินทรีย์และอนินทรีย์)

ปริมาณของสารประกอบอินทรีย์อื่นๆมีได้หลากหลายขึ้นกับชนิดของพืช สารอินทรีย์ที่มีจำนวนมากได้แก่ กลีเซอรอล เช่น น้ำมันผักกาดก้านขาว น้ำมันปาล์ม น้ำมันจากพืชชนิดต่างๆ ซูโครสในอ้อยและต้นบีต ตัวอย่างอื่นๆก็ได้แก่ อัลคาลอยน์ รงควัตถุ เทอร์ปีน และขี้ผึ้ง ถึงแม้ว่าจะพบสารเหล่านี้ได้น้อยแต่คุณค่ามากเนื่องจากสามารถใช้เป็นส่วนผสมของยาได้ [9]

การที่ชีวมวลได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน จึงเกิดการศึกษาเพื่อหาแหล่งชีวมวลใหม่ๆขึ้นอยู่เสมอ โดยเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นหนึ่งในตัวเลือกแรกๆที่น่าสนใจ ทำให้มีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลายๆชนิดไปทดสอบเพื่อหาองค์ประกอบของชีวมวล เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ใช้งานต่อไป โดยหลังจากได้หาจากตัวเลือกที่น่าสนใจหลายๆอย่าง จึงได้มีการรวบรวมข้อมูลมาเพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการพัฒนาทรัพยากรชีวมวลต่อไป

2.2.3.3 ข้อมูลขององค์ประกอบชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่ได้มีการสำรวจและเก็บรวบรวมเอาไว้

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลองค์ประกอบของชีวมวลต่างๆ

Biomass Properties	แกลบ	ฟางข้าว	ชานอ้อย
Moisture,%	12.00	10.00	50.73
Fixed Carbon,%	12.65	10.39	1.43
Volatile Matter,%	56.46	60.70	41.98
Ash,%	18.88	18.90	5.86
Higher heating value,kJ/kg	14,755	13,650	9,243
Lower heating value,kJ/kg	13,517	12,330	7,369
Bulk Density,kg/m3	150	125	120
Carbon,%	37.48	38.17	21.33
Hydrogen,%	4.41	5.02	3.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oxygen,%	33.27	35.28	23.29
Nitrogen,%	0.17	0.58	0.12
Sulfur,%	0.04	0.09	0.03
Chlorine,%	0.09	N/A	N/A

Biomass Properties	ใบอ้อย	ไม้ยางพารา	ทางปาล์ม
Moisture,%	9.20	45.00	78.40
Fixed Carbon,%	6.10	1.59	0.70
Volatile Matter,%	67.80	45.70	16.30
Ash,%	16.90	7.71	4.60
Higher heating value,kJ/kg	16,794	10,365	3,908
Lower heating value,kJ/kg	15,479	8,600	1,760
Bulk Density,kg/m3	100	450	250
Carbon,%	41.60	25.58	30.82
Hydrogen,%	5.08	3.19	3.74
Oxygen,%	37.42	24.48	21.61
Nitrogen,%	0.40	0.14	0.84
Sulfur,%	0.17	0.02	0.08
Chlorine,%	0.01	0.01	0.11

Biomass Properties	ใยปาล์ม	กากปาล์ม	ทะลายปาล์ม
Moisture,%	38.50	12.00	58.60
Fixed Carbon,%	4.42	3.50	2.03
Volatile Matter,%	42.68	68.20	30.46
Ash,%	14.39	16.30	8.90
Higher heating value,kJ/kg	13,127	18,267	9,196
Lower heating value,kJ/kg	11,400	16,900	7,240
Bulk Density,kg/m3	400	380	NA
Carbon,%	44.44	21.15	23.90
Hydrogen,%	5.01	2.56	3.04
Oxygen,%	34.70	15.34	22.91
Nitrogen,%	0.28	0.27	0.56
Sulfur,%	0.02	0.04	0.06
Chlorine,%	0.02	0.16	N/A

Biomass Properties	ลำต้นปาล์ม	ซังข้าวโพด	ลำต้นข้าวโพด	เหง้ามันสำปะหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Moisture,%	48.40	40.00	41.70	59.40
Fixed Carbon,%	1.20	0.90	3.70	1.50
Volatile Matter,%	38.70	45.42	46.46	31.00
Ash,%	11.70	13.68	8.14	8.10
Higher heating value,kJ/kg	9,370	11,298	11,704	7,451
Lower heating value,kJ/kg	7,556	9,615	9,830	5,494
Bulk Density,kg/m^3	N/A	N/A	N/A	250
Carbon,%	10.13	28.19	27.83	18.76
Hydrogen,%	1.25	3.36	4.06	2.48
Oxygen,%	9.44	27.42	22.47	17.50
Nitrogen,%	0.07	0.12	0.13	0.32
Sulfur,%	0.02	0.03	N/A	0.04
Chlorine,%	0.12	0.05	N/A	0.05

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับชีวมวลเพิ่มขึ้น โดยมากแล้วจะเป็นเทคโนโลยีสำหรับผลิตพลังงานจากชีวมวล โดยใช้ชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานในรูปของพลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า หรือน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ การเผาไหม้ตรง การผลิตก๊าซชีวมวล และเทคโนโลยีที่อยู่ระหว่างการวิจัยและพัฒนา ได้แก่ การผลิตน้ำมันจากชีวมวล การผลิตพลังงานจากชีวมวลด้วยระบบ Integrated Gasification Combine Cycle และการสกัดไฮโดรเจนจากชีวมวล

2.2.4 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากชีวมวล

2.2.4.1 การเผาไหม้ตรง (Direct Combustion)

การเผาไหม้ตรงเป็นปฏิกิริยาเคมีการรวมตัวกันระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการลุกไหม้และการคายความร้อนออกมา โดยใช้ก๊าซออกซิเจนร้อยละ 23 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 77 โดยน้ำหนัก ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ก๊าซออกซิเจนสัมผัสกับพื้นผิวเชื้อเพลิง การเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้ได้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) การปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมาที่พื้นผิว และการเกิดปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์กับออกซิเจนเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2)

1) ระบบการทำงานของเตาเผา

เทคโนโลยีที่ใช้สำหรับป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ระบบการเผาไหม้ แบ่งได้ดังนี้

1. ระบบใช้แรงงานคนป้อนเชื้อเพลิง

ระบบนี้อาศัยคนงานที่มีความชำนาญในการกระจายเชื้อเพลิงให้ทั่วสม่ำเสมอบนตะกรันเตาไฟ ที่ทำจากเหล็กหล่อเป็นตอน ๆ อากาศที่ใช้สำหรับเผาไหม้จะถูกส่งจากใต้เตาเหนือตะกรับเตาไฟ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของระบบนี้ค่อนข้างต่ำ

2. ระบบสโตกเกอร์ (Stoker)

เป็นระบบแรกที่มีการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาโดยอาศัยเครื่องกลแทนแรงงานคน ข้อดีของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

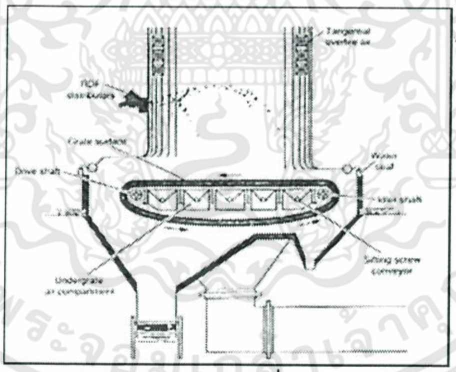
ระบบนี้คือ มีราคาถูก และสามารถออกแบบให้ใช้ได้กับเชื้อเพลิงแข็งหลายชนิดแต่ระบบสโตกเกอร์มีขีดความสามารถในการผลิตไอน้ำร้อนในระดับต่ำระบบสโตกเกอร์สามารถแบ่งตามลักษณะการป้อนเชื้อเพลิงได้เป็น 2 ชนิด คือ ระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านบน(Overfeed Stoker) และระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง (Underfeed Stoker)

1.1) ระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านบน

เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านบน หรือสูงกว่าตำแหน่งทางเข้าของอากาศส่วนแรกที่ถูกส่งไปช่วยในการเผาไหม้ โดยป้อนเชื้อเพลิงให้อยู่บนตะแกรง จากนั้นอากาศส่วนแรกถูกป้อนเข้าทางด้านล่างของตะแกรงผ่านขึ้นมาเผาไหม้เชื้อเพลิงบนตะแกรง อากาศอีกส่วนหนึ่งจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของตะแกรงเพื่อช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ข้อเสียของการเผาไหม้ระบบนี้ คือการควบคุมปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าใต้ตะแกรงนั้นทำได้ยาก เพราะจะขึ้นอยู่กับความสูงและความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่กองอยู่บนตะแกรง และนอกจากนี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างค่อนข้างสูง เพราะต้องป้องกันการสูญเสียความร้อนออกจากผนังเตาเพื่อทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้อย่างคงที่

1.1.1) ระบบสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน (Traveling Grate Stoker)

เชื้อเพลิงจะถูกป้อนออกจากถังเก็บ(Hopper) โดยสายพานตีนตะขาบ ซึ่งจะเคลื่อนที่พาเชื้อเพลิงผ่านเข้าไปในเตาเพื่อเผาไหม้ การลุกไหม้จะลุกคืบจากด้านบนของชั้นเชื้อเพลิงลงสู่ด้านล่าง ในขณะที่เชื้อเพลิงถูกพาให้เคลื่อนที่ไปยังอีกด้านหนึ่งของเตา เมื่อสายพานเลื่อนไปจนสุดทางอีกด้านหนึ่งเชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้หมดพอดี เถ้าที่เหลืออยู่จะตกลงสู่ที่รองรับทางด้านล่างข้อดีของสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน คือ ระบบการทำงานไม่ยุ่งยาก เพราะมีอุปกรณ์น้อยและสามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงได้หมด เนื่องจากสามารถควบคุมความเร็วของสายพานได้ และปริมาณควันและเขม่าที่ปล่อยออกมามีน้อย



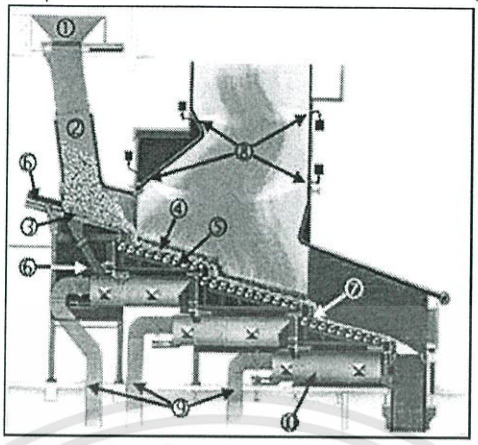
รูปที่ 2.31 ระบบสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน (Traveling Grate Stoker)

1.1.2) ระบบสโตกเกอร์แบบกระจาย (Spaeder Fired Stoker)

เชื้อเพลิงถูกส่งเข้าเตาในลักษณะกระจายไปทั่วห้องเผาไหม้ด้วยเครื่องป้อนซึ่งมีลักษณะคล้ายใบพัดเป็นตัวหมุนวักเอาเชื้อเพลิงเข้าสู่เตา เชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กหรือเป็นผงจะเกิดการเผาไหม้ขึ้นอย่างรวดเร็วในขณะลอยตัวอยู่ภายในเตา ส่วนเชื้อเพลิงที่มีขนาดใหญ่ก็จะตกลงมาบนตะแกรง และเกิดการเผาไหม้บนตะแกรง ตะแกรงอาจมีการสั่นเป็นจังหวะเพื่อให้เถ้าร่วงลงสู่ด้านล่าง (ตะแกรงนี้อาจแทนได้ด้วยสายพานตีนตะขาบ) ระบบการเผาไหม้แบบนี้จำเป็นต้องใช้อากาศเหนือไฟที่ด้านหลังและด้านข้างเตา เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้พอเพียงต่อการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ บางครั้งจำเป็นต้องติดตั้งหัวพ่นอากาศใกล้เครื่องกระจายเชื้อเพลิงเพื่อช่วยเป่าเชื้อเพลิงละเอียดให้กระจายออกไป ข้อได้เปรียบของการเผาไหม้ระบบนี้ คือ การที่เชื้อเพลิงกองอยู่บาง ๆ บนตะแกรงทำให้ความดันอากาศไหลผ่านเชื้อเพลิงมีค่าน้อยกว่าสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน ดังนั้นการควบคุมอากาศที่ป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

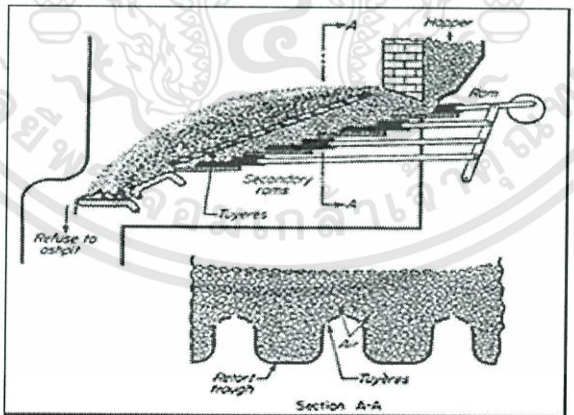
ใต้ตะแกรงสามารถทำได้ง่ายกว่า ข้อเสียของระบบสโตกเกอร์แบบกระจาย คือ มีปริมาณเขม่าและควันออกจากปล่องมากจึงต้องมีอุปกรณ์สำหรับดักขี้เถ้าที่ออกจากปล่องสู่บรรยากาศภายนอก



รูปที่ 2.32 ระบบสโตกเกอร์แบบกระจาย (Spaeder Fired Stoker)

1.2) ระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง

เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง ส่งผลให้เชื้อเพลิงไปตามรางให้เคลื่อนตัวลึกเข้าไปในเตาตลอดเวลา ทำให้เกิดความดันขึ้นในเชื้อเพลิงส่วนล่าง ส่งผลให้เชื้อเพลิงส่วนบนขยับขึ้นด้านบนได้ วิธีนี้จะทำให้สารระเหยที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงระเหยขึ้นสู่ส่วนบนจึงทำให้ติดไฟได้ง่ายขึ้นและเกิดการเผาไหม้ขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ เชื้อเพลิงที่ลุกไหม้หมดแล้วเป็นเถ้าซึ่งอยู่ส่วนบนสุดจะถูกเชื้อเพลิงตอนล่างดันกระจายลงสู่ที่รองรับเถ้า การควบคุมการเผาไหม้ของระบบนี้สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงระยะชักหรืออัตราเร็วของตัวดันเชื้อเพลิง ส่วนปริมาณอากาศที่ส่งเข้าเตาก็สามารถปรับให้พอเหมาะกันได้ที่ช่องอากาศเข้าเตา อากาศที่ส่งเข้าเตาเพื่อช่วยการเผาไหม้เชื้อเพลิงนี้จะผ่านเข้าไปในเตาได้ทางช่องหรือพวยรับลม (Tuyeres) ข้อดีของระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง คือ การป้อนเชื้อเพลิงทางด้านล่างจะช่วยลดควันได้ เพราะสารระเหยที่ปล่อยออกจากเชื้อเพลิงจะไหลผ่านชั้นเชื้อเพลิงที่ร้อนทำให้เผาไหม้หมด



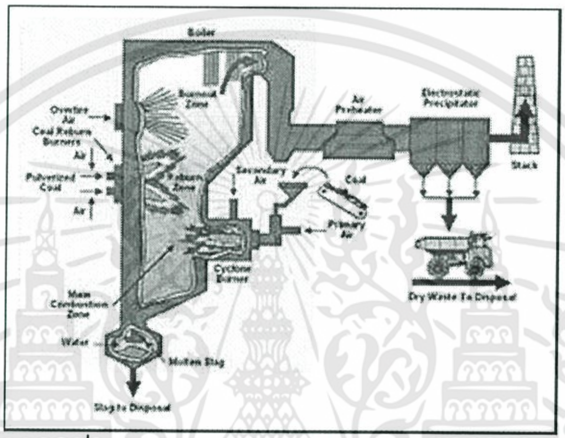
รูปที่ 2.33 ระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง

1.3) ระบบพัลเวอร์ไรซ์ (Pulverised)

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเตาระบบพัลเวอร์ไรซ์จะเกิดขึ้นในลักษณะที่เชื้อเพลิงแขวนลอยอยู่ ดังนั้นเชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาเผาแบบนี้จะต้องมีขนาดเล็กเพียงพอที่จะแขวนลอยอยู่ในอากาศภายในเตา อากาศส่วนแรกจะถูกอุ่นก่อนส่งเข้าเตา เพื่อใช้ในการอบแห้งเชื้อเพลิงในขณะที่อากาศส่วนที่สองถูกส่งเข้าเตาโดยตรง เพื่อช่วยให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้จะถูกพัดพาออกจากเตาเผาติดมากับแก๊สร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ ข้อได้เปรียบของการเผาระบบนี้ คือ ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

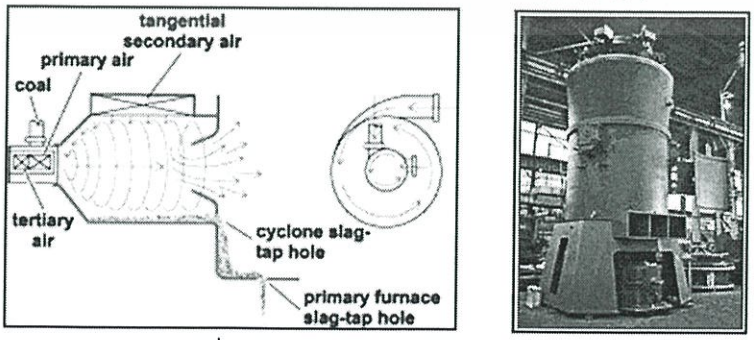
จำเป็นต้องมีระบบตะแกรงที่จะต้องให้ความร้อนในการเผาไหม้สูง เพราะระบบสโตกเกอร์ที่กล่าวมาแล้วนั้น เชื้อเพลิงจะเผาไหม้ได้จะต้องได้รับความร้อนที่สูงเพียงพอจากเชื้อเพลิงเก่าบนตะแกรง จากเหตุดังกล่าวข้างต้นจึงต้องให้เตาเผาระบบสโตกเกอร์มีขนาดเล็กเพียงพอที่จะทำให้ความร้อนภายในเตาเผามีค่าสูงพอแก่เชื้อเพลิงที่จะเผาไหม้ต่อไป ดังนั้นเตาเผาระบบพัลเวอร์ไรซ์นี้จึงให้ความร้อนในการเผาไหม้ได้สูงกว่า ข้อเสียของระบบพัลเวอร์ไรซ์นี้ คือ การควบคุมเถ้าทำได้ยาก ดังนั้นจึงต้องมีระบบกำจัดเถ้าที่ดีซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง เชื้อเพลิงที่ใช้จะต้องมีขนาดเล็กเพียงพอ ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบดเชื้อเพลิงให้มีขนาดเล็กลง นอกจากนี้การควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผาทำได้ยาก เพราะถ้าอุณหภูมิของการเผาไหม้สูงเกินไปจะทำให้เกิดการหลอมตัวของเถ้าเกาะกันเป็นก้อนใหญ่ ซึ่งจะทำให้เตาเผาเสียหายได้ เชื้อเพลิงที่ใช้จะต้องแห้งเพียงพอจึงต้องมีการอบแห้ง ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการเพิ่มราคาต้นทุนและพลังงานที่ใช้



รูปที่ 2.34 ระบบพัลเวอร์ไรซ์ (Pulverised)

1.4) ระบบไซโคลน (Cyclone)

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

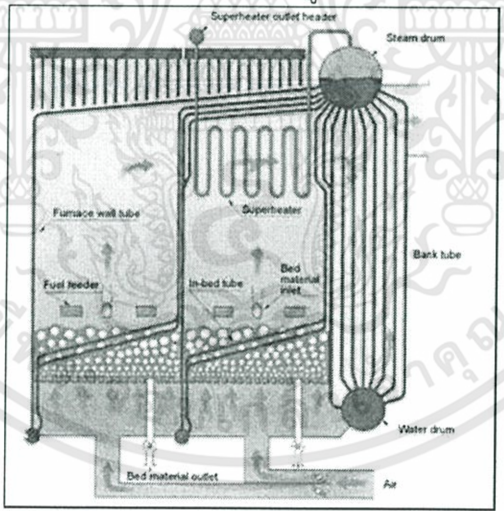


รูปที่ 2.35 ระบบไซโคลน (Cyclone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5) ระบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed)

อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิง และเมื่อเพิ่มค่าความเร็วของอากาศถึงค่าหนึ่งเชื้อเพลิงที่วางอยู่จะลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายของไหล ในตอนเริ่มติดเตานั้นเบดจะได้รับความร้อนจากภายนอกจนอุณหภูมิถึงจุดติดไฟของเชื้อเพลิง หลังจากนั้นเชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าไปอย่างสม่ำเสมอ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นทั่วๆ บริเวณเตา โดยปกติจะใส่สารเฉื่อย (Inert Material) เช่น ทราย หรือ สารที่ทำปฏิกิริยา (Reaction Material) เช่น หินปูน (Limestone) หรือตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ซึ่งจะช่วยในด้านการถ่ายเทความร้อนและช่วยทาความสะอาดภายในเตาระบบฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งในปัจจุบันนี้ระบบฟลูอิดไดซ์เบดนี้ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากสามารถใช้กับเชื้อเพลิงแข็งได้ทุกชนิด เพราะอุณหภูมิภายในเตาจะมีค่าใกล้เคียงตลอดทั่วเตาเผา ทำให้อัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงสม่ำเสมอ สามารถเผาเชื้อเพลิงที่มีปริมาณความชื้นสูงได้ดี นอกจากนี้ยังทำให้อุณหภูมิของเปลวไฟคงที่ ข้อดีของระบบฟูลอิดไดซ์เบด คือมีสารเฉื่อยเป็นเบดจึงทำให้เกิดการผสมของเชื้อเพลิงกับออกซิเจนได้ดี เกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว นอกจากนี้ตัวเบดยังช่วยอมความร้อนทำให้เตามีความเสถียร ไม่ดับง่าย และเกิดการเผาไหม้ในตัวเตาเผาได้อย่างทั่วถึง จึงทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผามีค่าเท่ากันและสม่ำเสมอ สามารถใช้เผาไหม้เชื้อเพลิงในช่วงอุณหภูมิการเผาไหม้ที่ต่ำ (ประมาณ 850 องศาเซลเซียส) จึงช่วยแก้ปัญหาด้านมลพิษของอากาศเนื่องจากการเกิดสารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)ได้ โดยฟูลอิดไดซ์เบดนั้นจะเป็นระบบเกี่ยวกับลมเกือบทั้งหมด (Pneumatic System) ไม่ค่อยมีระบบเครื่องกล (Mechanical System) ทำให้การควบคุมระบบทำได้ง่าย เชื้อเพลิงที่เผาไหม้ในเตาระบบฟลูอิดไดซ์เบด ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาการเผาไหม้หมดสมบูรณ์ไม่เกิน 5 วินาที ซึ่งน้อยกว่าเวลาที่เชื้อเพลิงใช้อยู่ในเตาเผา จึงทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์



รูปที่ 2.36 ระบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed)

2) หม้อไอน้ำ

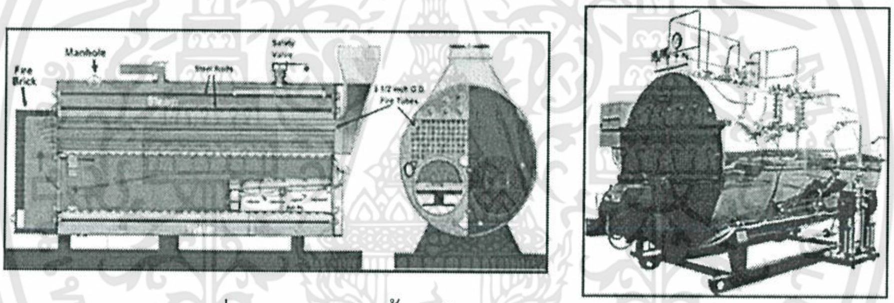
หม้อไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ สาหรับให้ความร้อนในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม หรือเพื่อใช้ขับกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) หรือเครื่องจักรไอน้ำ (Steam Engine) เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานกล หน้าที่หลักของหม้อไอน้ำคือการผลิตไอน้ำที่มีความดัน อุณหภูมิ และอัตราการไหลที่กำหนดไว้

2.1) หม้อไอน้ำท่อไฟ (Fire Tube Boiler)

เป็นหม้อไอน้ำที่มีความสามารถในการผลิตไอน้ำได้ไม่มาก เนื่องจากผลิตไอน้ำได้ที่ความดันและอัตราการไหลจำกัด เนื่องจากมีลักษณะโครงสร้างที่เป็นถัง (shell) ทรงกระบอกใหญ่ในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือแนวตั้ง โดยมีห้องเผาไหม้เป็นรูปทรงกระบอกอยู่ภายในตัวถัง ส่วนผนังของท่อจะทำเป็นร่องเพื่อรองรับการขยายตัวขณะร้อน และเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างเมื่อรับความดันสูง ห้องเผาไหม้จะอยู่ด้านหน้าของหม้อไอน้ำ ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งเชื้อเพลิงแข็ง เชื่อเพลิงเหลว และก๊าซความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ เชื้อเพลิงจะถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำรอบตัว โดยกลไกการถ่ายเทส่วนใหญ่จะเป็นแบบการแผ่รังสี หลังจากนั้นไอเสียร้อยจะเคลื่อนที่ย้อนกลับในท่อหลายๆ ท่อที่วางเรียงตัวขนานกับหม้อไอน้ำ ซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนให้กับหม้อไอน้ำ (เนื่องจากปริมาณพื้นผิวถ่ายเทความร้อนมีค่ามากขึ้น) การมีไฟหรือไอเสียร้อนเดินในท่อ จึงเรียกหม้อไอน้ำชนิดว่าท่อไฟ หลังจากที่ไอเสียร้อนเคลื่อนที่มาถึงด้านหน้าของหม้อ ถ้าปล่อยออกที่ตำแหน่งนี้ โดยปกติหม้อไอน้ำชนิดนี้จะเรียกว่า ท่อไฟแบบ 2 กลับ (2 passes) แต่สามารถออกแบบให้ไอเสียเคลื่อนที่ย้อนกลับได้อีกครั้งหนึ่งก่อนออกสู่ปล่อง ก็จะเรียกว่าเป็นท่อไฟ 3 กลับ โดยทั่วไปมักใช้ไม่เกิน 4 กลับ เนื่องจากเพิ่มความยุ่งยากในการออกแบบตำแหน่งของกลุ่มท่อไฟ ในแต่ละกลับ (pass) อาจกำหนดให้อยู่ข้างใต้ หรือเหนือช่องเตาก็ได้ โดยวัตถุประสงค์ของการเพิ่มจำนวนกลับเพื่อเพิ่มเนื้อที่ผิวถ่ายเทความร้อน ซึ่งจะทำให้การถ่ายเทความร้อนออกจากตำแหน่งไอเสียจากน้ำให้ได้มากที่สุดก่อนไหลออกปล่อง เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของรูปร่างโครงสร้างทำให้หม้อไอน้ำชนิดนี้มีความสามารถในการผลิตไอน้ำได้ไม่เกิน 25 บาร์ ที่อัตราการไหลไม่เกิน 29 ตัน/ชั่วโมง ส่วนใหญ่จะใช้ในการผลิตไอน้ำอิ่มตัวเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตและใช้สอยอย่างอื่น

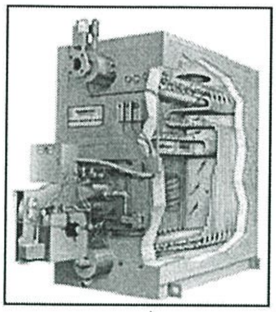


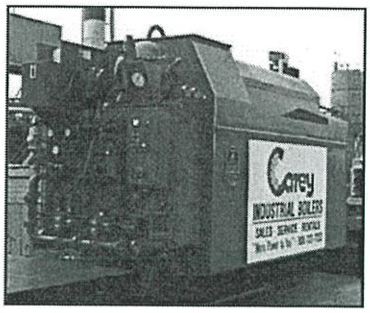
รูปที่ 2.37 หม้อไอน้ำท่อไฟ (Fire Tube Boiler)

2.2) หม้อไอน้ำท่อน้ำ (Water Tube Boiler)

ในระบบหม้อไอน้ำชนิดนี้ น้ำจะไหลเวียนอยู่ในท่อ ในขณะที่ไอเสียจากการเผาไหม้จะไหลผ่านท่อต่างๆ เหล่านี้ ทำให้ได้การถ่ายเทความร้อนจากไอเสียมาให้น้ำในท่อ ซึ่งมีการไหลเวียนโดยอาศัยความแตกต่างในค่าความหนาแน่นของน้ำที่ตำแหน่งแตกต่างกัน น้ำในท่อส่วนที่รับความร้อนก็จะลอยตัวสูงขึ้นและน้ำที่เย็นกว่าก็จะไหลมาแทนที่ ทำให้เกิดการไหลเวียนตามธรรมชาติ ในกรณีที่ต้องการไอน้ำที่มีความดันสูง อัตราการไหลสูง ลักษณะการเวียนตามธรรมชาตินี้อาจไม่เพียงพอ จึงจะเป็นต้องใช้ปั๊มช่วย ไอน้ำที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บสะสมไว้ในถังไอน้ำด้านบนสำหรับนำออกไปใช้งาน ระบบท่อน้ำที่ใช้อาจออกแบบให้มีรูปร่างหลายลักษณะ เช่น ออกแบบให้มีรูปร่างตามอักษร A D และ O เป็นต้น หรือออกแบบให้ระบบท่อบางส่วนให้เป็นส่วนหนึ่งของผนังหม้อไอน้ำ จะได้ช่วยหล่อเย็นผนังทำให้สามารถรับอุณหภูมิได้สูงขึ้นเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบอย่างหนึ่ง หม้อไอน้ำที่ใช้ในระบบผลิตกำลังมักจะเป็นแบบท่อน้ำผลิตไอดง โดยที่น้ำจะอยู่ภายในท่อและไอเสียร้อนไหลผ่านด้านนอกของท่อ ทำให้สามารถผลิตได้ไอน้ำปริมาณมากๆ ที่ความดันสูงอาจมีค่าถึง 1,800 ตัน/ชั่วโมง ที่ความดันสูงกว่าค่าความดันวิกฤตของน้ำ (>221 บาร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

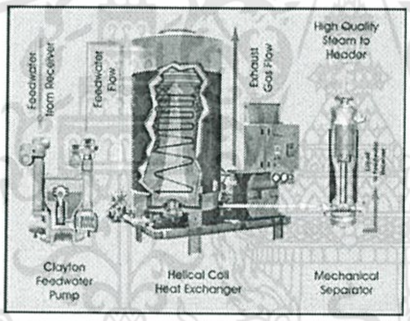




รูปที่ 2.38 หม้อไอน้ำท่อน้ำ (Water Tube Boiler)

2.3) หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านครั้งเดียวตลอด (Once-Through Boiler)

หม้อไอน้ำชนิดนี้ไม่มีถังไอน้ำ (Steam Drum) สำหรับบรรจุน้ำและไอน้ำขณะกลายเป็นไอเหมือนกับหม้อไอน้ำแบบท่อไฟหรือท่อน้ำ แต่จะประกอบด้วยหลายๆท่อ เดินขนานกันไปอยู่ในเตาหม้อไอน้ำ ความดันที่ใช้มักสูงกว่าความดันวิกฤตของน้ำ เนื่องจากที่ค่าความดันสูงนี้ปริมาณความร้อนที่ใช้จะมีค่าน้อยมาก อุณหภูมิไอน้ำที่ได้จะมีค่าประมาณ 600 องศาเซลเซียส โดยได้รับความร้อนจากเตาโดยวิธีการแผ่รังสีเป็นสำคัญ ขนาดที่ใช้กันทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กถึงขนาดที่ใช้กันในโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ โดยส่วนรวมข้อดีของหม้อไอน้ำชนิดนี้เป็นผลจากการใช้ท่อเชื่อมตลอดทำให้สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาการขยายตัวเนื่องจากการเปิด-ปิดเครื่อง ดังนั้นการเปิด-ปิดเครื่องจึงสามารถกระทำได้รวดเร็ว

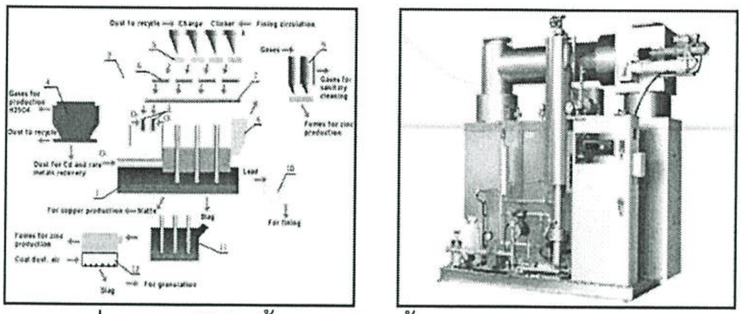


รูปที่ 2.39 หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านครั้งเดียวตลอด (Once-Through Boiler)

2.4) หม้อไอน้ำความร้อนทิ้ง (Waste-Heat Boiler)

ความร้อนที่ใช้ผลิตไอน้ำในหม้อไอน้ำชนิดนี้ ได้จากความร้อนทิ้งจากกระบวนการผลิต หรือเครื่องจักรบางอย่างเช่น ไอเสียจากเตาเผาปูนซีเมนต์ เตาอบเหล็ก เตาเผาเซรามิกส์ เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในและเครื่องกังหันก๊าซ เป็นต้น ความร้อนในไอเสียที่ได้มักจะมีอุณหภูมิสูง มักมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 500 -1,000 องศาเซลเซียส ซึ่งยังจัดว่ายังมีอะเวเลบิลิตีค่อนข้างสูง สามารถนำมาใช้ในการผลิตไอน้ำหรือน้ำร้อนเพื่อใช้ประโยชน์ได้ โดยทำให้ไอเสียดังกล่าวไหลผ่านเข้าไปในหม้อไอน้ำความร้อนทิ้ง ซึ่งโดยลักษณะโครงสร้างของมันสามารถกล่าวได้ว่าเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ (Shell-and-Tube Heat Exchanger) แบบหนึ่งนั่นเอง ทั้งนี้โดยจัดให้ไอเสียร้อนไหลในถังและน้ำไหลในท่อ ในกรณีที่ต้องการเพิ่มพิกัดความสามารถของหม้อเช่น เพิ่มอัตราการไหล หรือความดัน อาจจะใช้เตาเผาไหม้เชื้อเพลิงเสริมเข้าไปในระบบได้

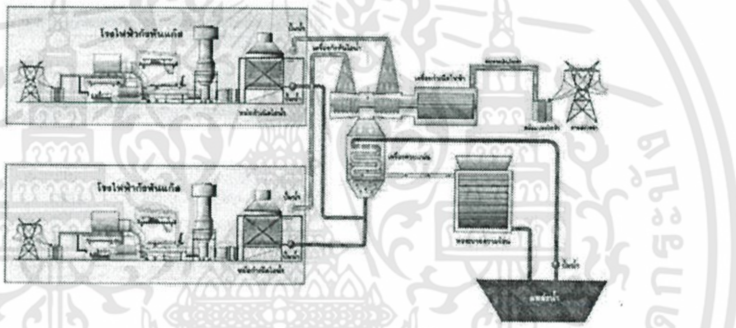
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.40 หม้อไอน้ำความร้อนทิ้ง (Waste-Heat Boiler)

3) การผลิตพลังงานร่วม หรือพลังงานความร้อนร่วม (Co-generation)

หมายถึง การใช้พลังงานจากแหล่งพลังงาน หรือเชื้อเพลิงเพียงแหล่งเดียว เพื่อการผลิตพลังงานที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พลังงานที่มักถูกผลิตร่วมกันโดยมากจะอยู่ในรูปการผลิตไฟฟ้า หรือพลังงานกลกับความร้อน โดยความร้อนที่ได้จากการผลิตพลังงานร่วมนี้ อาจอยู่ในรูปของไอน้ำ ของเหลวร้อน หรือแก๊สร้อน ซึ่งการผลิตพลังงานความร้อนร่วม สามารถจำแนกตามลำดับก่อนหลังของการผลิตไฟฟ้า และความร้อนออกได้เป็น 2 แบบ คือ การผลิตกำลังไฟฟ้านำหน้า (Topping Cycle) และ การผลิตไฟฟ้าตามหลัง(Bottoming Cycle)



รูปที่ 2.41 การผลิตพลังงานร่วม หรือพลังงานความร้อนร่วม (Co-generation)

3.1) การผลิตพลังงานร่วมแบบผลิตกำลังไฟฟ้านำหน้า (Topping Cycle)

เชื้อเพลิงจะถูกใช้ในการผลิตพลังงานกลหรือ ไฟฟ้าก่อนด้วยกังหันแก๊สหรือกังหันไอน้ำ จากนั้นจึงนำความร้อนที่ถูกปล่อยทิ้งจากการผลิตพลังงานกลหรือไฟฟ้าไปใช้ในกระบวนการผลิต ถ้าเป็นกังหันแก๊สไอเสียจากชุดกังหันแก๊ส จะถูกนำไปใช้ผลิตไอน้ำด้วย Waste Heat Boiler เพื่อส่งไปใช้ในกระบวนการผลิต แต่ถ้าเป็นกังหันไอน้ำ ไอน้ำที่ออกจากกังหันจะถูกควบคุมให้มีอุณหภูมิพอเหมาะสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง ซึ่งโดยทั่วไปมักจะนำไปใช้ในขั้นตอนการอบแห้ง การอุ่น หรือการหล่อเย็น เนื่องจากความร้อนที่ได้จากกระบวนการผลิตไฟฟ้ามักจะมีความดันหรืออุณหภูมิไม่สูงมากนัก

3.1.1) ระบบผลิตพลังงานร่วมโดยใช้กังหันไอน้ำ (Steam Turbine Cogeneration)

ระบบนี้จะประกอบไปด้วยหม้อไอน้ำสำหรับผลิตไอน้ำความดันสูง และกังหันไอน้ำแบบ Back Pressure หรือ Condensing Extraction เพื่อผลิตงานเพลาที่จะนำไปใช้หมุนเครื่องปั่นไฟ หลักการทำงานของระบบ คือ ไอน้ำความดันสูงจะขยายตัวผ่านกังหันไอน้ำเพื่อผลิตงานเพลา ซึ่งจะนำไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตไฟฟ้า ไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำเป็นไอน้ำความดันต่ำพอที่จะนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ของโรงงาน จากลักษณะการทำงานของระบบดังกล่าวถ้าผลต่างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันที่เข้า และออกของไอน้ำที่ผ่านกังหันมีค่ามาก ก็จะให้งานเพลาออกมาได้มาก ระบบนี้เหมาะสาหรับอุตสาหกรรมที่ต้องการความร้อนมาก ไฟฟ้าน้อย ซึ่งมีอัตราส่วนความต้องการความร้อนต่อไฟฟ้า (Heat to Power Ratio, H/P) ประมาณ 5-20 ประสิทธิภาพของระบบนี้อาจสูงถึง 85% เนื่องจากการสูญเสียพลังงานในกังหันไอน้ำมีส่วนช่วยเพิ่มค่าความร้อนให้กับกระบวนการ ข้อได้เปรียบสำคัญอีกประการหนึ่ง คือ สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงชนิดแข็งต่างๆ จำพวกถ่านหิน ลิกไนต์ ชานอ้อย ขยะ เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม แกลบ ปีกไม้ยางพารา ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด เหง้ามันสาปะหลัง เป็นต้นขนาดของระบบโดยทั่วไปมีตั้งแต่ 500 kWe ถึง 100 MWe

Back Pressure Turbine

เป็นเครื่องต้นกำลังที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง หลักการของ Back Pressure Steam Turbine คือ เชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้ในหม้อน้ำ เพื่อผลิตไอน้ำที่ความดันสูง (อาจสูงถึง 100 บาร์) แล้วปล่อยไอน้ำขยายตัวผ่านเครื่องกังหันไอน้ำ กังหันไอน้ำจะหมุนขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ไอน้ำที่ขยายตัวผ่านกังหันไอน้ำจะถูกปล่อยออกจากตัวกังหันและมีความดันเหลืออยู่ประมาณ 3 ถึง 20 บาร์ ไอน้ำนี้จะถูกใช้ให้พลังงานความร้อนในกระบวนการต่าง ๆ ของโรงงานต่อไป

Condensing Extraction Turbine

มีลักษณะที่แตกต่างไปจาก Back Pressure คือ ใน Condensing Extraction Turbine นั้นจะมีไอน้ำบางส่วนถูกปล่อยออกมาในช่วงกลางของกังหัน ไอน้ำที่ปล่อยออกมาระหว่างกลางนี้ จะมีความดันให้เลือกหลายขนาด ซึ่งอาจเลือกใช้ให้เหมาะกับจุดใดจุดหนึ่งของกระบวนการผลิตได้ ส่วนไอน้ำที่เหลือซึ่งออกจากกังหันไอน้ำจะถูกปล่อยให้ขยายตัวผ่านกังหันจนมีความดันต่ำ ไอน้ำที่มีความดันต่ำเหล่านี้ ยังอาจนำไปใช้กับจุด ต่าง ๆ ในขบวนการที่ต้องการไอที่ความดันต่ำได้อีกด้วย โดยกังหันแบบ Condensing Extraction Turbine นี้จะมีราคาสูงกว่ากังหันแบบ Back Pressure Turbine

3.1.2) ระบบผลิตพลังงานร่วมโดยใช้กังหันแก๊ส (Gas Turbine Cogeneration)

หลักการทำงานของระบบ คือ อากาศจะถูกดูดเข้าไปยังเครื่องอัดอากาศ เพื่อเพิ่มความดันให้ส่งก่อนผ่านเข้าห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้ามาผสมที่ห้องเผาไหม้ และเกิดการเผาไหม้ได้แก๊สร้อน แก๊สร้อนนี้จะขยายตัวผ่านเครื่องกังหันแก๊ส ทำให้กังหันหมุนได้งานเพลาตามปกติ3/4 ของงานเพลาที่กังหันแก๊สผลิตได้จะถูกส่งไปขับเครื่องอัดอากาศ ส่วนที่เหลือจึงจะเป็นงานเพลาสุทธิที่ใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไอเสียจากระบบที่มีอุณหภูมิประมาณ 450 ถึง 550 องศาเซลเซียสจะถูกผ่านเข้าไปใน Waste Heat Boiler ใช้ผลิตไอน้ำหรือน้ำร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต โดยทั่วไปอัตราส่วนความต้องการความร้อนต่อไฟฟ้าของระบบจะมีค่าอยู่ระหว่าง 2-5 แต่ถ้าใช้อุปกรณ์เสริมบางอย่าง เช่น Supplement Firing System จะช่วยเพิ่มพลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ หรือระบบ By-Pass Valve เพื่อระบายไอเสียบางส่วนทิ้งในกรณีที่ต้องการลดปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ดังนั้นจะทำให้สามารถเดินเครื่องทำงานที่ค่าอัตราส่วนความต้องการความร้อนต่อไฟฟ้ากว้างขวางมากขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากโดยเฉพาะในช่วงความต้องการสูงสุด (Peak Load) แม้ว่าค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบจะลดลงไปบ้างสำหรับระบบที่มีขนาดตั้งแต่ 3.5 MW ขึ้นไป จะมีความได้เปรียบระบบอื่นอยู่หลายประการ เช่น

ราคาติดตั้งต่อ kWe ถูกกว่า สั่งซื้อและติดตั้งได้เร็วกว่าไม่ต้องใช้น้ำเย็นหล่อเย็น อีกทั้งค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบจัดได้ว่าทัดเทียมกับระบบผลิตพลังงานร่วมโดยใช้กังหันไอน้ำที่กล่าวมาแล้ว เนื่องจากแก๊สร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะต้องผ่านเข้าไปในตัวกังหันแก๊ส ดังนั้น เชื้อเพลิงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้จะต้องเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาด ทั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดดังกล่าว จึงได้มีการศึกษาถึงการใช้ Indirectly Fired Turbine ซึ่งในระบบนี้แก๊สร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะไม่ผ่านเข้าตัวกังหันโดยตรง แต่จะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่เข้าไปในตัวกังหันอีกต่อหนึ่ง ขนาดของระบบที่ผลิตขาย โดยทั่วไป มักจะเริ่มตั้งแต่ 1 MWe ขึ้นไป โดยมีราคาติดตั้งเฉลี่ยประมาณ 1 ล้าน USD ต่อ 1 MWe สำหรับเครื่องขนาดเล็กราคาจะแพงขึ้น และในทางตรงข้ามถ้าขนาดใหญ่ ๆ ราคาต่อ MWe ก็จะถูกลง ระบบนี้มีทั้งชนิดที่เป็น Spark-Ignition (S.I) และ Compression Ignition (C.I) Engines ชนิดที่เป็น S.I มักใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งต่างจากชนิด C.I ซึ่งเน้นการใช้ที่น้ำมันเตาเป็นหลักเนื่องจากราคาถูก ความเร็วรอบของการทำงานมีตั้งแต่ 1,000 จนถึง 500 รอบต่อนาทีและต่ำกว่า นอกจากตัวเครื่องยนต์แล้ว ระบบยังประกอบด้วย ระบบน้ำหล่อเย็น เสื้อสูบ และน้ำมันหล่อลื่น กับ Waste Heat Boiler ที่ใช้แปลงพลังงานในไอเสียให้เป็นไอน้ำหรือน้ำร้อนไปใช้ในกระบวนการได้ โดยพลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์สันดาปภายใน มี 2 ลักษณะ คือ

1. อยู่ในรูปของไอเสีย ซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 310-430 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจใช้ในการผลิตไอน้ำ โดยใช้ Waste Heat Boiler ได้ ปริมาณความร้อนที่มีอยู่ในไอเสียนี้จะมีค่าประมาณ 50 % ของความร้อนที่เครื่องยนต์จะปล่อยออกมาทั้งหมด

2. ปริมาณความร้อนที่เหลือเป็นพลังงานความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ อยู่ในรูปของระบบน้ำระบายความร้อน ระบบน้ำมันหล่อลื่นและระบบลมระบายความร้อน พลังงานความร้อนเหล่านี้เป็นพลังงานที่มีอุณหภูมิต่ำ ไม่อาจใช้ในขบวนการผลิตได้ แต่ระบบน้ำระบายความร้อนอาจจะใช้ในการอุ่นน้ำป้อนหรือใช้เป็นน้ำป้อนของระบบ ซึ่งในกรณีนี้จะต้องมีระบบน้ำหล่อเย็นสำรองไว้ใช้ในกรณีฉุกเฉินด้วย

3.2) การผลิตพลังงานร่วมแบบผลิตกำลังไฟฟ้าตามหลัง (Bottoming Cycle)

เชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนแก่กระบวนการผลิตก่อน เช่น เตาเผาปูนซีเมนต์ เตาหลอมแก้ว เตาหลอมเหล็ก จากนั้นจึงนำแก๊สร้อนที่ปล่อยออกจากเตาซึ่งยังมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง ไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันแก๊ส หรือกังหันไอน้ำต่อไป โดยระบบนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยมเท่าการผลิตพลังงานร่วมแบบผลิตกำลังไฟฟ้านำหน้า เพราะ อุตสาหกรรมทั่วไปใช้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิไม่สูงมากนัก ประกอบกับระบบผลิตพลังงานร่วมแบบผลิตกำลังไฟฟ้านำหน้ามักให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ดีกว่า และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบนี้ได้รับการพัฒนามาแล้วเป็นอย่างดี

2.2.4.2 การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Gasification)

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้อยู่ในรูปของก๊าซเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการทางความร้อน (Thermal Conversion) หรือ เรียกว่า Producer gas ซึ่งมีองค์ประกอบของก๊าซที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไฮโดรเจน (H2) และก๊าซมีเทน(CH4) ซึ่งกระบวนการเกิดปฏิกิริยาสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นตอนการอบแห้ง (Drying Zone) บริเวณนี้ไอน้ำที่แทรกตัวอยู่ในเชื้อเพลิงจะโดนไล่ออกด้วยความร้อนที่มาจากโซนการเผาไหม้ของเตาปฏิกรณ์

2. ขั้นตอนการกลั่นสลาย (Pyrolysis Zone) เป็นขั้นตอนแรกของการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล โดยอาศัยความร้อนจากโซนการเผาไหม้ ทำให้สารประกอบอินทรีย์ในเชื้อเพลิงชีวมวลจะแตกตัวออกอยู่ในรูปของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

3. ขั้นตอนการเผาไหม้ (Combustion Zone) เป็นขั้นตอนการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลที่มี

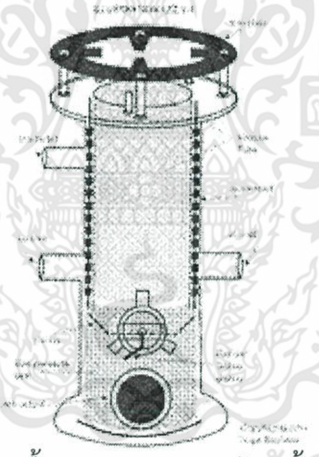
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเผา โดยจ่ายอากาศเข้าไปในเตาปฏิกรณ์ ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงแข็งที่มาจากขั้นตอนการกลั่นสลาย เพื่อให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และโมเลกุลของน้ำ (H_2O)

4. ขั้นตอนรีดักชั่น (Reduction Zone) เป็นขั้นตอนปฏิกิริยาการก่อเกิดก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวล ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สองของการเผาไหม้แบบจำกัดอากาศ ซึ่งจะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2)

1) ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

1.1) เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบอากาศไหลขึ้น (Updraft gasifier) เป็นเตาผลิตก๊าซที่ใช้ตั้งแต่แรกเริ่ม และเป็นแบบที่ง่ายที่สุด เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าทางด้านบนของเตาและอากาศถูกส่งผ่านตะแกรงเข้ามาทางด้านล่างเหนือตะแกรงขึ้นไป จะมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงบริเวณนี้ เรียกว่า บริเวณเผาไหม้ เมื่อมีอากาศผ่านเข้าไปในบริเวณเผาไหม้ จะเกิดปฏิกิริยาขึ้น ได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ก๊าซที่ผ่านออกมาจากบริเวณเผาไหม้จะมีอุณหภูมิสูงและจะเข้าไปยังบริเวณรีดักชัน ที่บริเวณนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ จะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน หลังจากนั้นก๊าซที่ได้จะไหลเข้าสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในชั้นของชีวมวล และกลั่นสลายในช่วงอุณหภูมิ 200 – 500 องศาเซลเซียส ต่อจากนั้น ก๊าซก็จะไหลเข้าสู่ชั้นของชีวมวลที่ชื้น เนื่องจาก ก๊าซยังมีอุณหภูมิสูงอยู่ จึงไประเหยน้ำที่อยู่ในชีวมวลเหล่านั้น ทำให้ก๊าซที่ออกจากเตาผลิตก๊าซมีอุณหภูมิต่ำลง

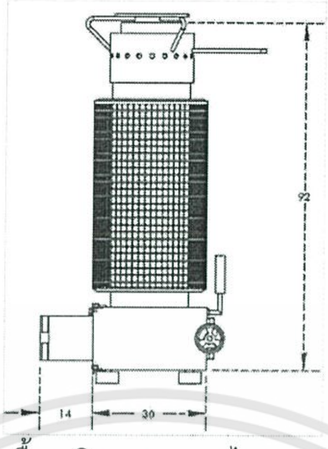


รูปที่ 2.42 เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบอากาศไหลขึ้น (Updraft gasifier)

1.2) เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบอากาศไหลลง (Downdraft Gasifier) เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบนี้ ได้เคยใช้งานตั้งแต่สมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 และยังคงใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เตาผลิตก๊าซแบบไหลลงนี้ ออกแบบมาเพื่อขจัดน้ำมันดินในเชื้อเพลิงโดยเฉพาะ อากาศจะถูกดูดผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่างโดยผ่านกลุ่มของหัวฉีด (nozzle) ที่เรียกว่า tuyers บริเวณหัวฉีดจะเป็นบริเวณเผาไหม้จะถูกรีดิวซ์ (reduce) ในขณะที่ไหลลงสู่ด้านล่างผ่านชั้นของคาร์บอนร้อนที่อยู่เหนือตะแกรงเล็กน้อย ในขณะเดียวกันชั้นของชีวมวลที่อยู่ทางด้านบนบริเวณเผาไหม้ เนื่องจากมีปริมาณของออกซิเจนน้อยมากจะเกิดการกลั่นสลาย แต่ไอน้ำมันดินที่เกิดจากการกลั่นสลายก็จะไหลผ่านชั้นคาร์บอนร้อน จึงทำให้น้ำมันดินเกิดการแตกตัวเป็นก๊าซ ซึ่งก๊าซที่ผ่านบริเวณเผาไหม้ในเตาแบบนี้ จะมีส่วนประกอบของน้ำมันดินลดลงเหลือน้อยกว่า 10% ของน้ำมันดินที่ได้จากเตาแบบก๊าซไหลขึ้น และก๊าซที่ได้สะอาดกว่า เนื่องจากความเร็วก๊าซ เชื้อเพลิงที่ได้มีความเร็วต่ำและเถ้าอยู่บริเวณตะแกรง ดังนั้นจึงมีปริมาณเถ้าน้อยมากที่ติดออกมาพร้อมกับก๊าซเชื้อเพลิง เตาผลิตก๊าซแบบก๊าซไหล

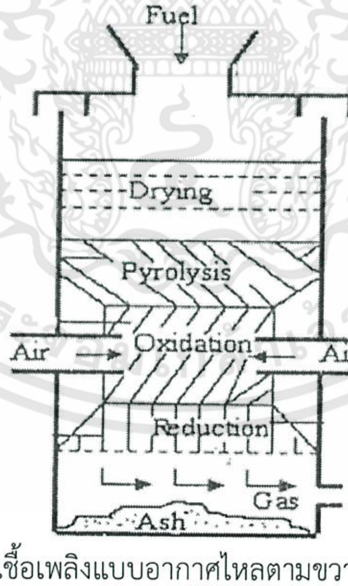
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงจะใช้ได้ไม่ดีกับเชื้อเพลิงที่มีเถ้าอยู่มาก เพราะเถ้าจะเกิดสะสมและขวางการเผาไหม้ ทำให้อัตราการเผาไหม้ช้าลงและเกิดการสูญเสียความดันภายในเตามากขึ้น



รูปที่ 2.43 เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบอากาศไหลลง (Downdraft Gasifier)

1.3) เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบอากาศไหลตามขวาง (Crossdraft gasifier) อากาศจะถูกดูดผ่านหัวฉีดที่อยู่ในแนวราบ ส่วนบริเวณเผาไหม้จะอยู่ถัดจากหัวฉีดออกไป และถัดออกไปอีกจะเป็นบริเวณ reduction ก๊าซที่ออกจากบริเวณรีดักชันแล้วจะเป็นบริเวณสลายน้ำมัน และน้ำมันดินที่ได้จากบริเวณการกลั่นสลายนี้ จะผ่านบริเวณรีดักชันก่อนที่จะออกสู่ภายนอก ทำให้น้ำมันดินเกิดการแตกตัวเป็นก๊าซก่อนที่จะออกสู่ภายนอก ทำให้ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้มีปริมาณน้ำมันดินต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิภายในเตาแบบก๊าซไหลขวางสูงมาก รูอากาศเข้าเตาและตะแกรงต้องใช้วัสดุทนความร้อนได้ดี หรือมีการหล่อเย็นที่ดี เตาแบบนี้ได้รับการออกแบบให้ใช้กับยานพาหนะโดยเฉพาะ เนื่องจากมีผลตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของภาระ (load) ที่ใช้อยู่

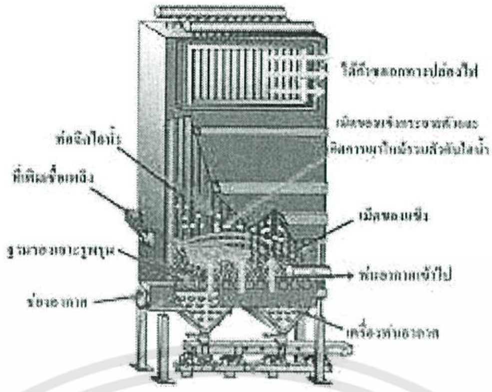


รูปที่ 2.44 เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบอากาศไหลตามขวาง (Crossdraft gasifier)

1.4) เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed gasifier) จากเตาทั้ง 3 แบบที่ได้กล่าวมาข้างต้น การทำงานจะขึ้นกับคุณสมบัติทางเคมี และทางฟิสิกส์ของเชื้อเพลิงเป็นอย่างมาก และปัญหาที่มักพบบ่อย คือ การหลอมตัวของเถ้าชีวมวล (Slag) และความดันตกมากเกินไปเมื่อก๊าซผ่านเตา ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวเตาผลิตก๊าซแบบฟลูอิดไดซ์เบดจึงได้รับการออกแบบขึ้นมา ในเตาผลิตก๊าซแบบนี้อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิงแข็งเมื่อเพิ่มความเร็วอากาศถึงขั้นหนึ่ง ชั้นเชื้อเพลิงที่วางอยู่จะเริ่มลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายของไหลในตอนเริ่มติดเตาฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

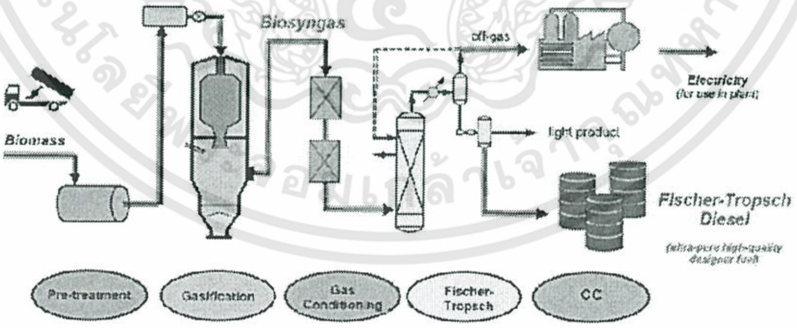
หรือ เบด (bed) จะได้รับความร้อนจากภายนอกจนอุณหภูมิสูงขึ้นถึงจุดติดไฟของเชื้อเพลิง หลังจากนั้นเชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ การเผาไหม้ก็จะเกิดขึ้นทั่วบริเวณเตา



รูปที่ 2.45 เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed gasifier)

2.2.4.3 เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวล (Bio-Oil)

การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวล เป็นเทคโนโลยีรูปแบบใหม่ที่ใช้ในการแปรสภาพชีวมวลให้เป็นเชื้อเพลิงเหลวที่มีคุณสมบัติคล้ายกับน้ำมันดิบ ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวนั้นกระทำได้โดยการนำชีวมวล เช่น ไม้ มาผ่านกระบวนการความร้อนเคมีเพื่อแยกสลายสารประกอบอินทรีย์ในเชื้อเพลิงออกโดยใช้เวลาสั้นที่สุด เรียกกระบวนการนี้ว่า Fast Pyrolysis จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในชีวมวล กลายเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดิบ อย่างไรก็ตามน้ำมันที่ผลิตได้จะต้องผ่านกระบวนการกลั่นและกำจัดสารพิษอีกครั้งหนึ่งจึงจะสามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้ โดยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวล (Bio-Oil) นั้น ในปัจจุบันต่างประเทศได้มีการจำหน่ายเครื่องจักรสำหรับผลิตเชื้อเพลิงเป็นการพาณิชย์แล้ว สำหรับในประเทศไทยอยู่ระหว่างการศึกษาวิจัย ซึ่งจะทำควบคู่ไปกับแผนการปลูกไม้โตเร็วเพื่อให้มีเชื้อเพลิงเพียงพอในอนาคต



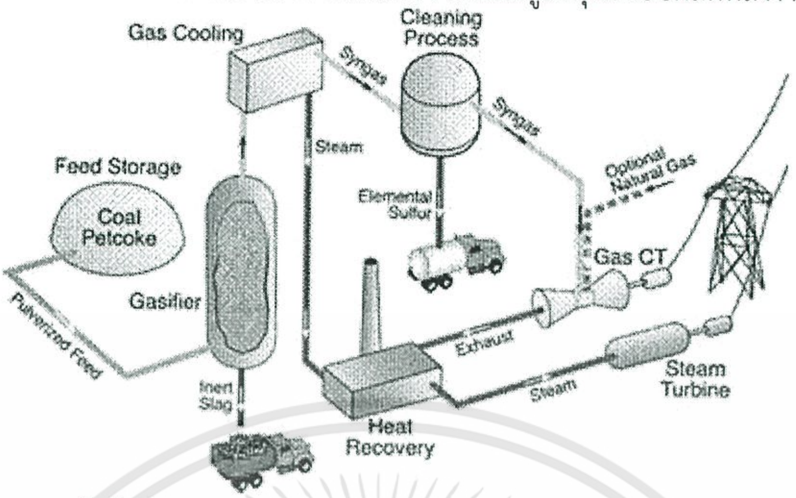
รูปที่ 2.46 เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวล (Bio-Oil)

2.2.4.4 เทคโนโลยี Biomass Integrated Gasification Combine Cycle (BIGCC)

เทคโนโลยี BIGCC เป็นเทคโนโลยีที่วิจัยพัฒนาต่อยอดมาจากเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวล โดยการนำชีวมวลมาผ่านกระบวนการ Gasification ให้ได้ก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวล แล้วนำก๊าซที่ได้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในระบบกังหันก๊าซ (Gas Turbine) และสามารถนำความร้อนที่ได้ไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันไอน้ำได้อีก ระบบผลิตพลังงานแบบนี้จะมีประสิทธิภาพการผลิตพลังงานในระดับที่ค่อนข้างสูง (ประสิทธิภาพในปัจจุบัน 30% และอยู่ในการวิจัยพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

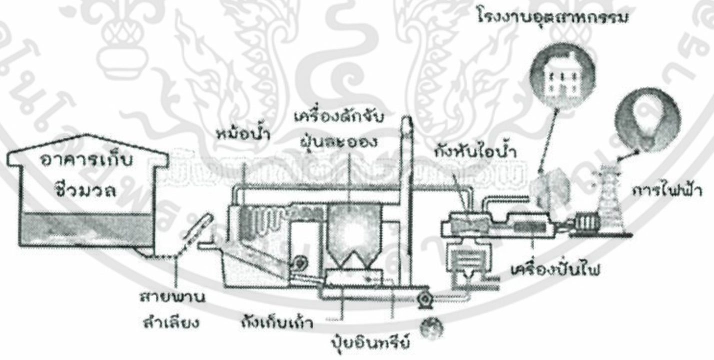
ระบบให้สูงขึ้นได้ถึง 50%) แต่เนื่องจากต้นทุนของเทคโนโลยีมีราคาที่ค่อนข้างสูง และต้องนำเข้าอุปกรณ์จากต่างประเทศเกือบทั้งหมดในประเทศไทยจึงยังไม่มีผู้ลงทุนระบบผลิตพลังงานชนิดนี้



รูปที่ 2.47 เทคโนโลยี Biomass Integrated Gasification Combine Cycle (BIGCC)

2.2.4.5 เทคโนโลยีการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากชีวมวล

ก๊าซไฮโดรเจน เป็นเทคโนโลยีพลังงานรูปแบบใหม่ที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเนื่องจากได้ผลผลิต คือ พลังงานและน้ำ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำไฮโดรเจนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแล้วในต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา สำหรับในประเทศไทยมีการวิจัย พัฒนา และสาธิตการใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ รถสามล้อ เป็นต้น การผลิตไฮโดรเจนจากชีวมวล ทำได้โดยกระบวนการ Gasification แต่จะออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ให้เน้นไฮโดรเจนเป็นผลผลิตหลัก และนำมาผ่านกระบวนการสกัดไฮโดรเจนออกจากก๊าซชีวมวลอีกครั้งหนึ่ง การผลิตไฮโดรเจนจากชีวมวลในปัจจุบันมีต้นทุนที่ค่อนข้างสูงมาก แต่อย่างไรก็ตามในอนาคตเมื่อมีการวิจัยและพัฒนาเพิ่มขึ้น อาจทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงและมีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากขึ้น [7]



รูปที่ 2.48 เทคโนโลยีการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากชีวมวล

ชีวมวลนั้นนอกจากจะเป็นแหล่งพลังงานที่มีประสิทธิภาพแล้ว การเลือกใช้พลังงานจากชีวมวลนั้นยังไม่ส่งผลร้านต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดมลพิษเหมือนกับเชื้อเพลิงจากฟอสซิลอีกด้วย ซึ่งนับเป็นข้อดีที่มีความน่าสนใจมากในโลกยุคปัจจุบัน เพราะการปกป้องรักษาสิ่งแวดล้อมในทุกวันนี้นั้น นับว่าเป็นประเด็นที่ถูกยกระดับความสำคัญขึ้นมาเป็นอันดับต้นๆทีเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ประโยชน์จากการใช้พลังงานชีวมวล

2.2.5.1 ประโยชน์ทั่วไป

1) การไม่นำชีวมวลมาใช้ โดยปล่อยให้ย่อยสลายไปตามธรรมชาติ เช่นมูลสัตว์ จะเกิดก๊าซมีเทนซึ่งถือว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่ง และมีอันตรายกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์ 21 เท่า

2) ชีวมวลจะมีกำมะถัน หรือซัลเฟอร์ ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ดั้งนั้นการนำชีวมวลมาเผาไหม้ จะไม่สร้างปัญหาเรื่องฝนกรด (น้ำมันเตามีปริมาณกำมะถันประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถ่านหินมีปริมาณกำมะถันประมาณ 0.3-3.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของถ่านหิน)

3) ขี้เถ้าของชีวมวลมีสภาพเป็นด่าง ดังนั้นเหมาะสมที่จะนำไปเพาะปลูก หรือปรับสภาพดินที่เป็นกรดแต่ขี้เถ้าจาการเผาถ่านหินจะมีสารโลหะหนักปะปนอยู่ ดังนั้นต้องนำไปฝังกลบอย่างถูกวิธีเช่นมีผ้ายางรองรับด้านล่าง

4) ช่วยลดภาระในการกำจัดเช่น นำไปฝังกลบ และเผาทิ้ง เป็นต้น [6]

2.2.5.2 ภาวะโลกร้อน

ในปัจจุบันทั่วโลกมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบอันตรายของสภาพอากาศของโลก โดยสาเหตุสำคัญส่วนหนึ่งมาจากการเผาไหม้ เพราะว่าการเผาไหม้สสารทุกชนิดจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์ซึ่งล่องลอยไปในอากาศและห่อหุ้มโลกไว้เมื่อแสงอาทิตย์ส่องลงมายังโลก รังสีบางส่วนไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปได้ทำให้โลกร้อนขึ้น จากการประมาณในปี 2000 มีการคาดการณ์ว่าในทุกๆปี จะมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศมากกว่า 2ล้านเมตริกตันถ้าแนวโน้มเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ อาจเกิดภัยธรรมชาติอันร้ายแรง เช่น ปริมาณน้ำฝนมากผิดปกติ ซึ่งทำให้เกิดน้ำท่วม และความแห้งแล้งผิดสมดุลทั่วไป แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์ที่เกิดจากการเผาชีวมวลจะถูกหมุนเวียนกลับไปใช้โดยพืชเพื่อสังเคราะห์แสง ดั้งนั้นการเผาชีวมวลไม่ถือว่าก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

2.2.5.3 การลดลงของปริมาณน้ำมัน

ทรัพยากรป่าไม้และถ่านหินเคยอุดมสมบูรณ์และพอเพียงต่อความต้องการพลังงาน อย่างไรก็ตามมนุษย์ได้ใช้เกินกว่าที่จำเป็นเพื่อผลิตพลังงานและเทคโนโลยีปริมาณน้ำมันสำรองของโลกมีค่าประมาณ 2000 พันล้านบาร์เรล ความต้องการบริโภคน้ำมันของโลกต่อวันเท่ากับ 71.7ล้านบาร์เรล ซึ่งประมาณได้ว่า 1000ล้านบาร์เรลนั้นได้ถูกใช้ไปแล้ว และยังคงเหลืออยู่แค่ 1000 ล้านบาร์เรลเท่านั้น หากเมื่อใดที่ราคาของปิโตรเลียมได้ทะยานสูงขึ้นอาจจะส่งผลทำให้เศรษฐกิจทรุดลงถ้าผู้คนไม่เปลี่ยนไปใช้พลังงานอื่นแทน การใช้สารชีวมวลจะทำให้ยืดอายุของปริมาณน้ำมันสำรอง เป็นหนึ่งในวิธีการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งสะท้อนให้เห็นประโยชน์ของการใช้สารชีวมวลได้อย่างเด่นชัด

2.2.5.4 ยกระดับคุณภาพชีวิต

เมื่อการเกษตรมีบทบาทสำคัญในระบบเศรษฐกิจ ดังนั้นการเกษตรที่ยงยืนจึงจำเป็นต่อการยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรและรายได้ การศึกษาเป็นเรื่องสำคัญ เมื่อความรู้ของผู้คนในชนบทนั้นไม่สูงมาก จึงจำเป็นที่จะต้องให้ข้อมูลที่เหมาะสมและเทคโนโลยีแก่เกษตรกร เพื่อให้เข้าใจในการใช้สารชีวมวลที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.5 เพิ่มรายได้ให้เกษตรกร

สองประการหลักที่จะช่วยเกษตรกร (The Japan Institute of Energy, 2007) หนึ่งคือช่วยเหลือทางพลังงาน เพื่อที่จะได้เข้าถึงเชื้อเพลิงที่เป็นประโยชน์ ในประเทศไทย มีการผลิตไบโอมีเทนเพื่อใช้ในครัวเรือนของเกษตรกรแทนที่จะต้องซื้อโพรเพน นับว่าเป็นการเกษตรที่ยั่งยืนเนื่องจากลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล อีกทั้งยังส่งผลดีทางการเงิน เมื่อเกษตรกรปลูกพืชเพื่อผลิตเป็นเอทานอลและขายในราคาที่สูงขึ้น ดังนั้นเกษตรกรจะนำเงินที่ได้ไปจ่ายค่าไฟฟ้า และในขณะเดียวกันคนที่ใช้เอทานอลนั้นก็ได้รับประโยชน์ เพราะมีแหล่งทรัพยากรสำหรับเอทานอลที่มั่นคงรองรับอยู่ ระบบนี้ถือเป็นการกระจายรายได้ให้แก่ชุมชนอย่างทั่วถึง

2.2.5.6 ความมั่นคงทางพลังงาน

ในระบบเศรษฐกิจของทุกประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่พัฒนาแล้วบางประเทศขึ้นกับปริมาณความมั่นคงของพลังงาน ความมั่นคงทางพลังงานหมายถึงความสอดคล้องกันของความเพียงพอพลังงานที่มีอยู่ในรูปแบบต่างที่สามารถซื้อได้ ซึ่งเงื่อนไขเหล่านี้ ต้องทนทานในระยะยาว เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน การให้ความสนใจในความมั่นคงของพลังงานนั้นเป็นเรื่องสำคัญเพราะโลกต้องพึ่งพาทรัพยากรน้ำมันซึ่งกระจายตัวในจุดต่างๆไม่เท่ากัน แหล่งพลังงานของโลกกำลังอยู่ในความเสี่ยงเนื่องจากความต้องการน้ำมันเพิ่มมากขึ้น สารชีวมวลเป็นสารที่หาได้ง่ายในประเทศซึ่งไม่มีราคาโลกผันผวนหรือปริมาณที่หมดไปเหมือนน้ำมันที่ตองสั่งซื้อจากต่างประเทศอีกทั้งชีวมวลยังเป็นทรัพยากรในการผลิตพลังงานที่มีปริมาณเป็นอันดับที่สี่ของโลกรองจากถ่านหินปิโตรเลียม และก๊าซธรรมชาติซึ่งสามรถให้พลังงานเท่ากับ 14% ของการต้องการพลังงานขั้นต้นของโลก ดังนั้นจึงสามารถมั่นใจได้ว่าชีวมวลจะสามารถทดแทนการใช้น้ำมันได้

2.2.5.7 สกุลเงินต่างชาติ

นับเป็นโอกาสที่ดีในการพัฒนาประเทศเพื่อส่งออกพลังงานชีวมวล ในกรณีของการผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยนั้น มีอัตราการผลิตเพื่อเป็นอาหารและเอทานอลนสมดุลกันในเวลานี้ แต่ในอนาคตปริมาณการผลิตมันสำปะหลังนั้นอาจมีปริมาณมากขึ้นเพื่อเพิ่มอัตราการผลิตเอทานอล หากประเทสไทยสามารถพัฒนาศักยภาพชีวมวลจนมีประสิทธิภาพสูงได้ ก็จะส่งผลทำให้ต่างประเทศต้องหันมาพึ่งชีวมวลของไทยเนื่องจากน้ำมันมีราคาสูงเกินไป จนเกิดการไหลเข้าของเม็ดเงินเป็นจำนวนมาก [9]

ในงานวิจัยนี้ทางคณะผู้จัดทำจะใช้ชีวมวลทำให้เกิดเป็นพลังงานด้วยวิธีการเผาไหม้และจะตรวจวัดค่าพลังงานจากตัวอย่างวิจัยในรูปแบบของค่าความร้อน ซึ่งเราสามารถอธิบายถึงการเผาไหม้และค่าความร้อนได้ดังนี้

2.3 การเผาไหม้และค่าความร้อน

2.3.1 การเผาไหม้

การเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนร่วมการเกิดความร้อนสูงและแสง เป็นปรากฏการณ์ที่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยา เมื่อใช้สารชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีความร้อนเกิดขึ้นโดยคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ ที่เผาไหม้ได้และไนโตรเจนซึ่งอยู่ในสารชีวมวลทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเรียกว่าการเผาไหม้ กระบวนการเผาไหม้เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาในเฟสก๊าซ ปฏิกิริยาบนพื้นที่ผิวหรือทั้งคู่ตามด้วนกระบวนการหลอมเหลว การระเหยและไพโรไลซิส โดยในปฏิกิริยาการเผาไหม้จริงเกิดปรากฏการณ์หลายอย่างที่ทับซ้อนเช่น การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระเหย การแพร่ การผสม การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสี และการเกิดเปลวไฟที่อุณหภูมิสูง เชื้อเพลิงเผาโดยตรงในเฟสก๊าซในการการเผาไหมเป็นแบบเปลวไฟชนิดผสมมาก่อน (Premix combustion) และการเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงแพร่กระจาย (Diffuse combustion) เชื้อเพลิงของเหลวจะถูกเผาเหมือนเป็นก๊าซเผาไหม้ได้ในเฟสก๊าซหลังจากการระเหยที่พื้นผิวซึ่งเรียกว่าการเผาแบบระเหย น้ำมันจะถูกเผาในการเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงระเหย (Evaporation combustion) แต่การเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงสลายตัว (Decomposition combustion) ยังดำเนินต่อไปซึ่งจะสลายเชื้อเพลิงบางส่วนโดยความร้อนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา

2.3.1.1 รูปแบบของการเผาไหม้

รูปแบบการเผาไหม้ของการเผาไหม้สารชีวมวลโดยตรงซึ่งเป็นของแข็งนั้นได้แก่ การเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงระเหย (Evaporation combustion) การเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงสลายตัว (Decomposition combustion) การเผาไหม้ที่พื้นผิว (Surface combustion) การเผาไหม้แบบช้าๆที่ไม่มีไฟแต่มีควัน (Smoldering combustion) ในการเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงระเหยนั้น เชื้อเพลิงจะประกอบด้วยสารประกอบพื้นฐานซึ่งโครงสร้างโมเลกุลจะมีจุดหลอมเหลวต่ำและระเหยได้ โดยการให้ความร้อนและทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในเฟสก๊าซและเกิดการเผาไหม้ ในการเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงสลายตัว ก๊าซที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวโดยการให้ความร้อน (H2 CO CmHn H2O และ CO2) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในเฟสก๊าซ และเกิดเปลวไฟและเกิดการเผาไหม้ โดยปกติชาร์นั้นจะเหลือหลังจากการเผาไหม้ชนิดนี้และถูกเผาด้วยการเผาไหม้ที่พื้นผิว การเผาไหม้ที่พื้นผิว เกิดในกรณีของสารองค์ประกอบประกอบด้วยคาร์บอนที่มีสารระเหยได้สะสมอยู่เล็กน้อยเท่านั้น เช่น ถ่านหิน ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์หรือไอน้ำ จะแพร่เข้าไปในรูที่มีอยู่ในพื้นผิวของของแข็งของสารนั้นและเกิดเผาไหม้โดยปฏิกิริยาที่พื้นผิว การเผาไหม้ช้าๆแบบไม่มีไฟแต่มีควันนั้นเป็นปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดไฟติดของสารระเหยของเชื้อเพลิงที่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้นั้นเช่น ไม้ ถ้าการติดไฟทำให้เกิดควันหรืออุณหภูมินั้นเกินกว่าจุดติดไฟการเผาไหม้การเผาไหม้ที่มีไฟจะเกิดขึ้น รูปแบบการเผาไหม้หลักในการเผาไหม้ของสารชีมวลโดยตรงในอุตสาหกรรมนั้น ได้แก่ การเผาแบบเชื้อเพลิงสลายตัวและการเผาไหม้ที่พื้นผิว

2.3.1.2 วิธีของการเผาไหม้

ในอุตสาหกรรมการเผาไหม้ อากาศส่วนเกินถูกเติมเข้าไปปริมาณหนึ่งเพิ่มจากปริมาณอากาศทางทฤษฎีที่ต้องใช้ในการเผาไหม้ของสารชีวมวล ถ้าอัตราการเติมอากาศส่วนเกินสูงเกินไปจะทำให้อุณหภูมิในการเผาไหม้ลดต่ำลงและประสิทธิ ภาพในการเผาไหม้ลดต่ำลงด้วย ดังนั้นวิธีในการเผาสารชีวมวลถูกนำมาใช้ ได้แก่ การเผาไหม้แบบตะกรับ (แบบนิ่งและแบบเคลื่อนไหว)(Fixed grate, moving grate) การเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed combustion) การเผาไหม้แบบเตาฮาร์ทแบบหมุน (Rotary hearth furnace combustion) การเผาไหม้แบบเตาเผา (Burner combustion)

2.3.1.3 การประยุกต์ใช้

การเผาไหม้ของสารชีวมวลเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดเพื่อที่จะได้พลังงานออกมาและถูกใช้อย่างกว้างขวางเพราะเทคโนโลยีของเชื้อเพลิงฟอสซิลสามารถใช้ประยุกต์ได้ เนื่องจากการเกิดขึ้นของ NOx SOx HCl และไดออกซินต่ำซึ่งเป็นข้อดีของการเผาไหม้สารชีวมวลและความสามารถในการเกิดเปลวไฟนั้นยอดเยี่ยมความร้อนของการเผาไหม้นั้นถูกนำไปใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าและการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนโดยกู้ความร้อนคืนผ่านการถ่ายเทความร้อนของตัวกลางเช่นไอน้ำและน้ำร้อนโดยใช้บอยเลอร์ และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ในส่วนของปริมาณของความร้อนที่สามารถนำไปใช้ได้และศูนย์กลางของพลังงานในแหล่งอุตสาหกรรมที่มีใช้เชื้อเพลิงที่ผลิตพลังงานร่วม 2 รูปแบบได้แก่พลังงานไฟฟ้า(กระแสไฟฟ้าและพลังงานความร้อน เช่น เศษไม้และของเสียทางการเกษตรซึ่งใช้อย่างกว้างขวาง โรงไฟฟ้าและโรงงานที่นำความร้อนไปใช้เป็นประโยชน์โดยไม่ได้คำนึงถึงขนาดใช้เปลือกข้าว ชานอ้อย เศษไม้ เศษปาล์มน้ำมัน และมูลไก่ มาเป็นเชื้อเพลิง [9]

2.3.2 ค่าความร้อน

ค่าความร้อนมีหน่วยวัดมากมายหลายแบบแล้วแต่มาตรฐานของประเทศนั้นๆ ในส่วนของประเทศไทยไม่มีหน่วยวัดมาตรฐานที่แน่ชัด แต่ที่ใช้มีอยู่ 4 ชนิดคือ

1. แคลอรี่(Calorie)และกิโลแคลอรี่
2. บีทียู(British Thermal Unit-BTU)
3. จูล(Joule) กิโลจูล และเมกะจูล
4. กิโลวัตต์-ชั่วโมง(Kilowatt-hour)

ส่วนน้ำหนักจะแสดงอยู่ในรูปของกิโลกรัมเป็นส่วนใหญ่เช่น กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม(kcal/kg) และ กิโลจูลต่อกิโลกรัม(kJ/kg) เป็นต้น ค่าความร้อนต่อน้ำหนักจะถูกแสดงอยู่ใน 3 รูปแบบ ดังนี้

2.3.2.1 ค่าความร้อนต่ำ(Lower Heating Value - LHV)

หมายถึง การนำชีวมวลหนัก 1 กิโลกรัม และมีความชื้นตามปกติ (As received basis) มาหาค่าความร้อนตามมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์เช่น Bomb Calorie Meter เป็นต้น

2.3.2.2 ค่าความร้อนสูง(Higher Heating Value - HHV)

หมายถึง การนำชีวมวลหนัก 1 กิโลกรัม มาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นนำมาหาค่าความร้อน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนต่ำดังนี้

$$HHV=LHV+5.72(9H+M) \quad kcal/kg$$ หรือ

$$HHV=LHV+23.95(9H+M) \quad kJ/kg$$

เมื่อ H เท่ากับปริมาณเปอร์เซนต์ของธาตุไฮโดรเจนในชีวมวล และ
เมื่อ M เท่ากับปริมาณเปอร์เซนต์ของความชื้นในชีวมวล

2.3.2.3 ค่าความร้อนแห้ง(Dry Heating Value)

หมายถึง การนำชีวมวลจำนวนหนึ่งมาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นแบ่งมา 1 กิโลกรัม เพื่อนำมาหาค่าความร้อน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนสูง ดังนี้

$$Dry\ Heating\ Value=HHV * 100/(100-M)$$

เมื่อ M เท่ากับปริมาณเปอร์เซนต์ของความชื้นในชีวมวล [6]

ค่าความแตกต่างระหว่างค่า Higher Heating Value และ Lower Heating Value สำหรับถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำ จะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้น และปริมาณไฮโดรเจนที่เกิดจากสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในถ่านหินค่าความร้อนของถ่านหินจะมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณขี้เถ้าในถ่านหิน ถ่านหินที่มีค่าความร้อนต่ำ จะมีปริมาณขี้เถ้าสูง ถ่านหินที่มีค่าความร้อน สูง จะมีปริมาณขี้เถ้าต่ำ [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การเตรียมตัวอย่างเชื้อเพลิง

ตัวอย่างเชื้อเพลิงในงานวิจัยนี้ จะทำในรูปแบบของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยมีผักตบชวาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเผาไหม้และมีแป้งมันสำปะหลังกับน้ำเป็นสารเชื่อมประสาน โดยได้ทดลองทำในหลายๆอัตราส่วน เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าความร้อนและการจับตัวกันเป็นก้อนของเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันในแต่ละอัตราส่วน โดยอัตราส่วนต่างๆสำหรับงานวิจัย มีดังนี้

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวา

อัตราส่วนที่	สัดส่วนของผักตบชวา , แป้งมันสำปะหลัง , น้ำ	รูปแบบการอัด	ผักตบชวา (กรัม)	แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	น้ำ(กรัม)
1	10 , 2 , 1	เปียก	250	50	25
2	10 , 2 , 0	เปียก	250	50	0
3	10 , 1 , 1	เปียก	250	25	25
4	10 , 1 , 0	เปียก	250	25	0
5	10 , 4 , 0	เปียก	250	100	0
6	10 , 5 , 5	แห้ง	70	35	35
7	10 , 5 , 8	แห้ง	70	35	56
8	10 , 8 , 8	แห้ง	70	56	56
9	10 , 3 , 3	แห้ง	70	21	21
10	10 , 3 , 5	แห้ง	70	21	35

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเชื้อเพลิง

1. ดำเนินการเก็บผักตบชวาขึ้นมาจากคลองประเวศบุรีรมย์ นำมาตัดรากออกแล้วทำการบดปั่นผักตบชวาจนกลายเป็นเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สำหรับตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดเปียก จะใช้เส้นใยผักตบชวาที่ยังเปียกอยู่ดำเนินการต่อได้เลย แต่ตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดแห้งจะต้องนำเส้นใยผักตบชวามาอบจนแห้งสนิทก่อนจึงจะสามารถดำเนินการต่อได้

3. ทำการชั่งน้ำหนักเส้นใยผักตบชวา แป้งมันสำปะหลัง และน้ำให้ได้ปริมาณตามอัตราส่วนที่กำหนดเอาไว้ จากนั้นจึงนำเส้นใยผักตบชวามาผสมคลุกเคล้ากับแป้งมันสำปะหลังและน้ำให้ทั่ว

4. นำตัวอย่างเชื้อเพลิงใส่แม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ คือ ท่อPVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว มีความยาว 10 เซนติเมตร และทำการบดอัดด้วยแท่งตอกกระทุ้ง โดยทำการยกตอก 10 ครั้งต่อตัวอย่างเชื้อเพลิง 50 และ14 กรัม สำหรับตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดเปียกและอัดแห้งตามลำดับ

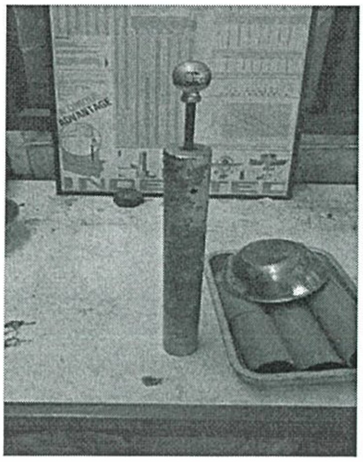
5. ปล่อยตัวอย่างเชื้อเพลิงทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการเชื่อมประสาน จากนั้นทำการแกะแม่พิมพ์ด้วยการดันตัวอย่างเชื้อเพลิงออกหรือใช้เครื่องเจียรลูกหมูผ่าแม่พิมพ์ออก

6. นำตัวอย่างเชื้อเพลิงเข้าเครื่องอบแห้ง เพื่อให้เกิดการระเหยน้ำออก จนน้ำหนักของตัวอย่างเชื้อเพลิงมีค่าคงที่ แล้วจึงเก็บไว้ในภาชนะปลอดความชื้น เพื่อรอการทดสอบหาค่าความร้อนต่อไป

รูปที่ 3.1 การดำเนินการบดปั่นผักตบชวา

รูปที่ 3.2 เส้นใยผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แท่งตอกกระทุ้งสำหรับบดอัด

รูปที่ 3.4 การดำเนินการบดอัดแท่งเชื้อเพลิง

3.2 การทดสอบค่าพลังงานความร้อนแบบหยาบ

การทดสอบค่าพลังงานความร้อนในงานวิจัยนี้จะทดสอบโดยเครื่องBomb Calorimeter แต่เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการทดสอบที่สูง ทำให้ต้องเลือกตัวอย่างแค่บางตัวมาทำการทดสอบ จึงต้องมีการทดสอบค่าพลังงานความร้อนแบบหยาบ เพื่อใช้หาความเหมาะสมของตัวอย่างเชื้อเพลิงที่จะทำการทดสอบ รวมถึงใช้ในการปรับแก้สำหรับหาค่าพลังงานความร้อนของตัวอย่างเชื้อเพลิงที่ไม่ได้รับการทดสอบด้วย Bomb Calorimeter

การเตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ

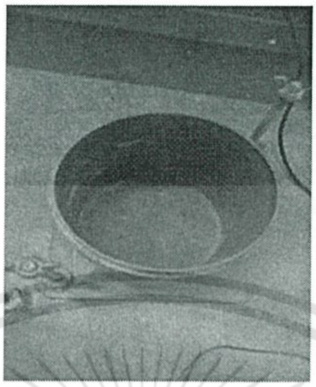
1. จัดเตรียมภาชนะที่ทนความร้อนสำหรับใส่ตัวอย่างเชื้อเพลิงในการทดสอบ และถ้วยเหล็กสำหรับใส่น้ำ 100 มิลลิลิตร ที่จะใช้รับความร้อนจากตัวอย่างเชื้อเพลิง

2. หาตะแกรงที่มีขนาดใหญ่พอที่จะสามารถปิดปากภาชนะได้ แล้วนำถ้วยเหล็กผูกกับตะแกรงด้วยลวดอลูมิเนียม ให้ถ้วยเหล็กห้อยต่ำจากตะแกรงลงมา

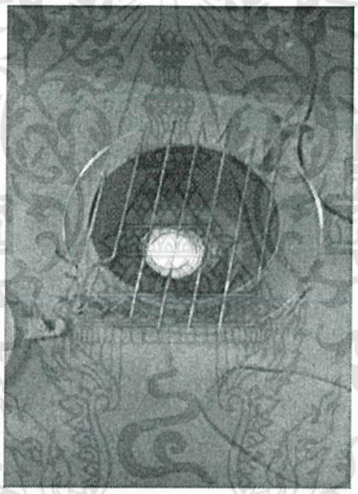
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปรับความยาวของลวดอลูมิเนียม ให้ก้นถ้วยเหล็กอยู่สูงกว่าก้นภาชนะประมาณ 6-7 เซนติเมตร

4. เครื่องมือสำหรับวัดความร้อน ในที่นี้จะใช้ เทอร์โมมิเตอร์



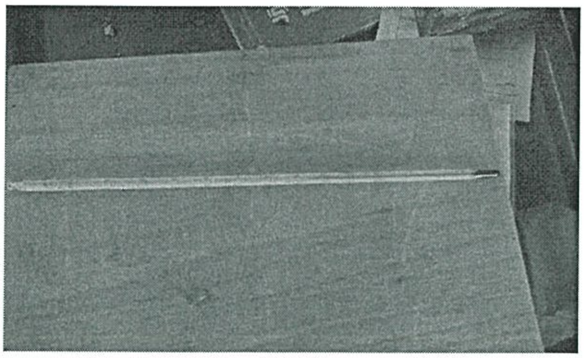
รูปที่ 3.5 ภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่างเชื้อเพลิง



รูปที่ 3.6 ตะแกรงที่ปิดปากภาชนะ

รูปที่ 3.7 ถ้วยเหล็กสำหรับใส่น้ำผูกติดกับตะแกรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 เทอร์โมมิเตอร์

ขั้นตอนการทดสอบหาค่าพลังงานความร้อนแบบหยาบ

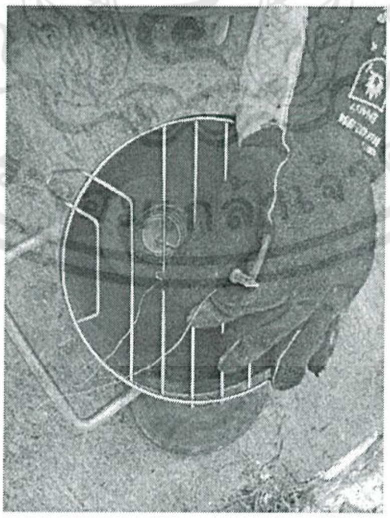
1. ทาตัวอย่างเชื้อเพลิงด้วยทินเนอร์ แล้วจุดไฟ รอจนกระทั่งตัวอย่างเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้

2. ใส่น้ำลงในถ้วยเหล็กจำนวน 100 มิลลิลิตร และวัดอุณหภูมิน้ำ

3. นำตัวอย่างเชื้อเพลิง ใส่ลงในภาชนะที่เตรียมไว้ แล้วปิดปากภาชนะด้วยตะแกรงที่ห้อยถ้วยเหล็กเอาไว้

4. วัดอุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปทุกๆ 1 นาที จนครบ 10 นาที

5. คำนวณค่าพลังงานความร้อนแบบหยาบ ตามสมการนี้ "พลังงานถ่ายเท (จูล) = มวลของน้ำที่ได้รับความร้อน (กรัม) x 4.2 x อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (องศาเซลเซียส)"



รูปที่ 3.9 การวัดอุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยเทอร์โมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดสอบค่าพลังงานความร้อนโดย Bomb Calorimeter

เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าพลังงานความร้อนด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งมีการรับรองตาม ASTM เชื่อถือได้ มีความแม่นยำสูง โดยตัวอย่างเชื้อเพลิงที่จะนำไปทดสอบซึ่งผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกมาแล้ว มีดังนี้

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาที่ทดสอบด้วย Bomb Calorimeter

อัตราส่วนที่	สัดส่วนของ ผักตบชวา , แป้งมันสำปะหลัง , น้ำ	รูปแบบการอัด	ผักตบชวา (กรัม)	แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	น้ำ(กรัม)
2	10 , 2 , 0	เปียก	250	50	0
4	10 , 1 , 0	เปียก	250	25	0
5	10 , 4 , 0	เปียก	250	100	0
9	10 , 3 , 3	แห้ง	70	21	21

3.3.1 หลักการทำงานของ Bomb Calorimeter

การทำงานของ bomb calorimeter จะใช้หลักการของ direct calorimetry ซึ่งเป็นการวัดปริมาณความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อการเผาผลาญเชื้อเพลิงเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เชื้อเพลิงจะถูกบรรจุใน chamber และ charged ด้วยออกซิเจนภายใต้ ความดันสูง (high pressure) จากนั้นให้กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่าน fuse และทำให้ เกิดการจุดระเบิด(ignites)เชื้อเพลิง เนื่องจาก calorimeter จะถูกหุ้มด้วยฉนวนเพื่อป้องกัน ไม่ให้ความร้อนถ่ายเทออกไปสู่สภาวะแวดล้อม การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำทำให้ทราบปริมาณความร้อนที่ปลดปล่อยจากการเผาไหม้ (heat of combustion) ออกมา [11]

การหาค่าความร้อนทำได้โดยนำเชื้อเพลิงในสภาพแห้ง และมีมวลประมาณ 1 g ใส่ไว้ในจานเผาไหม้ แขวนจานไว้ใน Bomb ให้สัมผัสกับเส้นลวดนิกเกิลสำหรับจุดไฟ ยึดเส้นลวดนิกเกิลทั้งสองด้านไว้กับขั้วไฟฟ้า เติมออกซิเจนใน Bomb อัดให้มีความดันประมาณ 2.5 MPa แล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เส้นลวดนิกเกิลเพื่อจุดไฟ โดย Bomb จะบรรจุอยู่ในกระบอกในระหว่างกระบอกกลางและกระบอกนอก ความร้อนที่เกิดขึ้นจะถ่ายเทให้น้ำในกระบอกใน เมื่อน้ำในกระบอกในมีอุณหภูมิสูงขึ้น ให้เติมน้ำอุ่นลงในกระบอกนอก รักษาผลต่างอุณหภูมิของน้ำใน กระบอกในและนอกไม่ให้เกิน 0.1°C จะสามารถวัดการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในกระบอกในได้ แล้วใช้สมการต่อไปนี้คำนวณหาค่าความร้อนสูงของตัวอย่าง 1 g

ค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิงที่วัด [J/g] = [4.186 × { ปริมาณน้ำในกระบอกใน(g) + ความจุความร้อนเทียบเท่าน้ำ(g) } × อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น(°C)] ÷ [ปริมาณตัวอย่าง(g)]

ความจุความร้อนเทียบเท่าน้ำ: เนื่องจากใน Calorimeter ความร้อนที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งจะถ่ายเทสู่ตัวเครื่อง ดังนั้น จึง แสดงความจุความร้อนของตัวเครื่องด้วยปริมาณน้ำที่มีความจุความร้อนเทียบเท่ากัน ค่านี้เรียกว่า ความจุความร้อนเทียบเท่าน้ำของ Calorimeter [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

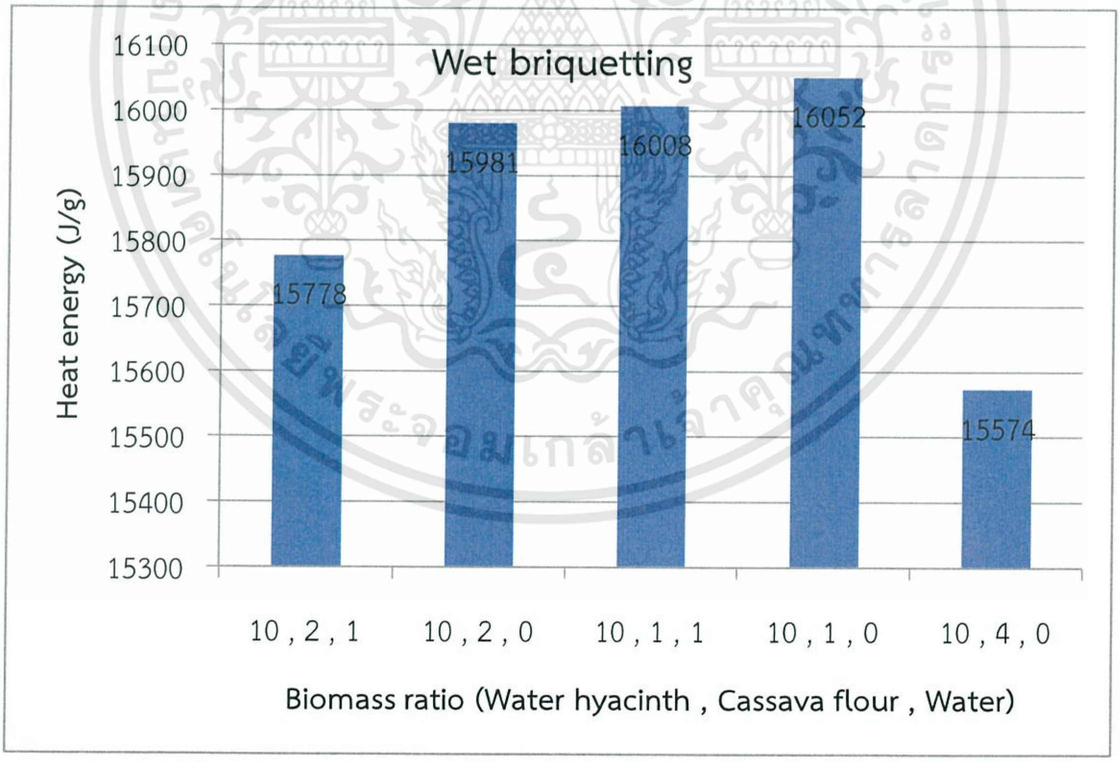
ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้กล่าวถึงขั้นตอนการทดลองไว้แล้วในบทที่ 3 และนำผลการทดลองมาแปรผลและวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1 ค่าพลังงานความร้อนของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวา

ค่าพลังงานความร้อนเป็นหนึ่งในส่วนสำคัญที่จะใช้ในการระบุประสิทธิภาพของเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่ดีควรจะมีการให้ค่าพลังงานความร้อนที่สูง ซึ่งค่าพลังงานความร้อนนั้นก็ได้มาจากการทดสอบด้วยBomb Calorimeter รวมถึงการปรับแก้จากค่าพลังงานความร้อนแบบหยาบด้วย

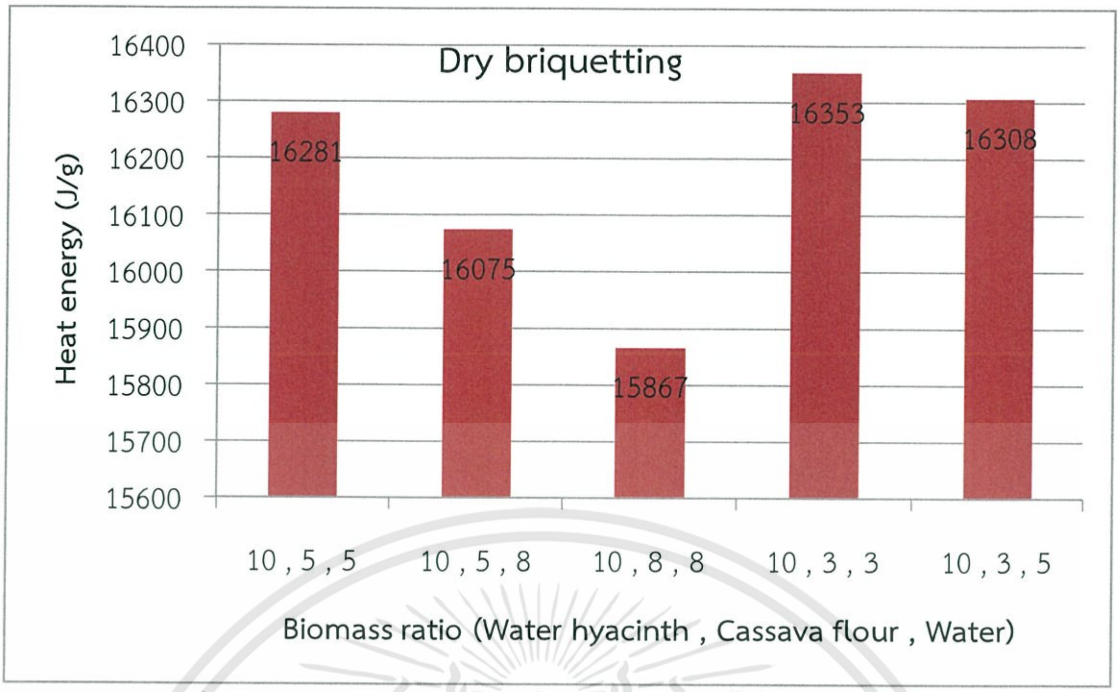
4.1.1 อัตราส่วนส่วนผสมของตัวอย่างเชื้อเพลิง

ส่วนผสมของตัวอย่างเชื้อเพลิงจะประกอบไปด้วย ผักตบชวา ,แป้งมันสำปะหลัง และน้ำ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทดลองทำในหลายๆอัตราส่วน พบว่าอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ก็จะส่งผลทำให้ค่าพลังงานความร้อนแตกต่างกันด้วย โดยตัวอย่างเชื้อเพลิงอัตราส่วนต่างๆ ได้ให้ค่าพลังงานความร้อนดังนี้



รูปที่ 4.1 แผนภูมิค่าพลังงานความร้อนของตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนภูมิค่าพลังงานความร้อนของตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดแห้ง

เมื่อพิจารณาจากแผนภูมิด้านบนก็จะทำให้เห็นได้ว่า ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาที่มีสัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังเยอะ ก็จะส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนลดต่ำลง และตัวอย่างเชื้อเพลิงที่ใส่น้ำเพิ่มเข้าไปในขั้นตอนการอัดแท่งก็จะให้ค่าพลังงานความร้อนที่ต่ำลงด้วย

เมื่อพิจารณาสาเหตุ ก็พบว่า ตัวอย่างเชื้อเพลิงที่ใส่แป้งมันสำปะหลังเข้าไปเยอะ ทำให้ผักตบชวามีจำนวนลดน้อยลง ทำให้การประสิทธิภาพการให้ค่าพลังงานความร้อนลดลงด้วย และการที่ใส่น้ำเพิ่มเข้าไปในขั้นตอนอัดแท่งทำให้ค่าพลังงานความร้อนลดลง ก็เนื่องจาก เมื่ออบแห้งแล้ว น้ำระเหยออกไปจนหมด ทำให้เกิดช่องว่างในตัวอย่างเชื้อเพลิงมากขึ้น ส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนลดลงด้วยเช่นกัน

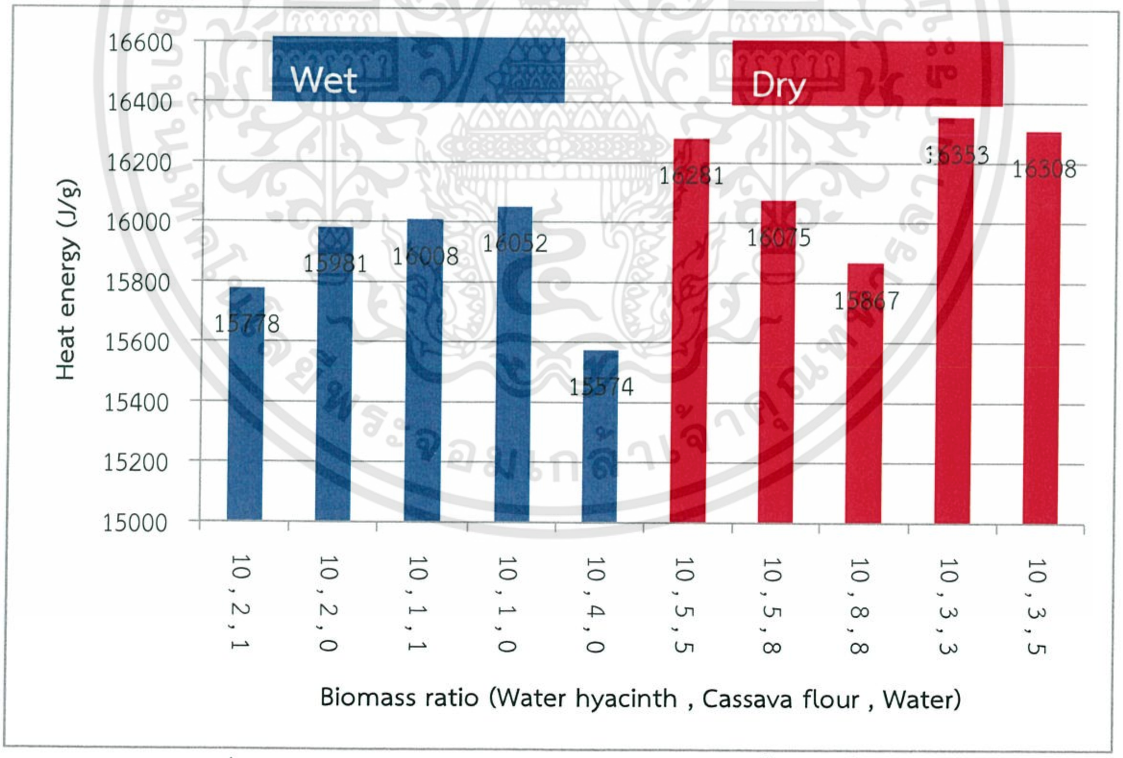
ดังนั้น ตัวอย่างเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูง ในงานวิจัยนี้ก็คือตัวอย่างเชื้อเพลิงที่มีการส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังและน้ำจำนวนน้อยที่สุด ทั้งในส่วนของตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดเปียกและอัดแห้ง ซึ่งตัวอย่างเชื้อเพลิงดังกล่าว มีอัตราส่วน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาที่ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุดทั้งแบบอัดเปียกและอัดแห้ง

อัตราส่วนที่	สัดส่วนของ ผักตบชวา , แป้งมัน สำปะหลัง , น้ำ	รูปแบบการอัด	ผักตบชวา (กรัม)	แป้งมัน สำปะหลัง (กรัม)	น้ำ(กรัม)	พลังงาน ความร้อนที่ ปล่อย ออกมา (จูลต่อกรัม)
4	10 , 1 , 0	เปียก	250	25	0	16052
9	10 , 3 , 3	แห้ง	70	21	21	16353

4.1.2 รูปแบบการอัด



รูปที่ 4.3 แผนภูมิค่าพลังงานความร้อนของตัวอย่างเชื้อเพลิงทั้งหมด

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดเปียกและอัดแห้ง จะพบว่าโดยรวมแล้ว ตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดแห้งมีการให้ค่าพลังงานความร้อนที่สูงกว่า ซึ่งเมื่อวิเคราะห์สาเหตุก็จะพบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดแห้งมีน้ำอยู่ในตัวอย่างเชื้อเพลิงปริมาณน้อย เมื่อทำการอบแห้ง น้ำจึงระเหยออกไปน้อย ส่งผลให้ช่องว่างในตัวอย่างเชื้อเพลิงมีน้อยตามไปด้วย ทำให้มีค่าพลังงานความร้อนที่สูงกว่า

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากวิธีการอัดทั้งสองแบบ จะพบว่าไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก ซึ่งเมื่อคำนึงถึงการที่ตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดแห้งต้องผ่านกระบวนการอบแห้งในตู้อบถึงสองรอบ พบว่าระยะเวลารวมถึงพลังงานที่ต้องสูญเสียไปกับตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดแห้ง ไม่นับว่าคุ้มค่าสำหรับค่าพลังงานความร้อนที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

4.2 ลักษณะของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากปัจจัยต่างๆ

4.2.1 รูปร่างของตัวอย่างเชื้อเพลิง

รูปร่างของตัวอย่างเชื้อเพลิง จะมีรูปร่างคล้ายคลึงกับแม่พิมพ์ที่ใช้ในการอัดแท่ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ คือ ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 10 เซนติเมตร ทำให้ตัวอย่างเชื้อเพลิงในงานวิจัยมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก แต่จะมีความแตกต่างกันที่รูปแบบการอัด ซึ่งแบ่งออกเป็นการอัดแห้งและอัดเปียก ซึ่งสามารถอธิบายความแตกต่างได้ดังนี้

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่4.5 ตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดแห้ง

1) ตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดเปียก

ตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดเปียก มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกเหมือนแม่พิมพ์ เพราะตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดเปียกสามารถจับตัวเป็นก้อนได้ดี เนื่องจากเมื่อทำให้น้ำระเหยออกไป จะเกิดการหดตัวของก้อนเชื้อเพลิง แต่มีข้อเสียที่เชื้อเพลิงที่ได้จะมีขนาดเล็กกว่าแม่พิมพ์ที่ใช้ในการอัดแท่งพอสมควร

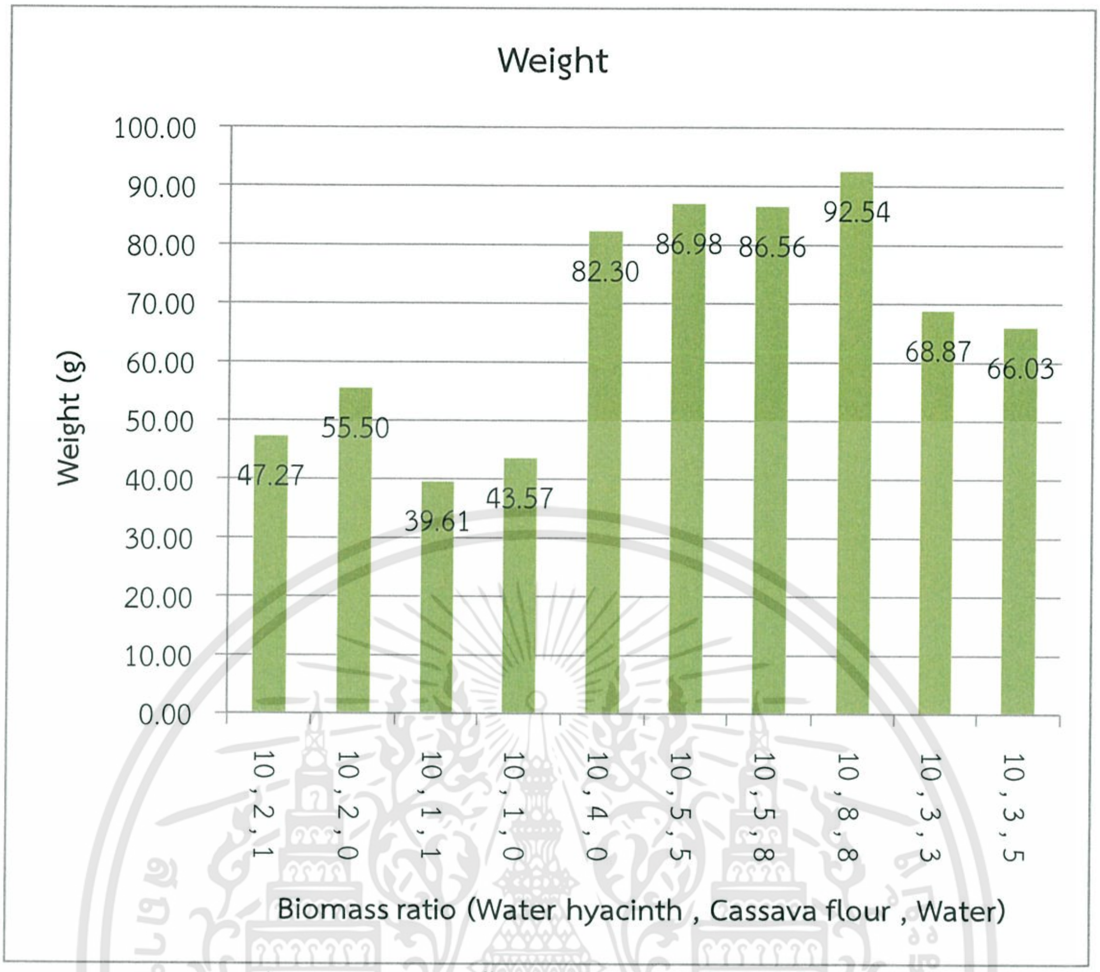
2) ตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดแห้ง

ตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอัดแห้ง มีปัญหาเรื่องการจับตัวเป็นก้อนที่มักจะไม่สามารถจับตัวกันจนเป็นแท่งได้ โดยจะหลุดออกจากกันเป็นปล้องสั้นๆ เนื่องจากแห้งมากเกินไปจนไม่เกิดการหดตัว แต่มีข้อดีที่เชื้อเพลิงจะมีขนาดเท่ากับแม่พิมพ์

4.2.2 น้ำหนักของตัวอย่างเชื้อเพลิง

น้ำหนักของตัวอย่างเชื้อเพลิงจะมาจาก 2 ปัจจัยคือ รูปแบบการอัดแท่ง และอัตราส่วนส่วนผสมของตัวอย่างเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงน้ำหนักของตัวอย่างเชื้อเพลิงทั้งหมด

เมื่อพิจารณาจากรูปแบบวิธีการการอัดแท่ง ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากการอัดแห้งจะมีน้ำหนักมากกว่าการอัดเปียก เนื่องจากก่อนอบแห้งมีปริมาณน้ำอยู่น้อย ทำให้เมื่อน้ำระเหยออกไป มวลสารเชื้อเพลิงจึงเหลืออยู่เยอะกว่า น้ำหนักจึงหายไปน้อยกว่า

และเมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนส่วนผสมของตัวอย่างเชื้อเพลิง ตัวอย่างเชื้อเพลิงที่มีสัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังอยู่เยอะ จะมีน้ำหนักมากกว่า เพราะมีน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มเข้ามา ในขณะที่ตัวอย่างเชื้อเพลิงที่มีสัดส่วนของน้ำเยอะ จะมีน้ำหนักน้อยกว่าเพราะน้ำจะเข้าไปแย่งพื้นที่ของเชื้อเพลิง เมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งให้น้ำระเหยไปแล้ว มวลสารเชื้อเพลิงจึงมีเหลืออยู่น้อยลง

4.3 ประสิทธิภาพของเชื้อเพลิง

จากการวิเคราะห์ผลในหัวข้อที่ผ่านมาทั้งในด้านของค่าพลังงานความร้อนและลักษณะของเชื้อเพลิง จากปัจจัยต่างๆทำให้ได้ข้อสรุปที่ว่า สัดส่วนของแป้งมันสำหลังและน้ำที่น้อย จะส่งผลให้เชื้อเพลิงจากผักตบชวามีค่าพลังงานความร้อนสูง และการอัดเปียก จะส่งผลให้เชื้อเพลิงจับตัวกันเป็นก้อนได้ดี มีน้ำหนักเบา และใช้ระยะเวลาในการดำเนินการรวมทั้งพลังงานในการอบแห้งน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น เชื้อเพลิงอัดแท่งจากผักตบชวา ควรจะมีสัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังและน้ำที่ต่ำ และใช้วิธีการอัดแท่งแบบอัดเปียก จะทำให้เชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพสูงที่สุด

จากข้อสรุปที่ผ่านมา พบว่า ตัวอย่างเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในงานวิจัยนี้คือ ตัวอย่างเชื้อเพลิงอัตราส่วนที่ 4 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในงานวิจัย

อัตราส่วนที่	สัดส่วนของ ผักตบชวา , แป้งมัน สำปะหลัง , น้ำ	รูปแบบ การอัด	ผักตบชวา (กรัม)	แป้งมัน สำปะหลัง (กรัม)	น้ำ (กรัม)	พลังงาน ความร้อน ที่ปล่อย ออกมา (จูลต่อ กรัม)
4	10 , 1 , 0	เปียก	250	25	0	16052

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการวิจัย การนำผักตบชวามาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยได้ทดลองในรูปแบบของวิธีการอัดแห้งและอัดเปียก และมีส่วนผสมของผักตบชวา ,แป้งมันสำปะหลังและน้ำ ในหลายๆอัตราส่วน สรุปผลได้ว่า

1) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากผักตบชวา ควรจะมีสัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังและน้ำที่ต่ำ และใช้วิธีการอัดแท่งแบบอัดเปียก จะทำให้เชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพสูงที่สุด

2) ตัวอย่างเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในงานวิจัยนี้ได้แก่ตัวอย่างเชื้อเพลิงอัตราส่วนที่4

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในงานวิจัย

อัตราส่วนที่	สัดส่วนของ ผักตบชวา , แป้งมัน สำปะหลัง , น้ำ	รูปแบบการอัด	ผักตบชวา (กรัม)	แป้งมัน สำปะหลัง (กรัม)	น้ำ(กรัม)	พลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมา (จูลต่อกรัม)
4	10 , 1 , 0	เปียก	250	25	0	16052

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

1) ตัวอย่างเชื้อเพลิงแบบอบแห้ง มีการจับตัวกันเป็นก้อนที่ไม่ดีและหลุดออกเป็นปล้องสั้นๆ ทำให้ต้องใช้ความระมัดระวังในการทำงาน และอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อนได้

2) เครื่องปั่นที่ใช้ในการปั่นผักตบชวา มีอายุการใช้งานค่อนข้างสูงและขัดข้องบ่อย ซึ่งอาจทำให้เส้นใยผักตบชวามีความละเอียดแตกต่างกัน

3) เครื่องชั่งน้ำหนักที่ใช้อาจมีความคลาดเคลื่อนจากสภาวะแวดล้อมรอบข้าง เนื่องจากห้องปฏิบัติการมีผู้คนเข้าออกบ่อย ซึ่งอาจส่งผลต่อเครื่องชั่งได้

4) แม่พิมพ์ที่ใช้เป็นท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 10 เซนติเมตร ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนของความยาวท่อได้ จากการตัดท่อด้วยเครื่องตัดไฟเบอร์

5) สารที่ช่วยให้ติดไฟ ที่ใช้ทาตัวอย่างเชื้อเพลิง คือทินเนอร์ ซึ่งเมื่อทำการเผา ส่งผลให้มีกลิ่นเหม็นรบกวนการทำงานตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ในระหว่างการแกะแม่พิมพ์เชื้อเพลิงควรทำด้วยความระมัดระวังเนื่องจากเชื้อเพลิงยังมีความชื้นอยู่ส่งผลทำให้มีความเปราะบางสูง ทำให้เกิดการแตกหักได้ง่าย

2) หลังจากอบแห้งแล้ว ควรระวังเกี่ยวกับสถานที่ที่ใช้เพื่อเก็บเชื้อเพลิง เนื่องจากถ้าเชื้อเพลิงได้รับความชื้นอาจจะส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนต่ำลง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] บุญชัย งามวิทย์โรจน์ และคนอื่นๆ. "*การบริหารจัดการผักตบชวาในระบบลุ่มน้ำ.*" กลุ่มงานวิจัย สำนักวิจัยพัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ, 2555.

[2] ศุภฤกษ์ ดวงขวัญ และคนอื่นๆ. "*การจัดการผักตบชวา.*" สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 6 นนทบุรี, ม.ป.ป.

[3] สมศรี นวรัตน์. "*ทำไมเรียก....ผักตบ?.*" https://www.gotoknow.org/posts/531955.

[4] MedThai. "*ผักตบชวา สรรพคุณและประโยชน์ของผักตบชวา 15 ข้อ.*" https://medthai.com/%E0%B8%9C%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%95%E0%B8%9A%E0%B8%8A%E0%B8%A7%E0%B8%B2/.

[5] ทวี ทองสว่าง และทัศนีย์ ทองสว่าง. *การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.* กรุงเทพฯ : ทิพย์อักษร, 2523.

[6] ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. *ชีวมวล (BIOMASS).* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท, 2549.

[7] กลุ่มพลังงานชีวมวล สำนักวิจัยค้นคว้าพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. "*คู่มือพลังงานชีวมวล.*" http://www2.dede.go.th/kmmf/download/%E0%B8%99%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%95%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%A1/%E0%B8%AA%E0%B8%A7%E0%B8%84/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%8A%E0%B8%B5%E0%B8%A7%E0%B8%A1%E0%B8%A7%E0%B8%A5.pdf.

[8] ยีนยง มาดี และคนอื่นๆ. *พลังงานทดแทนพลังงานชีวมวลเพื่อชุมชนและการเกษตร.* กรุงเทพฯ : วี ที เอส บุ๊ค เซ็นเตอร์, 2556.

[9] The Japan Institute of Energy. "*คู่มือสารชีวมวลเอเชีย.*" http://www.jie.or.jp/biomass/AsiaBiomassHandbook/Thai/All_T.pdf.

[10] ประเสริฐ ชุมรุม และคนอื่นๆ. *เทคโนโลยีการทำเหมืองถ่านหิน.* กรุงเทพฯ : แคนคิด มีเดีย, 2538.

[11] เบญจา ชุตินทราศรี. *ปฏิบัติการเทคโนโลยีส่วนผสมอาหารสังเคราะห์.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2551.

[12] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. "*ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน(ผชพ) ด้านความร้อน.*" http://www2.dede.go.th/bhrd/old/file_handbook.html.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 การอบแห้งของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาแบบอัดเปียก

ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาแบบอัดเปียก	ตัวอย่างเชื้อเพลิงที่	น้ำหนัก	วันที่บันทึก (เวลา)	หมายเหตุ
{1}	1	143.53	15/3/2560 (18.43)	
{1}	2	153.55	15/3/2560 (18.50)	
{1}	3	169.52	15/3/2560 (18.55)	
{2}	1	175.36	16/3/2560 (16.37)	
{2}	2	183.88	16/3/2560 (16.42)	
{2}	3	162.37	16/3/2560 (16.46)	
{3}	1	193.97	16/3/2560 (18.15)	
{3}	2	190.03	16/3/2560 (18.19)	
{3}	3	199.08	16/3/2560 (18.24)	
{4}	1	196.88	17/3/2560 (16.17)	
{4}	2	209.48	17/3/2560 (16.23)	
{4}	3	208.08	17/3/2560 (16.30)	
{5}	1	181.80	17/3/2560 (17.59)	
{5}	2	192.35	17/3/2560 (18.04)	
{5}	3	188.47	17/3/2560 (18.08)	
{1}	1	44.14	20/3/2560 (17.50)	
{1}	2	47.22	20/3/2560 (17.52)	
{1}	3	52.13	20/3/2560 (17.52)	
{2}	1	56.59	20/3/2560 (17.54)	
{2}	2	59.34	20/3/2560 (17.55)	
{2}	3	52.40	20/3/2560 (17.56)	
{3}	1	39.83	20/3/2560 (17.57)	
{3}	2	39.02	20/3/2560 (17.58)	
{3}	3	40.88	20/3/2560 (17.59)	
{4}	1	42.17	20/3/2560 (18.04)	
{4}	2	44.87	20/3/2560 (18.05)	
{4}	3	44.57	20/3/2560 (18.07)	
{5}	1	80.65	20/3/2560 (18.08)	
{5}	2	85.33	20/3/2560 (18.08)	
{5}	3	83.61	20/3/2560 (18.09)	
{1}	1	43.99	20/3/2560 (19.17)	
{1}	2	47.25	20/3/2560 (19.19)	
{1}	3	52.08	20/3/2560 (19.19)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

{2}	1	56.58	20/3/2560 (19.20)	
{2}	2	59.35	20/3/2560 (19.21)	
{2}	3	52.28	20/3/2560 (19.23)	
{3}	1	39.84	20/3/2560 (19.23)	
{3}	2	39.13	20/3/2560 (19.23)	
{3}	3	41.07	20/3/2560 (19.23)	
{4}	1	42.30	20/3/2560 (19.27)	
{4}	2	45.09	20/3/2560 (19.28)	
{4}	3	44.60	20/3/2560 (19.29)	
{5}	1	80.61	20/3/2560 (19.30)	
{5}	2	85.51	20/3/2560 (19.31)	
{5}	3	83.59	20/3/2560 (19.32)	
{1}	1	43.72	22/3/2560 (19.20)	
{1}	2	46.98	22/3/2560 (19.21)	
{1}	3	51.51	22/3/2560 (19.22)	
{2}	1	56.00	22/3/2560 (19.24)	
{2}	2	59.01	22/3/2560 (19.24)	
{2}	3	52.06	22/3/2560 (19.25)	
{3}	1	39.60	22/3/2560 (19.25)	
{3}	2	38.81	22/3/2560 (19.26)	
{3}	3	40.76	22/3/2560 (19.29)	
{4}	1	42.04	22/3/2560 (19.30)	
{4}	2	44.86	22/3/2560 (19.32)	
{4}	3	44.41	22/3/2560 (19.33)	
{5}	1	79.97	22/3/2560 (19.33)	
{5}	2	84.75	22/3/2560 (19.34)	
{5}	3	83.05	22/3/2560 (19.35)	
{1}	1	43.61	23/3/2560 (19.08)	แห้ง
{1}	2	46.81	23/3/2560 (19.08)	แห้ง
{1}	3	51.39	23/3/2560 (19.08)	แห้ง
{2}	1	55.89	23/3/2560 (19.11)	แห้ง
{2}	2	58.79	23/3/2560 (19.12)	แห้ง
{2}	3	51.83	23/3/2560 (19.12)	แห้ง
{3}	1	39.47	23/3/2560 (19.14)	แห้ง
{3}	2	38.66	23/3/2560 (19.14)	แห้ง
{3}	3	40.69	23/3/2560 (19.14)	แห้ง
{4}	1	41.86	23/3/2560 (19.18)	แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

{4}	2	44.63	23/3/2560 (19.18)	แห้ง
{4}	3	44.21	23/3/2560 (19.18)	แห้ง
{5}	1	79.81	23/3/2560 (19.20)	แห้ง
{5}	2	84.52	23/3/2560 (19.20)	แห้ง
{5}	3	82.57	23/3/2560 (19.21)	แห้ง

ตารางที่ ก.2 การอบแห้งของผักตบชวาสำหรับใช้อัดแห้งเป็นตัวอย่างเชื้อเพลิง

ผักตบชวาถาดที่	น้ำหนัก (กรัม)	วันที่ (เวลา)	หมายเหตุ
1	680.74	15/3/2560 (18.42)	
2	915.97	15/3/2560 (18.44)	
3	663.52	15/3/2560 (18.45)	
4	618.31	15/3/2560 (19.29)	
5	583.56	15/3/2560 (19.30)	
6	612.47	15/3/2560 (19.31)	
7	352.59	16/3/2560 (17.52)	
8	650.39	16/3/2560 (17.55)	
9	652.14	16/3/2560 (17.55)	
10	645.41	16/3/2560 (17.54)	
11	681.87	16/3/2560 (17.53)	
{1}	459.74	16/3/2560 (18.23)	
{2}	583.96	16/3/2560 (18.20)	
{3}	446.32	16/3/2560 (18.23)	
{4}	424.06	16/3/2560 (18.21)	
{5}	429.79	16/3/2560 (18.24)	
{6}	436.44	16/3/2560 (18.21)	
{1}	459.39	16/3/2560 (20.58)	แห้ง
{2}	583.77	16/3/2560 (20.56)	แห้ง
{3}	445.48	16/3/2560 (20.54)	แห้ง
{4}	424.08	16/3/2560 (21.01)	แห้ง
{5}	429.51	16/3/2560 (20.53)	แห้ง
{6}	436.28	16/3/2560 (21.00)	แห้ง
12	648.19	20/3/2560 (18.47)	
13	755.61	20/3/2560 (18.47)	
14	608.50	20/3/2560 (18.48)	
{7}	184.06	20/3/2560 (16.53)	
{8}	456.87	20/3/2560 (16.54)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

{9}	444.57	20/3/2560 (16.58)	
{10}	448.04	20/3/2560 (16.55)	
{11}	455.05	20/3/2560 (16.56)	
{7}	184.37	20/3/2560 (19.37)	แห้ง
{8}	457.05	20/3/2560 (19.39)	แห้ง
{9}	444.58	20/3/2560 (19.40)	แห้ง
{10}	448.57	20/3/2560 (19.40)	แห้ง
{11}	455.58	20/3/2560 (19.41)	แห้ง
{12}	592.22	20/3/2560 (20.02)	
{13}	683.81	20/3/2560 (20.03)	
{14}	577.15	20/3/2560 (20.01)	
15	611.22	21/3/2560 (19.33)	
16	626.63	21/3/2560 (19.34)	
17	613.59	21/3/2560 (19.34)	
18	642.89	21/3/2560 (19.35)	
19	614.63	21/3/2560 (19.37)	
20	739.25	21/3/2560 (19.37)	
{12}	448.08	21/3/2560 (17.47)	
{13}	538.10	21/3/2560 (17.48)	
{14}	428.23	21/3/2560 (17.50)	
{12}	447.95	21/3/2560 (19.19)	แห้ง
{13}	537.89	21/3/2560 (19.17)	แห้ง
{14}	428.23	21/3/2560 (19.18)	แห้ง
21	833.05	22/3/2560 (19.08)	
22	629.82	22/3/2560 (19.09)	
23	665.38	22/3/2560 (19.10)	
24	702.42	22/3/2560 (19.11)	
25	717.48	22/3/2560 (19.14)	
26	689.96	22/3/2560 (19.14)	
27	690.12	22/3/2560 (19.15)	
28	664.62	22/3/2560 (19.15)	
{15}	452.89	22/3/2560 (16.54)	
{16}	442.97	22/3/2560 (16.56)	
{17}	446.09	22/3/2560 (16.57)	
{18}	452.76	22/3/2560 (16.59)	
{19}	424.33	22/3/2560 (16.55)	
{20}	534.69	22/3/2560 (16.58)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

{15}	452.92	22/3/2560 (18.44)	แห้ง
{16}	443.17	22/3/2560 (18.46)	แห้ง
{17}	446.12	22/3/2560 (18.47)	แห้ง
{18}	452.57	22/3/2560 (18.43)	แห้ง
{19}	424.38	22/3/2560 (18.45)	แห้ง
{20}	534.50	22/3/2560 (18.43)	แห้ง
{21}	546.24	23/3/2560 (17.38)	
{22}	427.11	23/3/2560 (17.34)	
{23}	451.59	23/3/2560 (17.36)	
{24}	449.30	23/3/2560 (17.34)	
{25}	459.85	23/3/2560 (17.41)	
{26}	449.20	23/3/2560 (17.37)	
{27}	461.67	23/3/2560 (17.40)	
{28}	443.37	23/3/2560 (17.41)	
{21}	546.31	23/3/2560 (20.15)	แห้ง
{22}	427.41	23/3/2560 (20.13)	แห้ง
{23}	451.26	23/3/2560 (20.12)	แห้ง
{24}	449.42	23/3/2560 (20.08)	แห้ง
{25}	459.28	23/3/2560 (20.12)	แห้ง
{26}	449.10	23/3/2560 (20.10)	แห้ง
{27}	461.70	23/3/2560 (20.16)	แห้ง
{28}	442.94	23/3/2560 (20.09)	แห้ง

ตารางที่ ก.3 การอบแห้งของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาที่ผ่านการอัดแห้งแล้ว

ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาแบบอัดแห้ง	ตัวอย่างเชื้อเพลิงที่	น้ำหนัก (กรัม)	วันที่บันทึก (เวลา)	หมายเหตุ
{1}	1	129.41	24/3/2560 (20.19)	
{1}	2	117.37	24/3/2560 (20.19)	
{1}	3	118.00	24/3/2560 (20.19)	
{2}	1	129.72	24/3/2560 (20.15)	
{2}	2	144.68	24/3/2560 (20.15)	
{2}	3	143.78	24/3/2560 (20.15)	
{3}	1	136.30	24/3/2560 (20.03)	
{3}	2	156.74	24/3/2560 (20.03)	
{3}	3	133.62	24/3/2560 (20.03)	
{4}	1	87.71	24/3/2560 (20.08)	
{4}	2	93.62	24/3/2560 (20.08)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

{4}	3	84.10	24/3/2560 (20.08)	
{5}	1	105.43	24/3/2560 (20.25)	
{5}	2	92.85	24/3/2560 (20.25)	
{5}	3	94.90	24/3/2560 (20.25)	
{1}	1	96.25	25/3/2560 (16.50)	
{1}	2	87.29	25/3/2560 (16.50)	
{1}	3	87.76	25/3/2560 (16.50)	
{2}	1	88.82	25/3/2560 (16.52)	
{2}	2	99.07	25/3/2560 (16.52)	
{2}	3	98.45	25/3/2560 (16.52)	
{3}	1	94.53	25/3/2560 (16.54)	
{3}	2	108.70	25/3/2560 (16.54)	
{3}	3	92.67	25/3/2560 (16.54)	
{4}	1	69.68	25/3/2560 (17.03)	
{4}	2	74.38	25/3/2560 (17.03)	
{4}	3	66.82	25/3/2560 (17.03)	
{5}	1	77.12	25/3/2560 (17.05)	
{5}	2	67.92	25/3/2560 (17.05)	
{5}	3	69.41	25/3/2560 (17.05)	
{1}	1	94.13	26/3/2560 (18.43)	
{1}	2	85.37	26/3/2560 (18.43)	
{1}	3	85.83	26/3/2560 (18.43)	
{2}	1	81.91	26/3/2560 (18.44)	
{2}	2	91.36	26/3/2560 (18.44)	
{2}	3	90.79	26/3/2560 (18.44)	
{3}	1	90.16	26/3/2560 (18.46)	
{3}	2	103.68	26/3/2560 (18.46)	
{3}	3	88.39	26/3/2560 (18.46)	
{4}	1	69.21	26/3/2560 (18.47)	
{4}	2	73.88	26/3/2560 (18.47)	
{4}	3	66.37	26/3/2560 (18.47)	
{5}	1	72.23	26/3/2560 (18.51)	
{5}	2	63.61	26/3/2560 (18.51)	
{5}	3	65.01	26/3/2560 (18.51)	
{1}	1	93.72	27/3/2560 (17.54)	
{1}	2	85.00	27/3/2560 (17.54)	
{1}	3	85.46	27/3/2560 (17.54)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

{2}	1	81.62	27/3/2560 (17.55)	
{2}	2	91.04	27/3/2560 (17.55)	
{2}	3	90.47	27/3/2560 (17.55)	
{3}	1	89.77	27/3/2560 (17.56)	
{3}	2	103.23	27/3/2560 (17.56)	
{3}	3	88.01	27/3/2560 (17.56)	
{4}	1	68.98	27/3/2560 (17.58)	
{4}	2	73.63	27/3/2560 (17.58)	
{4}	3	66.14	27/3/2560 (17.58)	
{5}	1	72.05	27/3/2560 (17.59)	
{5}	2	63.45	27/3/2560 (17.59)	
{5}	3	64.85	27/3/2560 (17.59)	
{1}	1	92.87	28/3/2560 (18.56)	
{1}	2	84.23	28/3/2560 (18.56)	
{1}	3	84.68	28/3/2560 (18.56)	
{2}	1	80.83	28/3/2560 (18.58)	
{2}	2	90.15	28/3/2560 (18.58)	
{2}	3	89.59	28/3/2560 (18.58)	
{3}	1	88.95	28/3/2560 (19.00)	
{3}	2	102.28	28/3/2560 (19.00)	
{3}	3	87.20	28/3/2560 (19.00)	
{4}	1	68.51	28/3/2560 (19.03)	
{4}	2	73.12	28/3/2560 (19.03)	
{4}	3	65.69	28/3/2560 (19.03)	
{5}	1	71.51	28/3/2560 (19.05)	
{5}	2	62.98	28/3/2560 (19.05)	
{5}	3	64.36	28/3/2560 (19.05)	
{1}	1	92.57	29/3/2560 (19.16)	แห้ง
{1}	2	83.96	29/3/2560 (19.16)	แห้ง
{1}	3	84.41	29/3/2560 (19.16)	แห้ง
{2}	1	80.55	29/3/2560 (19.18)	แห้ง
{2}	2	89.84	29/3/2560 (19.18)	แห้ง
{2}	3	89.28	29/3/2560 (19.18)	แห้ง
{3}	1	88.69	29/3/2560 (19.19)	แห้ง
{3}	2	101.99	29/3/2560 (19.19)	แห้ง
{3}	3	86.95	29/3/2560 (19.19)	แห้ง
{4}	1	68.27	29/3/2560 (19.21)	แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

{4}	2	72.87	29/3/2560 (19.21)	แห้ง
{4}	3	65.46	29/3/2560 (19.21)	แห้ง
{5}	1	71.24	29/3/2560 (19.22)	แห้ง
{5}	2	62.74	29/3/2560 (19.22)	แห้ง
{5}	3	64.12	29/3/2560 (19.22)	แห้ง

ตารางที่ ก.4 การอบแห้งของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาสำหรับทดสอบค่าพลังงานความร้อนแบบละเอียด

ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาแบบอัดเปียก	น้ำหนัก (กรัม)	วันที่บันทึก (เวลา)	หมายเหตุ
{2}	227.38	30/3/2560 (20.52)	
{4}	244.59	30/3/2560 (20.52)	
{5}	221.77	30/3/2560 (20.53)	
{2}	99.82	31/3/2560 (18.20)	
{4}	137.81	31/3/2560 (18.20)	
{5}	89.99	31/3/2560 (18.21)	
{2}	67.87	1/4/2560 (14.59)	
{4}	102.22	1/4/2560 (14.59)	
{5}	50.73	1/4/2560 (14.59)	
{2}	59.74	3/4/2560 (15.40)	
{4}	89.53	3/4/2560 (15.40)	
{5}	43.56	3/4/2560 (15.40)	
{2}	59.54	4/4/2560 (14.09)	แห้ง
{4}	89.45	4/4/2560 (14.09)	แห้ง
{5}	43.43	4/4/2560 (14.09)	แห้ง

ผักตบชวาถาดที่	น้ำหนัก (กรัม)	วันที่ (เวลา)	หมายเหตุ
1	659.32	31/3/2560 (18.33)	
2	615.14	31/3/2560 (18.34)	
3	668.82	31/3/2560 (18.37)	
4	661.19	31/3/2560 (18.36)	
1	473.75	1/4/2560 (15.07)	
2	458.71	1/4/2560 (15.07)	
3	458.6	1/4/2560 (15.08)	
4	478.17	1/4/2560 (15.08)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	473.22	3/4/2560 (15.55)	
2	458.3	3/4/2560 (15.55)	
3	458.08	3/4/2560 (15.54)	
4	478.24	3/4/2560 (15.54)	
1	473.04	4/4/2560 (16.02)	แห้ง
2	458.22	4/4/2560 (16.01)	แห้ง
3	457.88	4/4/2560 (16.01)	แห้ง
4	478.2	4/4/2560 (16.01)	แห้ง
ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาแบบอัดแห้ง	น้ำหนัก (กรัม)	วันที่บันทึก (เวลา)	หมายเหตุ
{4}	63.98	4/4/2560	
{4}	54.69	5/4/2560	
{4}	53.92	7/4/2560	แห้ง

ตารางที่ ก.5 ค่าพลังงานความร้อนแบบหยาบของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวา

ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวา	ตัวอย่างที่	อุณหภูมิน้ำตั้งต้น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำที่ได้รับความร้อนจากเชื้อเพลิง 10 นาที (องศาเซลเซียส)
{1 , เปียก}	1	28	44
{1 , เปียก}	2	28	41
{1 , เปียก}	3	28	43
{2 , เปียก}	1	28	48
{2 , เปียก}	2	28	46
{2 , เปียก}	3	28	47
{3 , เปียก}	1	28	50
{3 , เปียก}	2	28	48
{3 , เปียก}	3	28	51
{4 , เปียก}	1	28	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

{4 , เปียก}	2	28	56
{4 , เปียก}	3	28	53
{5 , เปียก}	1	28	38
{5 , เปียก}	2	28	40
{5 , เปียก}	3	28	37
{1 , แห้ง}	1	28	77
{1 , แห้ง}	2	28	75
{1 , แห้ง}	3	28	76
{2 , แห้ง}	1	28	74
{2 , แห้ง}	2	28	76
{2 , แห้ง}	3	28	75
{3 , แห้ง}	1	28	70
{3 , แห้ง}	2	28	66
{3 , แห้ง}	3	28	68
{4 , แห้ง}	1	28	84
{4 , แห้ง}	2	28	87
{4 , แห้ง}	3	28	85
{5 , แห้ง}	1	28	84
{5 , แห้ง}	2	28	85
{5 , แห้ง}	3	28	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวา	ตัวอย่างที่	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	พลังงานความร้อนถ่ายเท (จูล)
{1 , เปียก}	1	43.61	147.93	0.295	6720
{1 , เปียก}	2	46.81	148.78	0.315	5460
{1 , เปียก}	3	51.39	166.42	0.309	6300
{2 , เปียก}	1	55.89	171.33	0.326	8400
{2 , เปียก}	2	58.79	184.27	0.319	7560
{2 , เปียก}	3	51.83	173.80	0.298	7980
{3 , เปียก}	1	39.47	185.81	0.212	9240
{3 , เปียก}	2	38.66	191.61	0.202	8400
{3 , เปียก}	3	40.69	191.00	0.213	9660
{4 , เปียก}	1	41.86	185.35	0.226	10500
{4 , เปียก}	2	44.63	195.24	0.229	11760
{4 , เปียก}	3	44.21	194.37	0.227	10500
{5 , เปียก}	1	79.81	198.77	0.402	4200
{5 , เปียก}	2	84.52	208.74	0.405	5040
{5 , เปียก}	3	82.57	207.82	0.397	3780
{1 , แห้ง}	1	92.57	241.97	0.383	20580
{1 , แห้ง}	2	83.96	242.48	0.346	19740
{1 , แห้ง}	3	84.41	245.66	0.344	20160
{2 , แห้ง}	1	80.55	247.03	0.326	19320
{2 , แห้ง}	2	89.84	241.55	0.372	20160
{2 , แห้ง}	3	89.28	242.34	0.368	19740
{3 , แห้ง}	1	88.69	247.85	0.358	17640
{3 , แห้ง}	2	101.99	249.78	0.408	15960
{3 , แห้ง}	3	86.95	239.52	0.363	16800
{4 , แห้ง}	1	68.27	236.17	0.289	23520
{4 , แห้ง}	2	72.87	237.77	0.306	24780
{4 , แห้ง}	3	65.46	236.20	0.277	23940

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

{5 , แห้ง}	1	71.24	239.50	0.297	23520
{5 , แห้ง}	2	62.74	244.26	0.257	23940
{5 , แห้ง}	3	64.12	245.44	0.261	23100

ตารางที่ ก.6 ค่าพลังงานความร้อนแบบละเอียดของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวา

ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวา	พลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมา (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
{2 , เปียก}	15981
{4 , เปียก}	16052
{5 , เปียก}	15574
{4 , แห้ง}	16353

ตารางที่ ก.7 ค่าพลังงานความร้อนของตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาที่ได้รับการปรับแก้

ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวา	พลังงานความร้อนถ่ายเท (จูล)	พลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมา (จูลต่อกรัม)
{1 , เปียก}	6160	15778
{2 , เปียก}	7980	15981
{3 , เปียก}	9100	16008
{4 , เปียก}	10920	16052
{5 , เปียก}	4340	15574
{6 , แห้ง}	20160	16281
{7 , แห้ง}	19740	16075
{8 , แห้ง}	16800	15867
{9 , แห้ง}	24080	16353
{10 , แห้ง}	23520	16308

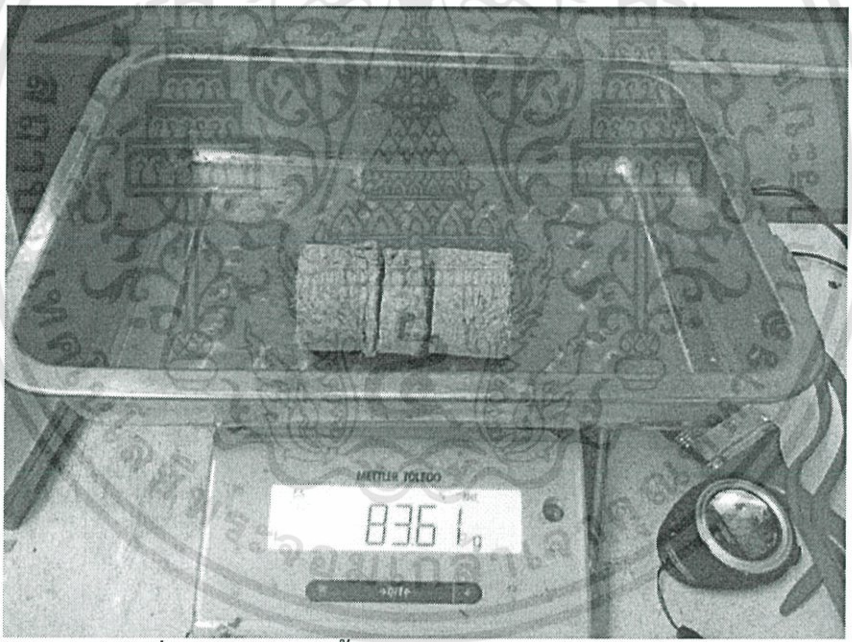
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รูปภาพที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

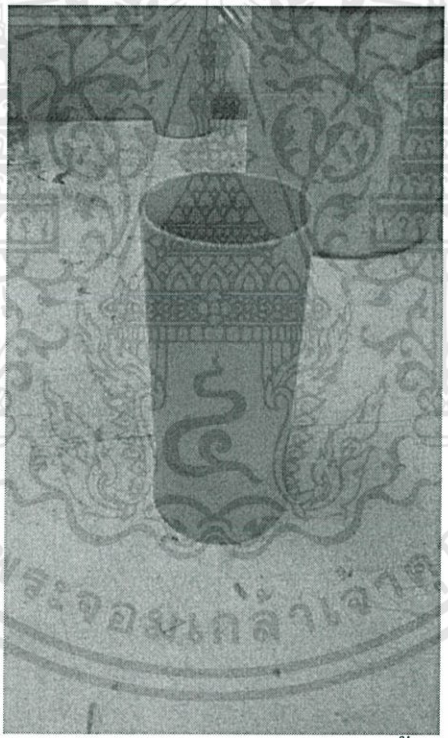
รูปที่ ข.1 ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาแบบอัดเปียก



รูปที่ ข.2 ตัวอย่างเชื้อเพลิงจากผักตบชวาแบบอัดแห้ง

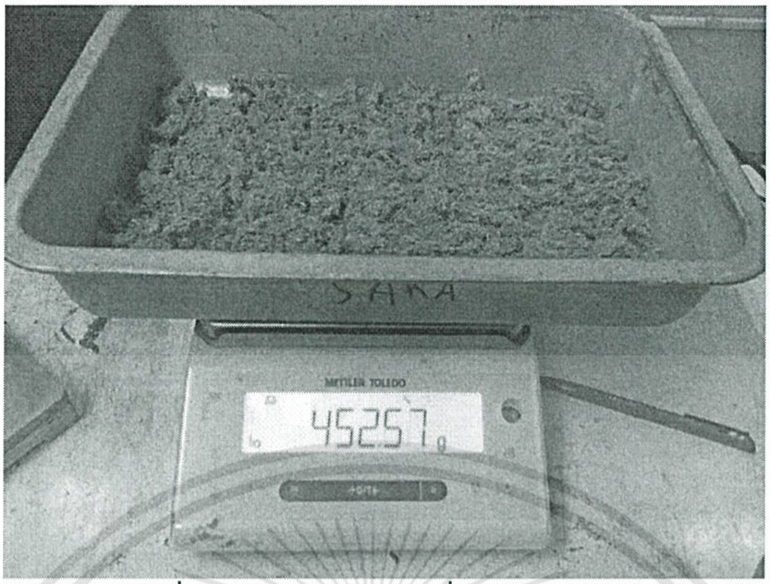
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.3 เก็บผักตบชวาจากคลองประเวศบุรีรมย์

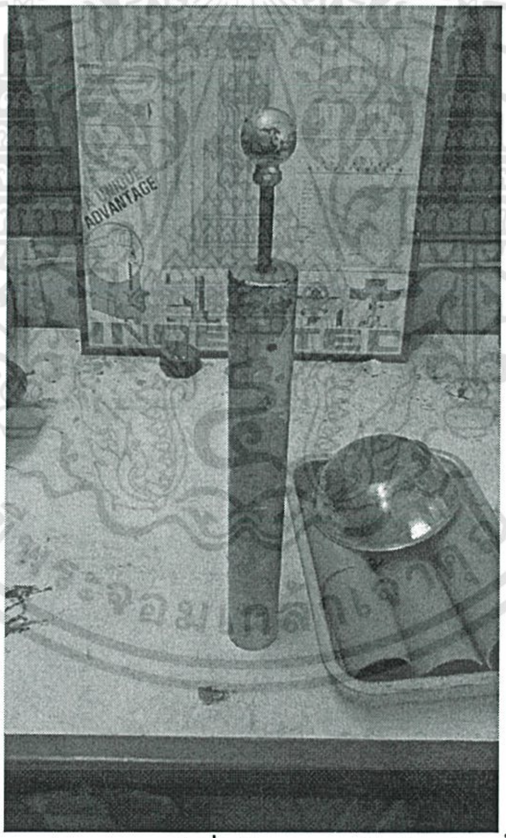


รูปที่ ข.4 แม่พิมพ์ที่ใช้ในการบดอัด (ท่อPVC ขนาด 2 นิ้ว ยาว 10 เซนติเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.5 เส้นใยผักตบชวาที่ผ่านการอบแห้ง



รูปที่ ข.6 แท่งตอกกระทุ้งที่ใช้ในการบดอัดตัวอย่างเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้